

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

ЭНЕРГИЯ-2017

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

4-6 апреля 2017 г.
г. Иваново

ТОМ 2

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

**ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ
ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ**

«ЭНЕРГИЯ-2017»

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

г. Иваново, 4-6 апреля 2017 г.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2017

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ // Двенадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2017»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 2 – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, 2017. – 196 с.

ISBN 978-5-00062-232-2
ISBN 978-5-00062-234-6 (Т.2)

Сборник материалов международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых отражает основные направления научной деятельности в 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 тезисов представлены авторами в виде файлов, сверстаны и при необходимости сокращены. Авторская редакция сохранена.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: **ПЮТИКОВ В.В.**, проректор по научной работе.

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

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

Ответственный секретарь: Бойков А.А.

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

СЕКЦИЯ 8

АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Председатель – к.т.н., доц. А.Г. Ильченко

Секретарь – ст. преп. М.А. Вольман

*А.Р. Гатауллина, С.С. Чурсин, ассистент кафедры ФЭУ ФТИ
(НИ ТПУ, г. Томск)*

ИЗУЧЕНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕРСИОННОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОЙ МАТРИЦЫ

Атомная электроэнергия на сегодняшний день очень широко использует легководные реакторные установки. Легководные реакторные установки зарекомендовали себя в МЭГАТЭ, как надёжный источник энергии [1-2]. В связи с этим, легководные реакторные установки продолжают модернизироваться с целью повышения их эффективности и безопасности. Одним из путей модернизации является применение дисперсионного ядерного топлива.

ТВЭЛы с дисперсионным видом топлива обеспечивают надежное удержание всех продуктов деления. Высокая теплопроводность дисперсионного топлива позволяет его использовать при значительных тепловых нагрузках [1-3].

На сегодняшний день разрабатывается множество проектов с применением дисперсионного ядерного топлива. Их многочисленность не даёт столь необходимых сведений о поведении дисперсионного ядерного топлива в реакторах различного типа [1-3]. Данная проблема обозначает актуальность данной работы.

В данной работе были рассмотрены нейтронно-физические свойства дисперсионного ядерного топлива на основе UO_2 в Zr-Al матрице. Рассмотрен и изучен нуклидный состав при различных параметрах топлива на основе UO_2 в Zr-Al матрице, в зависимости от соотношения горючее-матрица. Расчеты проведены при помощи программного комплекса MCU, основанном на методе Монте-Карло. Результаты расчетов показали целесообразность внедрения данного

вида топлива в современную ядерную энергетiku, что приведет к повышению допустимой глубины выгорания.

Библиографический список

1. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо // Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 248 с.
2. Самойлов А. Г., Волков В. С. Дисперсионные твэлы: в 2т.// М.: Атомиздат, 1982 г. – 448 с.
3. Соколова И.Д. Усовершенствование топлива, таблеток и материалов оболочек твэлов // Атомная техника за рубежом, 2011, № 2, с. 3-13.

*И.Н. Андреев, магистрант; рук. Ю.Б. Чертков, к.ф.м.н., доц.
(ТПУ, г. Томск)*

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ИВГ.1М

Реактор ИВГ.1М был создан с целью проведения исследований прототипов ядерных ракетных двигателей (ЯРД) и разрабатываемых для него активных зон (АкЗ). Нейтронно-физические характеристики (НФХ) реактора уникальны.

Модернизация АкЗ включает в себя: конверсию на низкообогащенное топливо (НОУ) и реконструкцию системы охлаждения. Целью модернизации является расширение направлений возможных экспериментальных исследований и обеспечение длительной работы реактора на номинальной мощности

Проведение модернизации реактора требует большого объема исследований, включающих исследования НФХ АкЗ. Снижение обогащения ядерного топлива исключает возможность его использования в военных целях. Актуальность работы определяется политикой нераспространения ядерно-опасных материалов. Цель работы заключена в улучшении НФХ реактора ИВГ.1М при замене высокообогащенного топлива на керметное с обогащением не более 20% при улучшении параметров реактора. Практическая ценность работы – результаты проведенных нейтронно-физических исследований могут использоваться для обоснования проектных решений по снижению обогащения реактора.

По программе [2] была разработана и рассчитана трехмерная компьютерная модель АЗ реактора, которая полностью моделирует АЗ ИВГ.1М на данный момент. Определение погрешности $K_{эфф}$ с

помощью модели не превышает 1%, что позволяет говорить о корректности полученных результатов. При проведении данной работы были рассмотрены следующие варианты АкЗ, отличающиеся конструкцией ТВС и твэлов с керметным топливом на основе микротоплива с матричной структурой с обогащением 19%:

- 90 твэлов диаметром 5,7 мм;
- 150 твэлов диаметром 4 мм;
- 144 твэла диаметром 4 мм.

Для всех трех вариантов ТВС были определены оптимальные доли диоксида в матрице твэлов, лежащие в пределах от 33,8 % до 35,6 %. Были рассчитаны значения $K_{эфф}$, запаса реактивности (ρ) и распределения плотности потока тепловых нейтронов (Φ_T) в АкЗ (таблица 1).

Таблица 1 – Нейтронно-физические параметры

Варианты	$K_{эфф}$		$\rho, \beta_{эфф}$		Эффективность РБ, $\beta_{эфф}$
	Положение РБ, градус				
	180	0	180	0	
90 твэлов	1,04184	0,92739	12,4	-12,2	24,6
150 твэлов	1,04303	0,94179	12,1	-9,7	21,8
144 твэла	1,04230	0,94383	12,5	-9,3	21,8

Расчетные распределения Φ_T по высоте реактора приведены на рисунке 1.

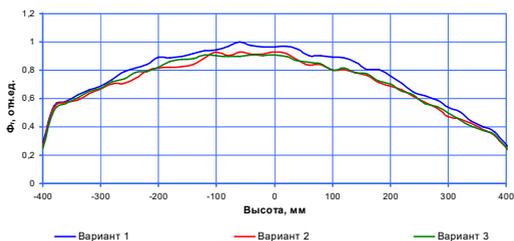


Рис. 1. Высотное распределение плотности потока тепловых нейтронов в ФКЭ

Распределение энерговыделения по высоте ТВС представлено на рисунке 2.

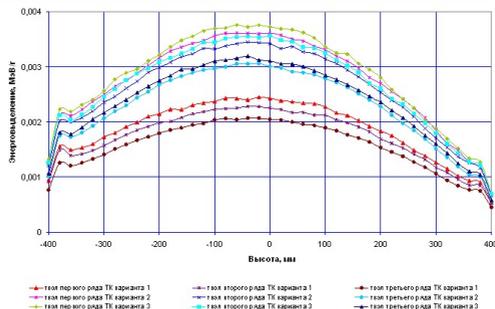


Рис. 2. Высотное распределение энерговыделения в ТВС

Перевод на НОУ топливо позволит существенно увеличить длительность пусков реактора.

Библиографический список

1. Федик И.И. и др. Работы по созданию перспективного ядерного топлива в НИИ НПО «ЛУЧ», Подольск, 2006.
2. Шкаровский Д.А. Описание применения и инструкция для пользователей программ, собранных из модулей пакета MSU-5.

*В.В. Кнышев, О.А. Украинец, А. Зорькин, студ.;
рук. С.В. Беденко, к.ф.м.н., доц.
(НИ ТПУ, г. Томск)*

КОМПЕНСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА РЕАКТОРА С ЭПИТЕПЛОВЫМ СПЕКТРОМ В СВЕРХДЛИННОЙ КАМПАНИИ

К настоящему времени опубликовано достаточно большое количество работ по исследованию микротоплива (МТ). Известно, что достижение больших выгораний в МТ представляет собой весьма сложную техническую проблему [1, 2].

В последние годы проводится анализ различных решений, позволяющих существенно повысить эксплуатационную надежность МТ с TRISO покрытием в процессе выгорания [1, 2]. Однако с ростом выгорания концентрация ПД в МТ растет и может наступить момент, когда покрытие зерна претерпевает разрыв.

В данной работе представлен топливный элемент, позволяющий существенно повысить эксплуатационную надежность МТ с покрытием BISO, за счет применяемых материалов, технологий его изготовления и конфигурации [3].

Приведены результаты компенсации напряжений, создаваемое продуктами деления при высоких и сверх высоких глубинах выгорания, в микротопливе [3]. В исследование используются специализированные расчетные математические модели с подготовкой расчетных нейтронно-физических констант [4].

Библиографический список

1. Ponomarev-Stepnoy, N.N., Makarov, V.M., Ivanov, A.S., Belov, I.A., Rusinkevich, A.A., Lindemer, T., McEachern, D., Razvi, J. Evaluation of the thermodynamics of deep burnup HTGR fuel with plutonium kernels // 2008 Proceedings of the 4th International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology, HTR 2008 Vol. 1, 2009, P. 257-262
2. Ivanov, A.S., Rusinkevich, A.A. The kinetics of fission products release from microfuel taking into account the trapped fraction and limited solubility effects // Nuclear Engineering and Design Vol. 306, 2016, P. 47-51
3. И. В. Шаманин, Ю. Б. Чертков, С. В. Беденко Ториевая реакторная установка малой мощности, работающая в сверхдлинной кампании // Известия вузов. Ядерная энергетика. — 2016. — № 2. — [С. 121-132].
4. Bedenko S. V. , Jeremiah J. J. , Knyshev V. V. , Shamanin I. V. Analysis constants for database of neutron nuclear data // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 - Vol. 135, Article number 012004. - p. 1-6.

*О.А. Украинец, А.А Иванова, Роман Матиас Родриго, студ.;
рук. С.В. Беденко, к.ф.-м.н, доц.
(НИ ТПУ, г. Томск)*

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОГРУППОВЫХ ПОДХОДОВ В ЗАДАЧАХ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Для разработки регламентов обращения с облученным топливом и другими ядерными материалами требуются точные данные о выходе нейтронов и энергетическом спектре излучения [1].

Анализ экспериментальной информации об источниках нейтронах на стадиях топливного цикла показал, что последние экспериментальные и наиболее точные оценки выхода нейтронов выполнены в период с 1972 по 1989 гг. [2,3].

На сегодняшний день разработаны и используются специальные программы (Nedis2m, Source4C), которые позволяют рассчитывать выход и спектр нейтронов для любых соединений с очень хорошей точностью.

Неопределенность расчетов по этим программам обусловлена неопределенностью в сечениях пороговых нейтронных реакций

(сечения реакций (α, xn)) и отсутствием надежных данных по тормозной способности α -частиц [4].

В настоящей работе с использованием многогрупповых подходов и экспериментальных данных о выходе нейтронов [2,3] восстановлен спектр нулевого поколения, показано применение многогруппового приближения для подкритичных систем малой геометрии.

Расчетные исследования, выполненные в настоящей работе, позволят получать более точные и надежные решения в задачах ядерной и радиационной безопасности.

Библиографический список

1. M.N. Plevaka, S.V. Bedenko, I.M. Gubaidulin, V.V. Knyshev. Neutron-physical studies of dry storage systems of promising fuel compositions // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2015. – Vol. 42, iss. 8. –p. 240-243.
2. J. Bair, J. Gomez del Campo. Neutron Yields from Alpha-Particle Bombardment // Nucl. Technol. – 1973. – Vol. 19. – p. 202.
3. R. Heaton, H. Lee, P. Skensved. Neutron production from thick-target (α, n) reactions // Nucl. Instrum. Meth. in Phys. Res. A. – 1989. – Vol. 276. – p. 529-538.
4. Г.Н. Власкин, Ю.С. Хомяков, В.И. Буланенко. Выход нейтронов реакции (α, n) на толстых мишенях // Атомная энергия. – 2014. – вып. 5., с. 287–293.

*А.В. Юдин, И.В. Митин, студ., А.А. Баринов, асп.;
рук. А.Е. Хробостов, к.т.н., доц.
(НГТУ им. Р.Е.Алексеева, г. Н.Новгород)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ ПОТОКОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ МЕТОДАМИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНДУКТОМЕТРИИ И КОНТАКТНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ

При работе реакторных установок возникают процессы смешения потока теплоносителя с отличными друг от друга физическими свойствами. При этом происходят локальные пульсации в потоке теплоносителя, носящие преимущественно турбулентный характер. Их возникновение нельзя не учитывать, так как пульсации параметров теплоносителя определяют многие процессы, происходящие в реакторной установке: пространственный спектр нейтронов, распределение концентрации поглотителя, поле температур. Пульсации температур на стенках влияют на скорость возникновения

термической усталости материала, следовательно, на ресурс всей установки.

Регистрация возникновения пульсаций в теплоносителе возможна с помощью метода контактной термометрии. Для получения картины пульсаций в целом по сечению канала предлагается использовать метод пространственной кондуктометрии с помощью сетчатого датчика.

Для экспериментального исследования аналогии процессов смешения теплоносителя на базе лаборатории «Реакторная гидродинамика» кафедры АТС НГТУ им. Р.Е. Алексеева был спроектирован исследовательский стенд. Для апробации методик и средств измерения были выполнены тестовые эксперименты по изучению движения спутных потоков. Спутное движение потоков теплоносителя позволяет получить четкую границу раздела двух потоков, на которой исследуется процесс смешения. Для организации такого движения была спроектирована специальная экспериментальная модель. Экспериментальная модель представляет собой канал квадратного поперечного сечения. Для возможного применения оптических методов измерения стенки модели выполнены из прозрачного оргстекла. Модель состоит из двух участков: разделительного и участка смешения.

Блок термопар, имеющий конфигурацию сетки, и сетчатый кондуктометр установлены в одном сечении. Это позволяет провести серии экспериментов двух видов:

- 1) смешение спутных неизотермических потоков;
- 2) смешение изотермических потоков с различной концентрацией электрически контрастной примеси.

Разделение потоков происходит с помощью горизонтальной перегородки. Для обеспечения равномерности полей скоростей в верхней и нижней камерах входного участка в разделительной части предусмотрены успокоители потока (хонейкомбы).

Выбранная конструкция модели позволяет получить картины осредненного и мгновенного значений полей температуры и концентрации в одном гидравлическом канале, а также проследить развитие смешения спутных потоков по длине канала путём измерения температуры и концентрации в нескольких сечениях при различных режимах течения.

Исследования проводились для ряда режимов течения теплоносителя в диапазоне чисел Рейнольдса от 1740 до 11440. В ходе выполнения эксперимента было подтверждено, что при турбулентном режиме течения наблюдалась картина интенсивного перемешивания

потоков. Эксперименты с ламинарным режимом течения позволили получить не смешивающиеся потоки. Также были получены картины изменения удельной электропроводимости и температуры в сечениях установки сетчатого датчика и блока термопар с достаточной пространственной и временной дискретизацией.

Сравнение данных экспериментов говорит о качественном согласии гидродинамически аналогичных процессов смешения. Количественные расхождения в результатах по осредненным картинам находятся в пределах 10 – 15%.

*А.В. Рязанов, О.А. Чистяков студ., А.А. Баринов, асп.;
рук. А.Е. Хробостов, к.т.н., доц.
(НГТУ им. Р.Е.Алексеева, г. Н.Новгород)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СМЕШЕНИЯ ПОТОКОВ В ВОДО-ВОДЯНОМ РЕАКТОРЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВЕРИФИКАЦИОННОЙ БАЗЫ

При эксплуатации реакторных установок имеют место процессы смешения потоков теплоносителя с разными физическими свойствами. Локальные отклонения параметров от нормальных могут приводить к реактивным, теплотехническим нарушениям нормальной эксплуатации. Процессы, протекающие при отклонении параметров теплоносителя от допустимых значений, требуют детального описания при помощи CFD-кодов, которые должны проходить процедуру верификации основе представительных экспериментальных данных.

Для детального изучения процессов локального отклонения параметров от режимных на базе кафедры «Атомные и тепловые станции» НГТУ им. Р.Е. Алексеева был создан исследовательский стенд для изучения смешения потоков в модели водо-водяного реактора. Стенд выполнен по схеме, позволяющей организовать замкнутые и разомкнутые режимы пролива экспериментальных моделей различной конструкции и размеров. Оборудование стенда позволяет создать режимы ламинарного и турбулентного течения при различной температуре, расходах и концентрации примесей в потоке теплоносителя. Моделирование может осуществляться при следующих параметрах потоков теплоносителя: давление до 2 МПа, температура – до 180 °С, расходы – до 200 м³/час, суммарная мощность потребителей

стенда – 1 МВт эл., внешний диаметр экспериментальной модели – до 1,5 м.

В первых экспериментах, измерения проводились при помощи метода матричной кондуктометрии и при температуре теплоносителя до 60° . Анализ первичных результатов продемонстрировал возможности выявления и регистрации перемешивания трассера в потоке теплоносителя на входе и выходе активной зоны модели, были получены данные о закрутке потока теплоносителя при движении в кольцевой камере модели. Был выполнен ряд замеров на равных экспериментальных параметрах с целью подтверждения повторяемости. Были получены картины смещения потоков при различной температуре и расходах теплоносителя, соответствующие числам Рейнольдса от 10000 до 40000. В ходе обработки данных эксперимента выявлено наличие закрутки потока по часовой стрелке (при взгляде с крышки ЭМ) на угол порядка 180° , при этом точное значение угла закрутки зависит от режима. Уровни максимального (минимального) осредненного значения относительной концентрации по каналам модели составляют порядка 33...38% (7...11%) для трех экспериментальных режимов. Соответствующая разность данных значений (характеризующая интегральную неравномерность распределения концентрации по каналам) составляет порядка 25...29%.

Претестовые и посттестовые CFD-расчёты позволили проанализировать качественное и количественное совпадение с данными эксперимента. Таким образом, уже на данном этапе возможности стенда позволяют получить представительные экспериментальные данные, которые могут быть использованы в качестве верификационной базы для CFD-программ.

В дальнейшем планируется проводить эксперименты на стенде исследования смещения потоков с более широким диапазоном чисел Рейнольдса, при больших расходах теплоносителя и температурах через модель, при условиях, моделирующих различные переходные режимы работы водо-водяных реакторных установок.

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

НАКОПЛЕНИЕ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ БОРНОЙ КИСЛОТЫ В АКТИВНОЙ ЗОНЕ ПРИ АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ ВВЭР

Исследование процессов накопления и кристаллизации борной кислоты в активной зоне реакторов ВВЭР нового поколения приобретает особую актуальность в связи с современными требованиями к обеспечению охлаждения активной зоны в течение длительного времени за счет работы пассивных систем безопасности. В рамках реализации проекта реакторной установки ВВЭР-ТОИ особое внимание уделяется обеспечению безопасности реактора при запроектных авариях с разрывом главного циркуляционного контура и потерей всех источников переменного тока в течение 72 ч. Эта задача решается за счет функционирования пассивных систем безопасности, которые обеспечивают охлаждение активной зоны (АЗ) за счет последовательной подачи в реактор раствора борной кислоты с концентрацией 16 г/кг из систем гидроёмкостей первой, второй и третьей ступеней (ГЕ-1, ГЕ-2, ГЕ-3) (рис. 1).

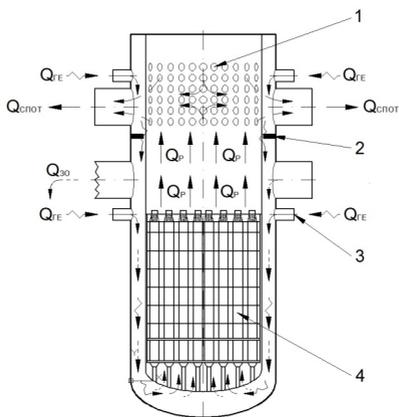


Рис. 1. Массоперенос борной кислоты в РУ ВВЭР при авариях с разрывом главного циркуляционного трубопровода: 1 – перфорация шахты реактора; 2 – разделительный борт; 3 – патрубок системы аварийного охлаждения зоны; 4 – активная зона; \longrightarrow – поток пара, \dashrightarrow – поток конденсата; $\sim\longrightarrow$ – поступление раствора борной кислоты из систем гидроемкостей; Q_p – тепловая энергия, выделяющаяся в реакторе; $Q_{З0}$ – энергия поступающего из течи в объём защитной оболочки пара; $Q_{ГЕ}$ – доля энергии, отводимая жидкостью из гидроемкостей; $Q_{СПОТ}$ – часть тепловой энергии, уходящая с паром на конденсацию в парогенератор за счет теплообмена в СПОТ.

Как известно, активная зона в это время находится в состоянии кипения, соответственно, учитывая малую концентрацию кислоты в паровой фазе, возможно увеличение количества борной кислоты в теплоносителе активной зоны и достижение условий её кристаллизации на наружной поверхности твэлов, что может привести к ухудшению теплоотвода. Предельная концентрация раствора борной кислоты, соответствующая началу кристаллизации, зависит от температуры [1]. Для оценки возможности этого процесса в активной зоне ВВЭР был проведен оценочный расчет накопления борной кислоты в реакторе в аварийном режиме. При проведении расчета были сделаны следующие консервативные допущения: борная кислота рассматривается как единственная форма накопления бора, унос борной кислоты за счет растворимости в паре отсутствует.

В данном расчете рассматривались процессы накопления борной кислоты в АЗ для трех различных вариантов – если влажность пара на выходе из реактора равна 0 и при влажности теплоносителя на выходе из АЗ 0,2 и 2 %. Расчет был проведен для давления в активной зоне $P=0,3$ МПа, которому соответствует температура насыщения $133,5$ °С, при этом предельная концентрация борной кислоты составляет ~ 400 г/кг H_2O . В расчете учитывалось поступление раствора борной кислоты из гидроемкостей с концентрацией ~ 16 г/кг H_2O и подача конденсата из трех работающих парогенераторов.

Выполненный оценочный расчет показал, что не исключена вероятность превышения предельной концентрации борной кислоты при длительном аварийном процессе АЭС с ВВЭР (после 24 часа аварии), что, в свою очередь, может послужить причиной ухудшения теплоотвода при аварийном процессе. Капельный унос борной кислоты из активной зоны существенно влияет на время начала кристаллизации H_3BO_3 . Доказательством этому служат полученные при расчете значения максимальной концентрации борной кислоты, зависящие от величины влажности пара. Тем не менее, необходимо принять во внимание консервативность данной расчетной оценки, обусловленной отсутствием данных по процессам выноса борной кислоты из активной зоны.

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

Библиографический список

1. Немодрук А. А., Каралова З.К. Аналитическая химия бора. М.: Наука, 1964.

*Le Thi Dieu Hien, асп. ; рук. С.А. Кутень, к.ф.-м.н.
(БГУ, г. Минск)*

ЭФФЕКТЫ ВЫГОРАНИЯ МАТЕРИАЛА РАДИАТОРА ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ ДЕЛЕНИЯ

Одним из важных эффектов в ионизационной камере деления (ИКД) является выгорание материала радиатора, которое определяет изменение чувствительности ионизационной камеры со временем.

Целью настоящей работы является исследование методами Монте-Карло эффекта выгорания чувствительного материала ИКД со временем и обусловленного этим процессом изменения ее чувствительности в нейтронных потоках различной интенсивности.

Для определенности, ниже рассмотрена Монте-Карло модель камеры КНТ-5, используемой в системе управления и защиты ядерных реакторов типа ВВЭР. В ней в качестве чувствительного материала используется уран в виде оксида U_3O_8 с обогащением 90% по ^{235}U .

Считая, что нейтронный поток остается однородным в пределах ИКД и постоянным во времени, эволюция ^{235}U в радиаторе ИКД может быть представлена в виде:

$$\frac{dN}{dt} = -\left(N(t)\Sigma_f + N(t)\Sigma_c + \lambda N(t)\right) \quad (1)$$

где $N(t)$ - число ядер ^{235}U в единице объема в момент t , Σ_f и Σ_c - усредненное по спектру сечение деления и сечение захвата для ядра ^{235}U , λ - его постоянная распада.

Применение схемы Эйлера на временном шаге $(t, t + \Delta t)$ для решения уравнения (1) позволяет использовать программу Монте-Карло моделирования переноса частиц в среде для решения задачи о выгорании радиатора. В качестве такой программы использована программа MCNP-4b. На первом шаге в материальной карте MCNP, описывающей состав материальных сред задачи, задаются исходные атомная плотность и атомные фракции всех нуклидов. С помощью Монте-Карло моделирования проводится расчет числа делений и других реакций под действием фиксированного потока нейтронов (одинакового на всех шагах), проходящего через рабочий объем камеры. По этим величинам рассчитываются новые атомные плотности нуклидов и заносятся в материальную карту, и процедура

повторяется для следующего шага, пока не будет исчерпан весь исследуемый временной интервал.

В качестве характерных величин потоков при моделировании были выбраны потоки в диапазоне: $2 \cdot 10^6 \div 2 \cdot 10^{15}$ н.см².с⁻¹ с распределением Максвелла с температурой $T=7.5 \cdot 10^{-8}$ МэВ (870 К).

Чувствительность камеры определяется согласно [1] отношением тока камеры к величине плотности потока нейтронов. Для изменения этой характеристики, нормированной на плотность поток нейтронов, во времени вследствие выгорания удобно использовать обратную ей величину, называемую эффективностью, имеющую общепринятый смысл эффективности регистрации прибора.

На рис. 1 показаны результаты моделирования эффективности камеры при низкой и высокой интенсивностях нейтронного потока, указанных выше.

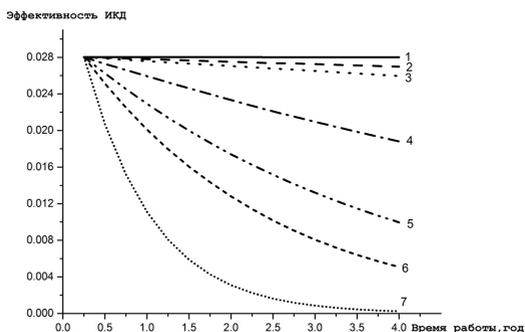


Рис. 1. Зависимость эффективности ИКД от времени для различных значений плотности потока нейтронов, н.см².с⁻¹: 1 – $2 \cdot 10^6$; 2 – $2 \cdot 10^{10}$; 3 – $2 \cdot 10^{12}$; 4 – $5 \cdot 10^{13}$; 5 – $1 \cdot 10^{14}$; 6 – $4 \cdot 10^{14}$; 7 – $1 \cdot 10^{15}$

В диапазоне потоков нейтронов $1 \cdot 10^{12} - 5 \cdot 10^{13}$ н.см².с⁻¹ поведение эффективности со временем носит линейный характер, и поправки можно внести достаточно просто. Однако, при потоке, большем, чем 10^{14} н.см².с⁻¹, эффективность со временем ведет себя нелинейно и введение поправок осложняется. Ясно, что при этих потоках, возможно, предпочтительно использовать ионизационные камеры с компенсацией выгорания. Сильное выгорание урана и связанное с ним резкое падение эффективности регистрации в зависимости от величины потока нейтронов также подтверждает необходимость

вносить коррекцию на выгорание камеры с течением времени и даже на ее замену в зависимости от интенсивности нейтронных потоков.

Библиографический список

1. Мальшев Е. К., Засадыч Ю.Б., Стабовский С.А. Газоразрядные детекторы для контроля ядерных реакторов. М: Энергоатомиздат, 1991. 241с.

С.А. Маковкин, Е.Д. Морару, студ.;
рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕАКТИВНОСТИ МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦИИ В ХОДЕ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА

Коэффициенты реактивности являются дифференциальной характеристикой, определяющей влияние температуры и давления теплоносителя первого контура на реактивность реактора. Для обеспечения устойчивой работы реактора мощностной и температурный коэффициенты реактивности должны быть отрицательными. Тогда случайное увеличение реактивности не приведет к неуправляемому разгону реактора. Поэтому определение коэффициентов реактивности (КР) является одной из важнейших задач обеспечения безопасности ЯЭУ. В данной работе КР определяются методом компенсации отрицательной реактивности, введенной твердыми поглотителями, температурными и барометрическим эффектами реактивности. Симуляция указанного процесса выполнена на аналитическом тренажере.

Аналитический тренажер, как любая математическая модель, позволяет провести расчет динамики процессов как в прямом направлении, когда по заданным правым частям дифференциальных уравнений рассчитываются динамические характеристики объекта, так и построить так называемые обращенные решения, когда по известным динамическим характеристикам можно определить правые части дифференциальных уравнений и заложенные в них характеристики. Примером тому является известное обращенное решение уравнений кинетики реактора, позволяющее построить математическую модель реактиметра.

Для определения коэффициентов реактивности рассмотрен переходный процесс, в ходе которого реактор на номинальном уровне мощности переводился из одного стационарного состояния в другое

стационарное состояние за счет погружения регулирующей группы в активную зону на небольшую величину. Показано, что после окончания погружения группы в зону зависимость реактивности от времени определяется выражением

$$\Delta\rho(t) = \alpha_1(T_U(t) - T_U(t_k)) + \alpha_2(T_B(t) - T_B(t_k)) + (\partial\rho/\partial P_1) (P_1(t) - P_1(t_k)), \quad (1)$$

где $T_U(t)$, $T_B(t)$, $P_1(t)$ – соответственно зависимости от времени температуры топлива, температуры теплоносителя в реакторе и давления в первом контуре; $T_U(t_k)$, $T_B(t_k)$, $P_1(t_k)$ – соответственно значения этих параметров в момент времени t_k , когда достигнуто конечное стационарное состояние. Зависимости от времени для температуры теплоносителя и давления в первом контуре получены на аналитическом тренажере непосредственно, а зависимость температуры топлива от времени найдена из решения уравнения теплового баланса. В соответствии с вышеприведенной формулой рассмотрена часть динамического процесса, начиная с момента времени t_1 , когда погружение группы в зону закончено и введенная группой отрицательная реактивность полностью компенсируется температурными эффектами реактивности, вследствие чего реактор переходит в новое стационарное состояние. Нахождение коэффициентов реактивности осуществлялось по методу наименьших квадратов из условия минимальности среднеквадратичного отклонения подынтегральной функции от нуля

$$I(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = \int_{t_1}^{t_k} [\Delta\rho(t) - \alpha_1\Delta T_U(t) - \alpha_2\Delta T_B(t) - \alpha_3\Delta P_1(t)]^2 dt \quad (2)$$

на основе решения системы уравнений

$$\frac{\partial I}{\partial \alpha_1} = 0, \quad \frac{\partial I}{\partial \alpha_2} = 0, \quad \frac{\partial I}{\partial \alpha_3} = 0. \quad (3)$$

Библиографический список

1. Семенов В.К., Вольман М.А. Кинетика ядерных реакторов (теория, математическое и имитационное моделирование). И.: 2015.

*И.М.Яшин, Д.А.Нечаев, студ.;
рук. В.К.Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛИРУЮЩЕЙ ГРУППЫ МЕТОДОМ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОСТИ ГРУППЫ ЭФФЕКТАМИ РЕАКТИВНОСТИ

Задачей работы является определение интегральной и дифференциальной характеристик регулирующей (десятой) группы на имитационной модели реактора ВВЭР-1000. Для этих целей проводился переходный процесс однократным полным погружением группы в активную зону. При постоянной концентрации борной кислоты в данном переходном процессе реактивность реактора определяется следующим выражением [1]:

$$\rho(t) = \alpha_N N(t) + \alpha_{T_2} T_2(t) + \alpha_P P(t) + \alpha_{T_U} T_U(t) \quad (1)$$

Введены следующие обозначения: α_{T_2} , α_{T_U} , α_P – коэффициенты реактивности по температуре теплоносителя, температуре топлива и давлению теплоносителя в первом контуре соответственно, эти величины считаются известными. Зависимости изменения реактивности, средней температуры теплоносителя, положения десятой группы органов СУЗ и давления в первом контуре непосредственно снимаются в переходном процессе.

Неизвестной величиной является температура топлива $T_U(t)$, которая находится из уравнения теплового баланса [1]:

$$m_U c_U \frac{dT_U}{dt} = N(t) - kF(T_U - T_2(t))$$

которое после разделения переменных примет вид:

$$\frac{dT_U}{dt} + \frac{T_U}{\tau_U} = \frac{N(t)}{m_U c_U} + \frac{1}{\tau_U} T_2(t)$$

Проинтегрировав данное уравнение, получаем:

$$T_U(t) = T_U(0) e^{-\frac{t}{\tau_U}} + \frac{e^{-\frac{t}{\tau_U}}}{m_U c_U} \int_0^t N(t) e^{\frac{t}{\tau_U}} dt + \frac{e^{-\frac{t}{\tau_U}}}{\tau_U} \int_0^t T_2(t) e^{\frac{t}{\tau_U}} dt$$

Здесь $\tau_U = \frac{m_U c_U}{kF} = 3,6-4,8$ с. – характерное время теплопередачи от топлива к теплоносителю, m_U – масса топлива, C_U – теплоемкость топлива, k – коэффициент теплоотдачи от топлива теплоносителю, F – площадь поверхности теплоотдачи.

Получив зависимость температуры топлива от времени, интерполируя данные, снятые в ходе проведения опыта, получаем аналитические зависимости средней температуры теплоносителя, положения десятой группы органов СУЗ и давления в первом контуре, подставляем в уравнение (1) и выражаем реактивность, вносимую группой $\rho_H(t)$. Зная изменение положения группы стержней во времени $H(t)$, получим интегральную характеристику $\rho_{инт}(t)$, дифференцируя по H , получим дифференциальную характеристику $\frac{d\rho}{dH}$.
 Ниже приведены результаты работы при константах: $kF = 1,594 \frac{МВт}{^{\circ}C}$,
 $\tau_U = 4,8 \text{ с.}$, $\alpha_{T_x} = -6,5 \cdot 10^{-3} \frac{^{\circ}B}{^{\circ}C}$, $\alpha_{T_U} = -8,7 \cdot 10^{-4} \frac{^{\circ}B}{^{\circ}C}$, $\alpha_{\rho} = 1,35 \cdot 10^{-5} \frac{^{\circ}B}{(гггггг^2)}$.

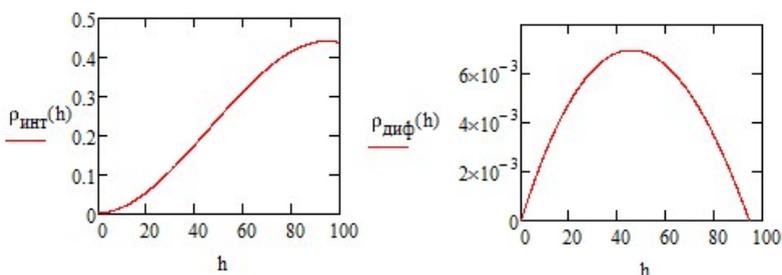


Рис. 1. Полученные интегральная и дифференциальная характеристики

Библиографический список

1. Семенов В.К., Вольман М.А. Кинетика ядерных реакторов (теория, математическое и имитационное моделирование. И.: 2015.

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

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ТВЭЛА В ПК ANSYS

Актуальность данной работы заключается в том, что компьютерное моделирование элементов и различных систем наглядно показывает полученные результаты, сокращает время расчета и дает возможность многократных изменений параметров.

Цель работы: произвести расчет и наглядно отобразить распределение температуры поля цилиндрического ТВЭЛа активной зоны.

Эффективность работы реактора во многом определяется энергораспределением в ТВЭЛах, пучках стержней и активной зоны в целом.

Активная зона (АЗ) реактора состоит из кассет, которые содержат тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы). Для расчета АЗ используются различные методики [1].

Для теплогидравлического расчета можно воспользоваться ПК ANSYS. В работе рассматривается пример численного расчета температурного поля ТВЭЛа, диаметры оболочки и сердечника которого соответствуют реальным диаметрам ТВЭЛа ВВЭР-1000. Наружный радиус – 0.00455 (м), толщина оболочки – 0.00065 (м), длина ТВЭЛа для удобства расчета была ограничена до 0.1 (м).

Температурное поле ТВЭЛа(рис. 1) можно рассчитать по гипотезе Фурье с внутренним источником.

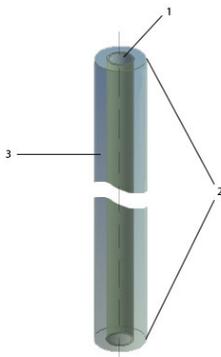


Рис.1. Граничные поверхности для ТВЭЛа

Начальные условия: $T(0 \div R, 0 \div l, 0) = 273 \text{ К}$.

Граничные условия:

1. (торцевая поверхность): $q(0 \div R, l, 0 \div \infty)$;
2. (торцевая поверхность): $q(0 \div R, 0, 0 \div \infty)$;
3. (боковая поверхность): $q = \alpha(T_{\text{ТВ}} - T_{\text{ТН}})$.

Внутренний источник тепла определяется по формуле:

$$Q = 4500000000 \cdot 2 \cdot 0.003765 \cdot \left(1 - \frac{1}{4} \left(\frac{2.405r}{0.0091}\right)^2 + \frac{1}{64} \left(\frac{2.405r}{0.0091}\right)^4\right) \cdot \left(2.5 \cdot \sin\left(\frac{1.57 \cdot z}{2.5}\right) \cdot \frac{1}{1.57 \cdot 0.1}\right)$$

где текущие координаты r – радиус (м), z – высота (м).

Уравнение Фурье:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dr} = -\lambda \frac{(T_2 - T_1)}{r \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

где λ – коэффициент теплопроводности (Вт/м), r – расчетный радиус (м), r_1 – внутренний радиус (м), r_2 – внешний радиус (м), T_1 – температура внутренней стенки (К), T_2 – температура внешней стенки (К).

Была составлена модель стержня с источником тепла в центре. Данные вводились в ANSYSFluent.

В итоге получено распределение температуры по цилиндрическому ТВЭЛу по радиусу (рис.2) , высоте (рис.3 и объему (рис.4):

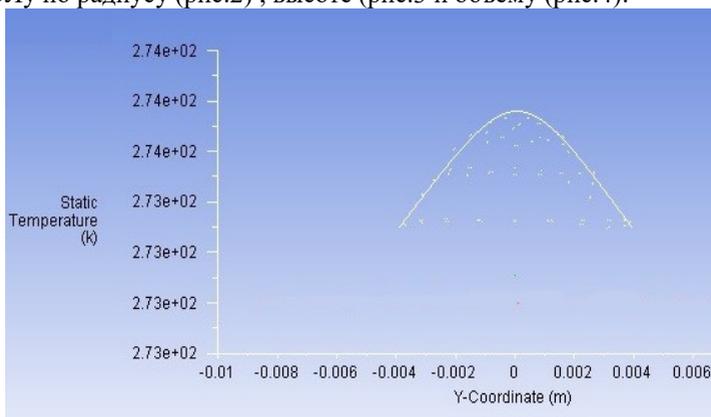


Рис. 2. Распределение температуры по радиусу ТВЭЛа

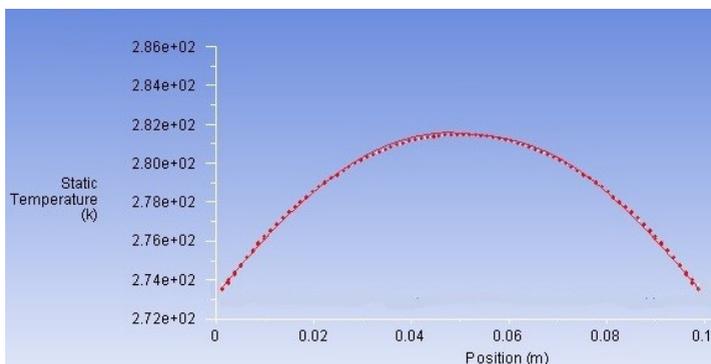


Рис.3. Распределение температуры по высоте ТВЭЛа

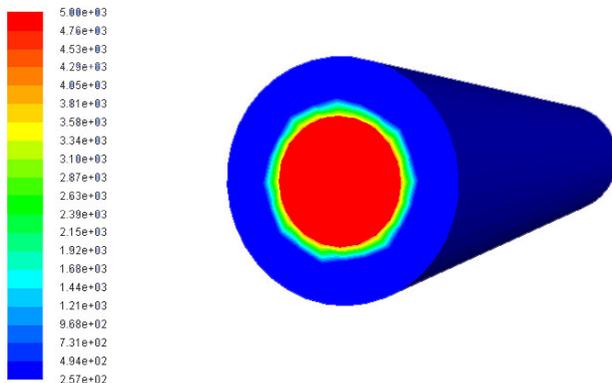


Рис.4 Распределение температуры по цилиндрическому ТВЭЛу

Вывод: использование ПК ANSYS FLUENT позволяет моделировать температурное поле ТВЭЛа, оценивать распределение поля по различным плоскостям и делать выводы об эффективности работы ТВЭЛа, а в масштабе и всей АЗ.

Библиографический список

1. **Ильченко А.Г.** Теплогидравлический расчет реакторов ВВЭР. Методические указания для студентов специальности 0310, Иваново, Издание ИЭИ, 1987.

Н.А. Мальцев, А.Н. Гришков, студ.;
рук Н.А. Лонишаков, ассистент
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТОЧНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТПН ОТ КОЛИЧЕСТВА ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Искусственные нейронные сети (ИНС) являются мощным инструментом моделирования, который позволяет воспроизводить сложные зависимости заранее неизвестного вида. В основе работы нейронных сетей лежат алгоритмы биологической работы нервной системы человека и животных, которые получили широкое распространение в решении самых разнообразных задач.

ИНС хорошо зарекомендовали себя для анализа тепломеханического оборудования электрических станций [1].

Применение нейронных сетей позволяет прогнозировать поведение как отдельных агрегатов, так и станции в целом, что дает возможность находить наиболее оптимальные режимы эксплуатации оборудования и проводить своевременное техническое обслуживание для их поддержания. Однако для построения качественной математической модели, основанной на нейросетевых технологиях, требуется большой комплекс исходных параметров, снятый за длительный период эксплуатации оборудования. Данная проблема ограничивает применение искусственных нейронных сетей для агрегатов, подверженных частой смене условий эксплуатации или обладающих малым сроком службы.

Задачей исследования является сравнение точности и оптимальности моделирования турбопитательного насоса (ТПН) при использовании комплексов исходных тепломеханических параметров, соответствующих временному периоду его эксплуатации от трех месяцев до одного года. Анализ предварительных результатов показал, что погрешность моделирования при выборке исходных данных за три месяца и за один год работы ТПН не превышает 1,98% и 2,92% соответственно в диапазоне изменения параметров, используемом при построении моделей.

Библиографический список

1. Дунаев В.А., Лоншаков Н.А., Горбунов В.А. К вопросу о повышении эффективности и безопасности эксплуатации тепломеханического оборудования АЭС // Глобальная ядерная безопасность. 2015. №2 (15).

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛООВОГО МОСТА В КОНСТРУКЦИИ ТВЭЛА

Самым распространенным химическим соединением, которое используется в энергетических ядерных реакторах, является диоксид урана UO_2 . Данный материал обладает высокой температурой плавления порядка $2800^{\circ}C$, не так подвержен распуханию как сплавы урана. Его плотность - $10,2 \text{ г/см}^3$. При этом диоксид урана обладает низкой теплопроводностью, ограничивающей удельную мощность реактора. Плотность теплового потока в реакторах, использующих диоксид урана в качестве ядерного топлива мала, вследствие этого

температура в центре может достигать температуры плавления, что опасно и недопустимо. Также диоксид урана может растрескиваться. ТВЭЛ имеет внешний диаметр 9,1 мм, диаметр сердечника 7,53 мм.

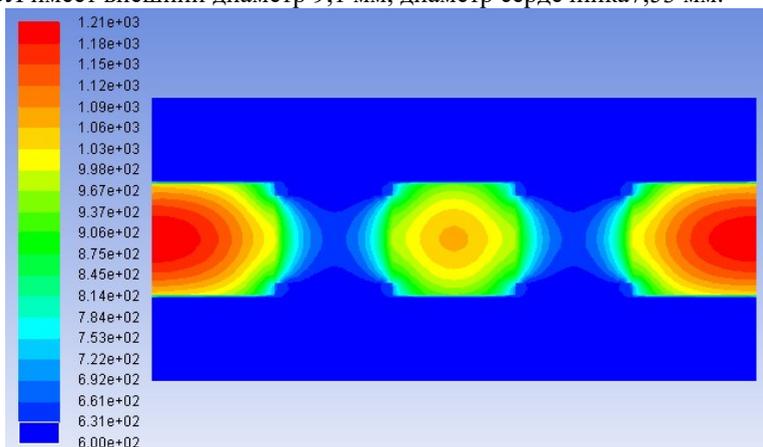


Рис. 1. Температурное поле ТВЭЛа, омываемого теплоносителем

Одним из эффективных методов снижения температуры ТВЭЛа является замена передачи энергии через теплопроводность на радиационный теплообмен. Для этой цели предполагается между таблетками топлива делать зазор. Для фиксации зазора между таблетками вставляются шайбы из стали. Задачей исследования являлось снижение температуры в центре топливного сердечника в зависимости от зазора.

В данной работе приводится сравнение тепловыделяющего элемента традиционной конструкции и ТВЭЛа, в котором присутствует тепловой мост при разной его толщине.

Моделирование и расчетные исследования выполнены в программном комплексе ANSYSFLUENT 16.2.

После проведения расчетов и обработки результатов можно сделать следующие выводы: применение теплового моста в конструкции тепловыделяющего элемента позволяет увеличить теплопередачу от топлива к теплоносителю, также с увеличением зазора от 0 до 8 мм температура сердечника уменьшается от 1331 до 1090К и, как следствие, перепад температур между оболочкой и центром.

Библиографический список

1. Инженерный анализ ANSYS Workbench: учеб.пособ./В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Сам-ГТУ, 2010. – 271 с.

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

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАНИЯ ГТУ И ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС С ВВЭР-1200

Как известно, энергоблоки АЭС предназначены для работы в первую очередь для покрытия базовой части графика нагрузки энергосети. Но так как предложение на энергетическом рынке в настоящее время превосходит спрос, то энергоблоки АЭС вынужденно привлекаются к регулированию переменной части графика нагрузки. Это обстоятельство, выдвигает к энергоблокам АЭС требование по повышению маневренности.

Одно из направлений по повышению маневренности и эффективности энергоблоков АЭС является комбинирование энергоблоков АЭС и ГТУ. На данном этапе известно большое количество схем комбинирования. Ранее были рассмотрены схемы с газо-водяными подогревателями и газопаровыми перегревателями [1, 2], но в случае реконструкции действующих блоков АЭС, их применение сопряжено со значительными трудностями, связанными с необходимостью компоновки газотурбинного оборудования и газопаровых (газо-водяных) теплообменников в машинном зале станции [3]. В этом случае более рациональным представляется применение схем с котлами-утилизаторами (КУ).

В данной работе мы рассмотрели несколько схем комбинирования блока АЭС с ВВЭР-1200 по проекту АЭС-2006 и ГТУ:

- схема с КУ двух давлений и переключением питания сепаратора пароперегревателя (СПП);
- схема с КУ одного давления и переключением СПП;
- схема с КУ и подогревателем высокого давления (ПВД);
- схема с КУ и вводом пара перед ЦВД;
- схема с КУ и подводом пара перед ЦНД.

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

осуществляется только во II ступени. При этом стоит отметить, что мощность ЯППУ остается постоянной и параметры генерируемого пара в парогенераторе (ПГ) поддерживаются номинальными.

Схема с КУ и подогревателем высокого давления предполагает отключение ПВД-6 и ПВД-7 по греющему пару. Подогрев питательной воды осуществляется только в ПВД-7 за счет теплоты от греющего пара КУ. Слив конденсата осуществляется в тракт за ПЭН.

Схемы с дополнительным подводом пара из КУ в трубопроводы пара перед ЦНД и ЦВД предполагают повышение параметров перед цилиндрами. При этом также увеличивается общий расход через турбину. Результаты теплового расчета рассматриваемых схем позволили установить, что наибольшее приращение экономичности $\Delta\eta=9,375\%$ по сравнению с номинальным режимом работы энергоблока можно добиться с применением схемы с КУ двух давлений и использованием генерируемого в нем пара для питания СПП. При этом параметры пара перед ЦНД соответствуют номинальным. Исполнение котла-утилизатора в двухконтурном варианте позволяет добиться максимального использования теплоты уходящих газов ГТУ и достичь максимальной глубины охлаждения газов (температура уходящих газов составляет 194 °С). При этом увеличивается электрическая мощность всей парогазовой установки, расширяется регулировочный диапазон энергосистемы. При использовании двух ГТУ фирмы Siemens (GasTurbineSGT5-8000H) электрическая мощность ГТУ составляет 800 МВт, а турбина К-1200-6,8/50 за счет отключения отборов на СПП увеличивает свою мощность на 139 МВт. Таким образом, общая мощность всей парогазовой установки достигает 2132 МВт. Несколько уступает этой схеме вариант с вводом пара от КУ одного давления в трубопровод свежего пара перед ЦВД. При сопоставлении с замещаемыми пиковыми ГТУ данная схема имеет значительную экономическую выгоду по производству пиковой электроэнергии и соответственно, стоимость пиковой электроэнергии существенно ниже, чем у специализированных пиковых ГТУ.

Библиографический список

1. Хрусталеv, В.А., Наумов А.С. Вопросы комбинирования схем ГТУ и АЭС и их эффективность. Вестник СГТУ. 2011. №1(54). Выпуск 3. С.144.
2. Попырин, Л.С. Оптимизация параметров оборудования энергетических установок. Изв. АН СССР. Сер. Энергетика и транспорт. 1985. №5. С.60 – 71.
3. Ильченко А.Г. и др. Эффективность применения парогазовых технологий на АЭС с турбинами насыщенного пара. Вестник ИГЭУ. Вып.5, Иваново, 2015, с.2.

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

ВОДОРОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОБЛОКА С ВВЭР-1200

В обозримом будущем ведущая роль в обеспечении стабильности и безопасности энергетической ситуации отведена тепловой и атомной энергетике. В настоящее время обострилась проблема прохождения ночных минимумов электрической нагрузки в энергосистемах вследствие спада промышленного производства. Однако и после восстановления энергопотребления промышленности останется проблема прохождения утренних и вечерних максимумов графиков энергопотребления. Использовать атомные станции в маневренном режиме экономически невыгодно. Обеспечить базовой нагрузкой АЭС за счет разгрузки или останова в часы ночных провалов нагрузки энергоблоков тепловых станций не представляется возможным, поскольку их мощности и регулировочные возможности недостаточны, осложнены техническими трудностями и ухудшением надежности работы оборудования.

Перспективным решением данного вопроса для АЭС является использование внепиковой электрической мощности энергоемкими потребителями.

Одними из таких потребителей являются установки электролиза воды для получения водорода и кислорода. Производимые надстройками ВЭК водород и кислород могут использоваться в целях:

1. производства пиковой электроэнергии в часы пикового энергопотребления за счет пароводяного перегрева свежего пара от ППУ без изменения режимов работы реакторной установки;

2. резервирования собственных нужд АЭС в условиях полного обесточивания, приводящего к повышению безопасности;

3. коммерческой товарной реализации генерируемых газов.

Хранение водорода и кислорода в подземных резервуарах является предпочтительным. Но в условиях суточных циклов, когда время хранения газов может составлять от нескольких часов до нескольких суток, наиболее целесообразно хранение водорода и кислорода в сжатом виде в наземных газгольдерах.

На рис.1 показана принципиальная схема водородного энергетического комплекса. В ночные внепиковые часы электрической нагрузки за счет электролиза воды происходит аккумуляция водорода и кислорода, которые при помощи дожимных

компрессорных агрегатов поступают в емкости хранения. Затем водород и кислород

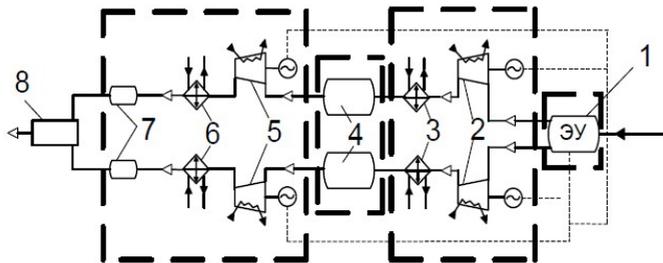


Рис. 1. Принципиальная схема водородного энергетического комплекса: 1 – электролизный цех с электролизными установками; 2 – внепиковые компрессорные агрегаты; 3,6 – теплообменник; 4 – емкости хранения водорода и кислорода; 5 – пиковые компрессорные агрегаты; 7 – буферная емкость; 8 – узел водородного перегрева рабочего тела паросилового цикла АЭС

отбирается из емкостей хранения и при помощи дожимных компрессорных агрегатов подаются в пароводородный перегреватель. В пароводородном перегревателе за счет высокотемпературного пара, полученного в результате ступенчатого окисления водорода кислородом и его смешения с основным паром, происходит перегрев до заданной температуры. При этом отключается подача греющего пара на промперегреватель, а высвободившийся пар идет в турбину на выработку дополнительной мощности. При этом температура как свежего пара, так и пара перед ЦНД может быть повышена до более высоких значений (в пределах, допускаемых заводом-изготовителем паровой турбины). Проведенные расчеты выявили заметную эффективность предлагаемых решений в широком диапазоне стоимостей органического топлива и капитальных затрат в электролизные установки. Стоимость пиковой электроэнергии, вырабатываемой при использовании ВЭК, также оказывается меньшей, чем вырабатываемой на специализированных пиковых ГТУ при числе часов использования максимума электрической нагрузки 1000-1500 часов в год. Расчеты показали также, что использование ВЭК в режиме недельного регулирования экономически не эффективно.

В случае необходимости прекращения подачи кислорода и водорода по каким-либо причинам, энергоблок переходит в традиционный режим работы. Предварительные оценки также показали, что если ВЭК используется только для производства товарного водорода в период ночного провала графика электрической нагрузки, то его стоимость будет намного ниже рыночной.

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

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЗЕРКАЛА ИСПАРЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕПАРАЦИИ В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ ПГВ-1000М

Объектом анализа является парогенератор ПГВ-1000М.

Целью работы является расчетно-экспериментальное изучение влияния неравномерности зеркала испарения парогенератора на сепарационные свойства парогенератора.

В ходе работы изучаются свойства зеркала испарения в зависимости от параметров в парогенераторе.

В процессе выполнения работы используются следующие средства ЭВМ: MicrosoftOffice 2010, SolidWorks, ANSYSFluent, COMSOLMultiphysics.

Парогенератор ПГВ-1000М предназначен для выработки насыщенного пара давлением 6,4 МПа с влажностью 0,2 % при температуре питательной воды 220 °С в составе энергоблока АЭС с водо-водяным энергетическим реактором ВВЭР-1000 и является составной частью циркуляционного контура [1]. Парогенераторы ПГВ-1000 и ПГВ-1000М изготавливались на двух заводах: ЗиО-Подольск (завод им. Орджоникидзе, г. Подольск) и ПО «Атоммаш» (г. Волгодонск).

Для построения модели парогенератора ПГВ-1000М используется программное обеспечение SolidWorks 2016.

Процесс работы с геометрической моделью построен на использовании объектно-ориентированных средств управления.

В эксперименте с исследованием сепарационных устройств парогенератора была получена погрешность, которая связана главным образом с неточностью в определении площади поверхности зеркала испарения парогенератора.

Результат эксперимента – оценка влияния неравномерности зеркала испарения на сепарационные свойства парогенератора и внесение поправки в решение задачи по исследованию эффективности сепарационных устройств.

Библиографический список

1. Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах: учебник / С.М. Дмитриев [и др.] – М.: Машиностроение, 2013. – 415с.; ил.
2. Чертеж ПГВ-1000М («ЗиО – Подольск»);
3. Основы 3-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. – СПб.: Питер, 2013 – 304 с.: ил.

*Д.И. Нестерец, М.В. Чечуй, студ.;
рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА И СОСТАВЛЕНИЕ РАЗВЕРНУТОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПЕРВОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000

Работа выполнена в рамках программы освоения и внедрения в учебный процесс Функционального аналитического тренажера (ФАТ) и полномасштабного тренажера (ПМТ) энергоблока ВВЭР-1000 НОЦ ИГЭУ. Она посвящена актуальной проблеме интенсификации и повышения мотивации обучения и придания ему практической направленности. Актуальность данной работы определяется тем, что уровень знаний по технологическим системам АЭС является определяющим фактором в обучении студентов, а так же в дальнейшей профессиональной деятельности выпускников кафедры АЭС ИГЭУ, что убедительно подтверждено практикой

Все технологические системы (ТС) энергоблока ВВЭР-1000 и структурно, и эксплуатационно, и организационно делят на системы первого и второго контура. В свою очередь ТС первого контура или контура ядерной паропроизводящей установки (ЯППУ) подразделяют на системы основного технологического процесса и на вспомогательные системы. Кроме того, для аварийных ситуаций, т.е в случае выхода технологических параметров за безопасные пределы, предусмотрены системы безопасности. [1]

Суть основного технологического процесса в ЯППУ: нагрев теплоносителя в ядерном реакторе, его движение к парогенераторам, передача теплоты в парогенераторах к рабочему телу второго контура, возврат теплоносителя при помощи главных циркуляционных насосов в ядерный реактор, - отображается принципиальной тепловой схемой (ПТС). ПТС, как правило, включает в себя ТС основного технологического процесса. Вспомогательные системы ЯППУ обеспечивают поддержание требуемого уровня технологических параметров в нормальных условиях эксплуатации и при их нарушении. На основе ПТС составляют полную или развернутую тепловую схему (РТС). РТС первого контура энергоблока ВВЭР-1000 включает в себя как ТС основного технологического процесса, так и вспомогательные системы и системы безопасности, а именно[2]:

- УВ** – ТС парогенераторов;
- УС** – ТС ядерного реактора;
- УД** – ТС ГЦН и его маслоснабжения;

- УР** – ТС компенсации давления;
- УТ** – ТС аварийного охлаждения зоны (пассивная часть);
- УЗ** – ТС защиты реактора;
- ТА** – ТС маслоснабжения реакторного отделения;
- ТВ** – ТС бакового хозяйства и реагентов реакторного отделения;
- ТС** – ТС байпасной очистки воды первого контура;
- ТД** – ТС очистки и хранения теплоносителя первого контура (СВО-6);
- ТЕ** – ТС очистки организованных протечек и продувочной воды;
- ТФ** – ТС промконтура;
- ТГ** – ТС охлаждения бассейна выдержки и перегрузки;
- ТН** – ТС отмывки и уплотнения ГЦН;
- ТК** – ТС подпитки-продувки первого контура;
- ТЛ** – ТС вентиляции и кондиционирования;
- ТН** – ТС дистиллята;
- ТР** – ТС азота, газовых сдувок и сжатого воздуха;
- ТR** – ТС очистки трапных вод (СВО-3);
- ТS** – ТС дожигания водорода и очистки газов;
- ТQ** – ТС безопасности (расхолаживание ЯППУ);
- ТV** – ТС отбора проб первого контура и СВО;
- ТX** – ТС аварийной подпитки парогенераторов;
- ТY** – ТС организованных протечек первого контура;
- ТZ** – ТС спецканализации;
- VB** – ТС технического водоснабжения неответственных потребителей;
- VF** – ТС технического водоснабжения ответственных потребителей;
- VG** – ТС техводоснабжения ответственных потребителей в районе ББ;
- UG** – ТС подачи азота высокого давления на ресиверы;
- UN** – ТС бакового хозяйства спецпрачечной;
- UT** – ТС сжатого воздуха к пневмоприводной арматуре;
- UV** – ТС вентиляции и кондиционирования;
- UJ** – ТС пожаротушения.

Ранее РТС первого контура энергоблока ВВЭР-1000 представлена в виде альбома схем отдельных ТС ЯППУ. Такое представление не даёт ясной картины и понимания связей отдельных ТС между собой. А такое понимание абсолютно необходимо для изучения ТС и эксплуатации ядерного энергоблока. В настоящее время практически полностью закончено создание РТС первого контура ВВЭР-1000. Были исправлены недочеты и ошибки, как в самих схемах систем, так и на

панелях БЩУ. Что облегчит понимание работы энергоблока ВВЭР-1000 и усовершенствует обучение студентов ИГЭУ, а также их качество знаний. Представляется актуальным и совершенно необходимым разработка полной тепловой схемы первого и второго контура энергоблока ВВЭР-1000 в виде единой схемы со всеми связями между отдельными ТС.

Библиографический список

1. Зорин В.М. Атомные электростанции. Учебное пособие. М: Издательский дом МЭИ, 2012 г.
2. Альбом эксплуатационных схем технологических систем первого контура энергоблока №3. – Калининская АЭС.

М.В. Чечуй, Д.И. Нестерец, студ.;
рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

РАЗРАБОТКА И СОСТАВЛЕНИЕ РАЗВЕРНУТОЙ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ВТОРОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000

Работа выполнена в рамках программы освоения и внедрения в учебный процесс Функционального аналитического тренажера (ФАТ) и полномасштабного тренажера (ПМТ) энергоблока ВВЭР-1000 НОЦ ИГЭУ. Она посвящена актуальной проблеме интенсификации и повышения мотивации обучения и придания ему практической направленности. Актуальность данной работы определяется тем, что уровень знаний по технологическим системам АЭС является определяющим фактором в обучении студентов, а так же в дальнейшей профессиональной деятельности выпускников кафедры АЭС ИГЭУ, что убедительно подтверждено практикой

Все технологические системы (ТС) энергоблока ВВЭР-1000 и структурно, и эксплуатационно, и организационно делят на системы первого и второго контура. В свою очередь ТС второго контура или контура паротурбинной установки (ПТУ) подразделяют на системы основного технологического процесса и на вспомогательные системы[1].

Суть основного технологического процесса в ПТУ: получение свежего пара в парогенераторах, подача пара в проточную часть турбоагрегата, конденсация отработавшего пара в конденсаторе

основной турбины, регенеративный подогрев основного конденсата и питательной воды, подача питательной воды в парогенераторы, - отображается принципиальной тепловой схемой (ПТС). ПТС, как правило, включает в себя ТС основного технологического прочеса. Вспомогательные системы ПТУ обеспечивают поддержание требуемого уровня технологических параметров в нормальных условиях эксплуатации и при их нарушении. На основе ПТС составляют полную или развернутую тепловую схему (РТС). РТС второго контура энергоблока ВВЭР-1000 включает в себя как ТС основного технологического процесса, так и вспомогательные системы, а именно [2]:

- SA** – ТС паровой турбины;
- SB** – ТС подшипников паровой турбины;
- SC** – ТС смазки паровой турбины;
- SD** – ТС конденсаторов турбины и эжекторов;
- SE** – ТС регулирования паровой турбины;
- SF** – ТС отсоса паровоздушной смеси в конденсатор;
- SG** – ТС пара на уплотнения и эжекторы;
- SH** – ТС дренажей турбины;
- SQ** – ТС подшипников генератора;
- SS** – ТС водяного охлаждения обмоток статора ТГ;
- SU** – масляная система уплотнения вала генератора;
- ST** – ТС замкнутого контура ОГЦ;
- RA** – ТС главных паропроводов турбины;
- RB** – ТС промежуточного перегрева пара;
- RC** – ТС сброса пара в конденсаторы турбины (БРУ-К);
- RD** – ТС регенерации высокого давления;
- RF** – ТС водяного уплотнения ТПН;
- RH** – ТС регенерации низкого давления;
- RL** – ТС питательной воды;
- RM** – ТС основного конденсата;
- RN** – ТС конденсата греющего пара;
- RQ** – ТС паропроводов собственных нужд;
- RR** – ТС расхолаживания блока через технологический конденсатор;
- RT** – ТС дренажей машзала и обвязки дренажного бака;
- RW** – ТС конденсата ТПН;
- RY** – ТС продувки парогенераторов;
- UA** – ТС Химочищенной воды;
- UE** – ТС гидроиспытаний и продувки датчиков КИП;
- UM** – ТС теплофикационной установки;

VB – ТС техводоснабжения неотвественных потребителей;

VC – ТС циркуляционной воды;

VJ – ТС экспресс лаборатории;

Ранее РТС второго контура энергоблока ВВЭР-1000 была представлена только в виде альбома схем отдельных ТС ПТУ. Такое представление не даёт ясной картины и понимания связей отдельных ТС между собой. А такое понимание абсолютно необходимо для изучения ТС и эксплуатации ядерного энергоблока. В настоящее время полностью закончено создание РТС второго контура ВВЭР-1000. Были исправлены недочеты и ошибки, как в самих схемах систем, так и на панелях БЩУ.

Что облегчит понимание работы энергоблока ВВЭР-1000 и усовершенствует обучение студентов ИГЭУ, а также их качество знаний. Представляется актуальным и совершенно необходимым разработку полной тепловой схемы первого и второго контура энергоблока ВВЭР-1000 в виде единой схемы со всеми связями между отдельными ТС.

Библиографический список

1. Зорин В.М. Атомные электростанции. Учебное пособие. М: Издательский дом МЭИ, 2012 г.
2. Альбом эксплуатационных схем технологических систем второго контура энергоблока №3. – Калининская АЭС.

*И.Р. Черкашин, студ.; рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ РЕДУКЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ГИДРОПРИВОДОМ СБРОСА ПАРА В КОНДЕНСАТОР

Система быстродействующих редукционных установок со сбросом пара в конденсатор (далее – «БРУ-К») выполняет функции защиты парогенераторов от повышения давления. Скорость и надёжность работы такой арматуры напрямую влияет на безопасную эксплуатацию АЭС.

Ранее на атомных станциях применялась электроприводная арматура БРУ-К. БРУ-К с электроприводом срабатывают автоматически при возрастании давления в трубопроводах острого

пара до 71 кгс/см². Производительность одной БРУ-К с электроприводом $G = 725$ т/ч. Подвод пара к БРУ-К осуществляется двумя трубопроводами с электрифицированными задвижками. Сброс редуцированного пара производится через выходной патрубок, дроссельное устройство и далее в паросбросные устройства конденсаторов. В основном применяется электропривод прямоходного типа с червячным редуктором.

Электроприводная арматура имеет ряд недостатков. В частности, привод (или управляемая арматура) содержит самотормозящийся элемент (червячная пара), обладающий невысоким КПД (менее 0,5). Детали электромоторных приводов подвержены большому износу, поэтому они нуждаются в регулярном обслуживании и уходе. Контакты электропривода являются источником радиопомех. Не рекомендуется применять электропривод, если по условиям эксплуатации требуется, чтобы при отсутствии энергии рабочий орган управляемой арматуры принял одно из крайних положений. Время полного открытия/закрытия 12 сек. Не маловажным фактором является то, что при отключении питания собственных нужд или поломке электродвигателя рабочий орган БРУ-К принимает промежуточное положение.

На атомных станциях также возможно применение БРУ-К с гидроприводом. Клапаны БРУ-К с гидроприводом устанавливаются на боковых стенках переходных патрубков конденсаторов вблизи выхлопов цилиндра низкого давления. БРУ-К с гидроприводом срабатывают автоматически при возрастании давления в трубопроводах острого пара до 73 кгс/см². Производительность одной БРУ-К $G = 510$ т/ч. Подвод пара к БРУ-К осуществляется двумя трубопроводами. Сброс редуцированного пара производится в конденсаторы через пароприёмные устройства. Время полного открытия/закрытия клапана составляет 2,5 сек. Гидроприводная арматура БРУ-К обладает такими преимуществами, как простота конструкции и большее создаваемое усилие на штоке арматуры, так же рабочий орган БРУ-К принимает закрытое положение при исчезновении давления рабочей жидкости и осуществляет более надежную работу (меньше вероятность заклинивания).

Таблица – Сводная таблица затрат

Тип арматуры	Стоимость с учетом монтажа, млн. руб.	Ущерб от недовыработки, млн. руб.	Затраты на СВО, тыс. руб.
БРУ-К с гидроприводом	71,3	1,0	20,0
БРУ-К с электроприводом	28,1	30,0	300,0

Срок окупаемости определяется как отношение прироста затрат на БРУ-К к экономии по ущербу:

$$C_{ок} = \frac{71,3 - 28,1}{30 + 0,3 - 0,02 - 1} = 1,5 \text{ года.}$$

Результаты проведенного анализа позволяют сделать вывод, что способ установки БРУ-К с гидроприводом более целесообразный и надежный по сравнению с БРУ-К с электроприводом.

М.С. Фадеева, студ.;
рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доц., В.А. Горбунов, д.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ В СТЕРЖНЕ С ВНУТРЕННИМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛОТЫ

В данной работе стержень с внутренними источниками теплоты рассматривается как тепловая модель тепловыделяющего элемента (твэла), основного конструктивного элемента, содержащего ядерное топливо. Безопасность эксплуатации ядерных реакторов в частности зависит от температурного состояния твэла, которое не должно достигать температур плавления.

Одной из задач проектирования твэла является проверка ограничения на максимальную температуру ядерного топлива внутри твэла. Задача строится на определении температурного поля внутри тепловыделяющего элемента. Для расчета теплового поля задаются мощность внутренних источников Q_i условия охлаждения, которыми являются температура теплоносителя T_m и значение коэффициента теплоотдачи от стенки твэла теплоносителю α . В задаче используется зависимость коэффициента теплопроводности λ от температуры при заданной Q_i граничных условиях третьего рода на поверхности стержня.

В качестве инструмента моделирования использовался программный комплекс COMSOL MULTIPHYSICS [1], применяемый для научных и инженерных задач на основе дифференциальных уравнений в частных производных, которые решаются методом конечных элементов. Для твэла распределение температуры определялось как для осесимметричного тела. Для расчета передачи тепла теплопроводностью применялось уравнение Фурье:

$$-\nabla(\lambda \nabla T) = Q,$$

где λ – коэффициент теплопроводности, $Вт/(м \cdot К)$, Q – объемная мощность внутренних источников $Вт/м^3$.

Твэл представляет собой трубку, заполненную таблетками из диоксида урана UO_2 . В данной работе рассматривается температурное поле сердечника, другие элементы конструкции на данном этапе расчета не учитываются. Внутренним источником является тепловая энергия получаемая в результате деления тяжелых ядер ^{235}U . На первом этапе решения задачи была определена объемная мощность внутреннего источника теплоты для твэла. На втором этапе решалась стационарная задача теплопроводности для установившегося температурного поля в продольных и поперечных сечениях стержня на разных расстояниях от центра твэла. Для расчета были взяты следующие значения физических параметров для диоксида урана[2]: плотность $\rho(T)$, $кг/м^3$; удельная теплоемкость $c(T)$, $Дж/(кг \cdot К)$; теплопроводность $\lambda(T)$, $Вт/(м \cdot К)$. На поверхности стержня коэффициент теплоотдачи $\alpha = 35700 \text{ Вт}/(м^2 \cdot К)$ [3]. Температура теплоносителя (воды) $T_m = 589К$ [3].

Геометрические размеры стержня: диаметр $d = 7.6 \text{ мм}$, высота $h = 3680 \text{ мм}$ [3]. Результаты расчета теплового поля твэла представлены как распределение температуры по радиусу и по высоте. Температурное поле твэла рассчитывалось для постоянной мощности внутренних источников, и для неравномерного энергосвечения по объему (рис. 1 и 2).

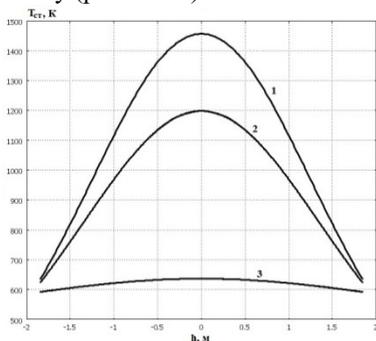


Рис. 1. Температура стержня по высоте в сечениях: 1 – $r=0$, 2 – $r=0.0019$, 3 – $r=0.0038$

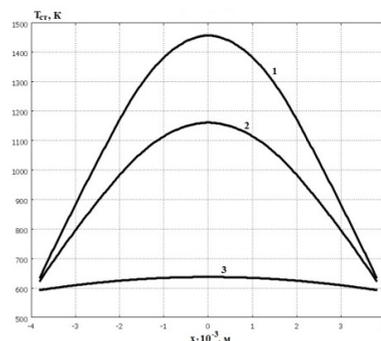


Рис. 2. Температура стержня по радиусу в сечениях: 1 – $h=0$, 2 – $h=0.92$, 3 – $h=1.84$

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для анализа температурного поля ТВЭЛ в зависимости от его расположения от центра в реакторе и от высоты можно использовать предложенную модель в программном комплексе COMSOL MULTIPHYSICS.

Библиографический список

1. MultiphysicsSimulationSoftware: [Электронныйресурс].URL:<https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>
2. П.Л. Кририлов, Г.П. Богословская, Темломассообмен в ЯЭУ. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 456 с.
3. Б.А. Дементьев, Ядерные энергетические реакторы. – 2-е изд., - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

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

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000

Разработанная компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для приобретения знаний и умений по функционированию технологической системы деаэрационной установки питательной воды энергоблока ВВЭР-1000, а также для получения навыков чтения схем данной системы, для развития способностей оператора видеть ход заданного технологического процесса и осознания причинно-следственной связи действий оператора с результатом этих действий.

КОС состоит из компьютерного учебного пособия (КУП), представляющего собой обучающую часть с тестовой частью контроля знаний и локального ситуационного тренажера по эксплуатации системы (ЛСТ). КОС разработан на основании первоисточников [1,2] и содержит вопросы для самоконтроля, а также раздел контроля знаний с таблицей результатов оценки знаний.

В данном материале наглядно представлена структура и принцип действия системы RL, а также ее эксплуатация в основных нормальных режимах работы, а именно: подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт.

Деаэрационная установка предназначена для: удаления коррозионно-активных газов из поступающих в деаэрационную установку 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).

Критерием выполнения возложенных на деаэрационную установку функций является обеспечение деаэрированной водой в количестве 4×1470 т/ч, соответствующем паропроизводительности парогенераторов и величине продувки из парогенератора. Производство необходимого количества рабочего пара требует осуществления подачи нужного количества питательной воды. Обеспечение подачи необходимого количества питательной воды в четыре парогенератора, при различных режимах работы реакторной установки, определило построение и выбор оборудования деаэрационной установки с соответствующими характеристиками: двух термических деаэраторов повышенного давления; системы трубопроводов питательной воды и пара с регулирующей и запорной арматурой.

В состав деаэрационной установки входят:

-два деаэраторных бака типа БДП-185-2-А, предназначенных для сбора всех потоков воды, прошедших деаэрацию в деаэрационной колонке, а также являющихся аккумулялирующей ёмкостью для запаса питательной воды на 3-4 минуты работы турбины при номинальной нагрузке без подпитки.

-четыре вертикальных колонки типа ДП-1600-А по две на каждый деаэраторный бак, в которых осуществляется удаление коррозионноактивных газов из поступающей в неё воды, а также её подогрев;

-двенадцать импульсно-предохранительных устройств коллектора греющего пара деаэраторов, служащих Для защиты деаэраторов от недопустимого повышения давления

-насос аварийной подпитки деаэраторов;

-КИП, средства контроля, автоматики, сигнализации, защит и дистанционного управления;

-трубопроводы, служащие технологическими связями и арматура, предназначенная для выполнения необходимых переключений.

Связь деаэрационной установки с другими технологическими системами:

система основного конденсата (**RM**); система химвеселенной воды машзала (**UA**); система питательной воды (**RL**); система регенерации высокого давления (**RN**); система подачи пара на уплотнения турбины (**SG**); система промперегрева пара (СПП) (**RB**); система организованного сбора дренажей II контура (**RT**); система расхолаживания РУ через ТК (**RR**); система очищенной продувки ПП (**RY**); система конденсата СВО (**RV**).

Система оснащена защитами и блокировками, предназначенными для предотвращения повреждения оборудования, травмирования обслуживающего персонала в случае аварийного отклонения технологических параметров от нормы, посредством воздействия на исполнительные механизмы и запорно-регулирующую арматуру, с помощью которых происходит полный останов основного оборудования или снижение нагрузки. Команды автоматической защиты обладают приоритетом по отношению ко всем другим командам автоматического и ручного управления, при их прохождении накладывается запрет на выполнение этих команд.

Библиографический список

1. Материалы УТП Калининской АЭС «Деаэрационная установка Д7 ата» КЛ.16.ПО.01.03:СО.Р.RL.ОВ.ПХ.ОВ.--1
2. Эксплуатационные инструкции и схемы соответствующих систем энергоблока №3 Калининской АЭС.

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

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА АЭС

Одним из технических решений, позволяющих облегчить прохождение минимумов и максимумов электрической нагрузки в энергосистемах, является применение теплоаккумулирующих установок на АЭС.

Для аккумулирования тепловой энергии могут использоваться: аккумуляторы, использующие тепловые эффекты обратимых фазовых переходов – аккумуляторы фазового перехода (АФП); аккумуляторы, использующие обратимые химические реакции – термохимические аккумуляторы (ТХА); традиционные теплоаккумулирующие элементы, гравий и т.д.); аккумуляторы пара и горячей воды.

Практическое применение различных типов тепловых аккумуляторов связано в первую очередь с определением их оптимальных рабочих характеристик, с выбором недорогих и эффективных конструкционных материалов и теплоаккумулирующих сред и оптимальных схем включения.

Аккумуляция на АЭС теплоты горячей воды и пара позволяет обеспечить постоянную (или близкую к ней) тепловую мощность реактора при работе турбинного оборудования в переменном режиме. В период зарядки аккумуляторов (в ночной период) часть турбина и электрогенератор работают с разгрузкой по электрической мощности, а в период разрядки аккумуляторов повышение электрической мощности АЭС может осуществляться как основным турбогенератором, так и за счет дополнительно устанавливаемой пиковой турбины.

Наиболее хорошо изучены в настоящее время вопросы аккумуляции теплоты питательной воды (АПВ) и сетевой воды (АСВ). Имеются также проработки АЭС с пароводяными аккумуляторами (ПВА).

В отличие от АПВ и ПВА в АФП процессы зарядки и разрядки могут происходить при атмосферном давлении теплоаккумулирующего материала. Здесь допустимы разгрузки основной турбины на существенно большее значение, чем в схемах с АПВ и ПВА, и возможно аккумуляция тепла наивысшего потенциала. Важным элементом АФП является теплоаккумулирующее вещество (ТАВ). Многие вещества-аккумуляторы коррозионно-активны, что затрудняет их использование. В настоящее время ведется интенсивный поиск перспективных ТАВ.

Наиболее просто реализуемой представляется схема АЭС с АПВ, в которой помимо самого аккумулятора не предусматривается использование нового оборудования. Но создание и безопасная эксплуатация сосудов большой вместимости на повышенное давление с повышенным расчетным сроком службы — достаточно сложная задача. За счет применения схемы с АПВ мощность АЭС в часы максимума электрической нагрузки можно увеличить на 25... 30 % по отношению к номинальной. В период заряда аккумулятора выдаваемая электрическая мощность снижается на 40-50 %. Пароводяные аккумуляторы (ПВА) могут обеспечить больший диапазон регулирования по сравнению с АПВ. Но имеются трудности, связанные с понижением КПД цикла аккумуляции в связи с изменением параметров рабочего тела в периоды зарядки и разрядки.

Обеспечиваемая применением АФП повышенная безопасность эксплуатации АЭС, отсутствие потребности в значительном количестве крупных корпусов и повышенный диапазон регулирования предопределяют целесообразность анализа технико-экономических преимуществ АЭС именно с АТ такого типа. Оценочные расчеты показывают, что более широкий регулировочный диапазон АЭС с АФП позволяет вытеснять в этом случае менее экономичные маневренные мощности в энергосистеме.

Турбины основного и пикового контуров в схемах с АФП предполагается использовать в циклических переменных режимах суточной повторяемости. В этих условиях имеется преимущество использования слабонагретого пара как в основной, так и в дополнительной турбинах.

Системный эффект от аккумулирования тепла на АЭС определяется не только КПД системы аккумулирования энергии и затратами на осуществление аккумулирования, но также и технико-экономическими показателями конкурирующих вариантов. Все это требует дальнейшего поиска рациональных путей и оптимизации тепловых схем турбоустановок АЭС в условиях осуществления аккумулирования тепла.

Библиографический список

1. <http://nacep.ru/novosti-energetiki/alternativnaya-energetika/sistemy-akkumulirovaniya-teplovoj-energii.html>
2. <http://leg.co.ua/arhiv/generaciya/aes-s-vver-20.html>
3. <http://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-regulirovaniya-aes-s-akkumulyatorami-teplovoj-energii-pri-izmenenii-nagruzki-energoblok>
4. <http://www.kti.ru/data/3028.pdf>

*С.А. Щепин, студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДОЖИГАНИЯ ВОДОРОДА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000

Разработанная компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для приобретения знаний и умений по функционированию технологической системы дожигания водорода (TS10) энергоблока ВВЭР-1000, а также для получения навыков чтения схем данной системы, для развития способностей оператора видеть ход заданного технологического процесса и осознания

причинно-следственной связи действий оператора с результатом этих действий.

КОС состоит из компьютерного учебного пособия (КУП), и локального ситуационного тренажера по эксплуатации системы (ЛСТ). КОС разработан на основании первоисточников [1,2]]. КУП представляет собой обучающую часть КОС с контролем знаний и содержит вопросы для самоконтроля, а также раздел контроля знаний с таблицей результатов оценки знаний. ЛСТ представляет собой «блок навыков и умений», где отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы, а именно: подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт. В данном материале наглядно представлена структура и принцип действия системы TS10, а также ее эксплуатация в основных нормальных режимах работы.

Система дожигания водорода предназначена для предотвращения образования взрывоопасной смеси при поступлении газов из дегазатора в систему спецгазоочистки методом каталитического окисления (сжигания) водорода. Система обеспечивает непрерывное дожигание водорода в течение всего времени работы блока.

Система включается в работу вместе с разогревом дегазатора и работает непрерывно вместе с системой подпитки-продувки первого контура.

Система дожигания водорода работает таким образом, что парогазовая смесь из дегазатора подпитки поступает сначала в охладитель выпара, в котором пар конденсируется. Неконденсирующиеся газы, такие как азот и водород, направляются в охладитель газов циркуляции, в который помимо них дополнительно поступает поток газа из контура циркуляции. Расход газов в циркуляционном контуре превышает расход поступающих газов из дегазатора подпитки, что обеспечивает разбавление газовой смеси до взрывобезопасной концентрации при максимальном поступлении водорода. Далее газовая смесь поступает в буферные емкости для обеспечения нормальной работы системы измерения (с учетом ее инерционности и плавного регулирования концентрации кислорода). Из буферных емкостей газовая смесь забирается газодувкой, которая нагнетает газ в электронагреватель, и далее газ поступает в контактный аппарат. В нем на катализаторе и происходит сгорание (окисление) водорода. Необходимый для сжигания кислород подается с таким расчетом, чтобы концентрация водорода перед контактным аппаратом составляла 2%. Повышенная концентрация кислорода же ухудшает условия взрывобезопасности установки дожигания

водорода.

Проведение испытаний оборудования системы разрешается только по программам, утвержденным главным инженером станции и зарегистрированным в ПТО. Все переключения проводятся по заявке главного инженера станции, с разрешения НС АС. В случае обнаружения неисправностей, угрожающих начальной эксплуатации, немедленно принимаются меры к отключению поврежденного участка и исключению доступа людей в аварийную зону. Все работы, связанные с разгерметизацией системы дожигания водорода разрешается проводить только после ее расхолаживания и продувки азотом.

После изучения материала при помощи КУП и ЛСТ обучаемый должен быть способен описать систему TS10 и её компоненты в соответствии с нормативной и эксплуатационной документацией, а также получить представление об эксплуатации системы в основных нормальных режимах работы.

Библиографический список

1. Инструкция по эксплуатации системы дожигания водорода 03.TS.ПЭ. 0014.42. – Калининская АЭС.
2. Эксплуатационные схемы системы дожигания водорода 03.TS.ЭС. 0018.42. – Калининская АЭС.

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

ПЕРЕГРЕВ ПАРА НА АЭС С ВВЭР-1200 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРДВКЛЮЧЁННЫХ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ

Программой развития атомной энергетики предусматривается в основном сооружение АЭС с реакторами типа ВВЭР как в Российской Федерации, так и за рубежом. На смену серийным энергоблокам с ВВЭР-1000 поступают в строительство реакторы нового поколения: ВВЭР-ТОИ и по проекту АЭС-2006 – ВВЭР-1200. Одними из важнейших научно-технических задач, которые должны быть решены, являются задачи повышения безопасности АЭС, переработки и захоронения радиоактивных отходов, повышение эффективности атомных электростанций.

Термодинамическая эффективность атомных электростанций, работающих на насыщенном или слабо перегретом водяном паре, по сравнению с тепловыми станциями невелика. Наряду с совершенствованием проточной части турбины, важным аспектом является грамотная организация тепловой схемы ПТУ, в том числе сепарации и промежуточного перегрева.

Главной задачей настоящей работы является повышение термодинамической эффективности атомных электростанций, использующих пар в качестве рабочего тела в турбине.

Было установлено, что термический КПД электростанции, работающей на насыщенном или слабо перегретом паре, может быть повышен внедрения в схему предвключённого парогенератора (ППГ). В ППГ образуется пар более высокого давления, чем в основном ПГ (ОПГ). Этот пар служит для дальнейшего нагрева и перегрева пара, используемого в качестве рабочего тела.

При параметрах теплоносителя, выходящего из реактора ($P_{т/н}=16,2$ МПа, $t_{т/н}=329,7^{\circ}\text{C}$) в ППГ может генерироваться пар с давлением 11 МПа, что обеспечивает перегрев нагреваемого пара перед ЦВД и перед ЦНД до $t=302\div 307^{\circ}\text{C}$ при приемлемых температурных напорах. Для передачи теплоты от пара ППГ в основную схему внедряются паропаровые перегреватели, размещающиеся в различных комбинациях: пароперегреватель свежего пара (ПСП) перед ЧВД, промежуточный пароперегреватель (ППП) перед ЧНД.

В данной работе были рассмотрены и рассчитаны различные варианты включения паровых подогревателей в тепловую схему АЭС с ВВЭР-1200, в результате чего был выявлен явный выигрыш в тепловой экономичности. Он обусловлен тем, что за счет введения перегрева пара до более высоких температур пара перед ЦВД и ЦНД турбины удается снизить потери от влажности в ступенях паровой турбины, а также повысить среднетермодинамическую температуру подвода тепла к циклу, что повышает также и термический КПД.

Основные результаты расчетов параметров тепловой экономичности ПТУ для блока с турбиной К-1200-6,8/50 (базовая схема) и рассматриваемого варианта с повышенной температурой свежего пара и пара перед ЦНД, выполненного по схеме с начальным и одноступенчатым промежуточным перегревом от ППГ (рис. 1), приведены в таблице. При расчётах не учитывалась теплофикация.

Таблица – Основные параметры ПТУ АЭС с ВВЭР-1200

Турбина	Мощность брутто, МВт	Мощность нетто, МВт	КПД брутто, %	КПД нетто, %
Базовая схема К-1200-6,8/50	1170	1153	36,47	35,93
Предлагаемая схема	1223,9	1201,7	38,14	37,4

Проведённый анализ показал, что введение ППГ окажет больший эффект на АЭС с блоками большей мощности. Требуется, однако, проведение технико-экономических расчетов по обоснованию применения предлагаемого решения.

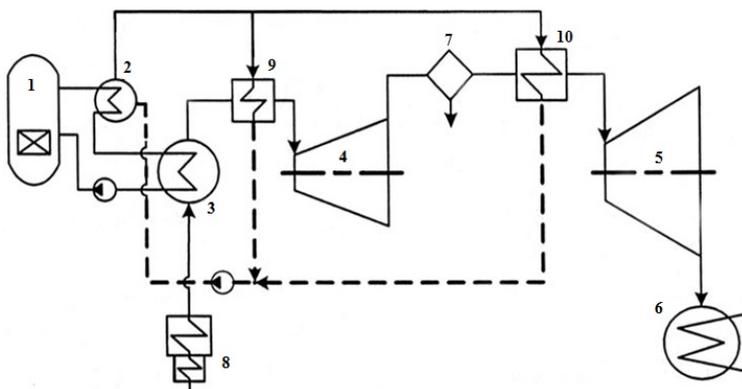


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема с начальным перегревом: 1 – ВВЭР-1200; 2 – ППГ; 3 – ОПГ; 4 – ЧВД; 5 – ЧНД; 6 – конденсатор турбины; 7 – сепаратор; 8 – ПВД; 9 – ПСП; 10 – ППП

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

БИНАРНЫЙ ЦИКЛ АЭС С НИЗКОКИПАЩИМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ

Как правило, в схеме ПТУ АЭС в качестве рабочего тела используется вода и водяной пар. Реакторы сводным теплоносителем (как кипящего, так и некипящего типа) при современном уровне параметров теплоносителя обеспечивают использование паротурбинных установок, работающих на насыщенном паре с

начальным давлением 6-7 Мпа. Реализация данного цикла возможна только в области насыщенного пара. Поэтому при одинаковом уровне мощности с паротурбинными установками ТЭС на органическом топливе расход пара на турбину (а также и в конденсатор) оказывается примерно в 1,5 раза больше. Поэтому разработка ПТУ АЭС единичной мощностью свыше 1000 МВт (эл.) – представляет довольно сложную задачу, сами турбоустановки получаются весьма громоздкими и металлоемкими. Целью данной работы является повышение эффективности АЭС и уменьшение металлоемкости паровых турбин, особенно их цилиндров низкого давления (ЦНД) путем использования низкокипящих рабочих веществ (НКРТ). В качестве таких низкокипящих рабочих тел могут использоваться фреоны, аммиак, бутан и другие органические вещества.

Применение таких веществ с критическими параметрами в качестве рабочего тела турбин в составе ПТУ АЭС позволяет заменить цилиндры турбины, работающую на водяном паре при низких параметрах, на отсеки турбин, работающие на НКРТ. При температурах низкокипящего рабочего тела, соответствующим температурам на выходе из ЦНД современных мощных турбин, работающих на водяном паре, давление на выходе из турбины значительно выше атмосферного. Это позволяет отказаться от системы воздухоотсасывающих устройств в конденсаторе. Кроме того удельные объемы пара НКРТ при типичных значениях температуры на выходе из турбины в сотни раз меньше, чем для водяного пара. Так, для насыщенного пара аммиака при температуре 30 °С его удельный объем равен 0,11 м³/кг, а для водяного пара при этой же температуре оно равно 32,8 м³/кг (почти в 300 раз больше). Таким образом, при использовании НКРТ значительно сокращаются размеры (число ступеней, высоты лопаток и число цилиндров) турбоагрегатов.

Ниже приведены результаты расчета тепловой схемы турбоустановки энергоблока АЭС, работающей по бинарному циклу на базе реактора РБМК-1000. Рабочее тело нижнего цикла – аммиак.

Данная установка (см. рис. 1) работает следующим образом. Насыщенный водяной пар на выходе из реактора с давлением 6,75 Мпа поступает в часть высокого давления (ЧВД) и в подогреватели (П1 и П3). На выходе из ЧВД отработанный пар с давлением 0,348 Мпа поступает в водоаммиачный парогенератор (ПГ), где генерируется насыщенный пар аммиака с давлением 5 Мпа. Далее этот пар перегревается до температуры 250 °С и поступает в ЧСД аммиачной турбины, в которой расширяется до давления 0,6 Мпа. После промежуточного перегрева до температуры 250 °С он направляется в

ЧНД турбины, где расширяется до давления 0,19 Мпа, конденсируется в конденсаторе и вновь поступает водоаммиачный парогенератор. В конденсаторе охлаждающим агентом может служить воздух.

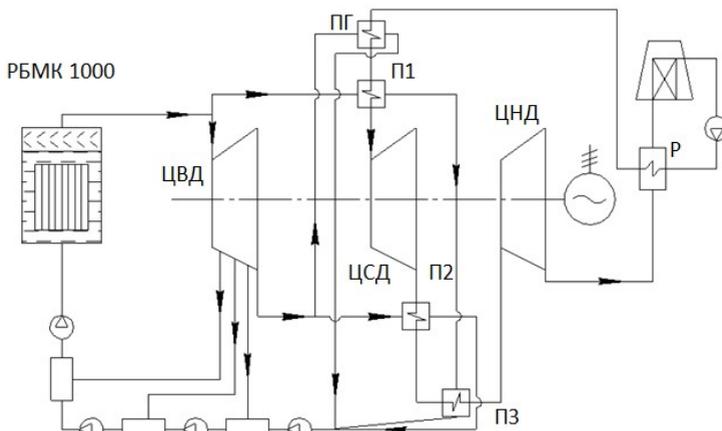


Рис. 1. Схема установки.

Электрический КПД представленной на рис. 1 установки составляет около 29 % при однопоточном исполнении ЧНД аммиачной турбины. Это несколько меньше, чем у серийной турбоустановки энергоблока с реактором РБМК-1000, однако тепловая схема может быть усовершенствована за счет оптимизации параметров аммиачного цикла.

Н.С. Железов, О.Н. Разуваев, студ.;
рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 С ИСХОДНЫМ СОБЫТИЕМ В ПЕРВОМ КОНТУРЕ

Необходимость применения современных технических средств обучения в целях интенсификации обучения и придания ему практической направленности (повышения качества практической подготовки), а также адаптации программы обучения специалистов с

программой и требованиями руководящих документов по подготовке оперативного персонала АЭС представляется весьма актуальным [1].

Внедрение в учебный процесс компьютерных обучающих систем (КОС), в сочетании с практическими занятиями на функциональном аналитическом тренажере (ФАТ) и полномасштабном тренажере (ПМТ) энергоблока ВВЭР-1000, позволяет обеспечить системный подход к организации образовательного процесса, т.е. поэтапный, логически последовательный процесс организации обучения, начиная с приобретения необходимых оперативному персоналу АЭС знаний, умений и навыков и заканчивая оценкой эффективности проведенного обучения [1].

Любой аварийный режим начинается с нарушения условий нормальной эксплуатации, приводящего к выходу важнейших технологических параметров энергоблока за допустимые пределы. Как правило эти нарушения проявляются внезапно, хотя причины их могут накапливаться в течение длительного времени. Причины возникновения аварийных ситуаций и режимов многообразны [2].

В процессе проектирования АЭС разрабатывают меры защиты ядерных реакторов при возникновении максимальной проектной аварии (МПА). Такой аварией по отношению к ВВЭР считают мгновенный разрыв основного трубопровода, по которому теплоноситель, охлаждающий активную зону, попадает в ядерный реактор, причем происходит беспрепятственное двухстороннее истечение теплоносителя, а реактор работает с некоторым превышением номинальной мощности за счет допусков системы контроля и управления.

Надежность, безопасность и эффективность работы АЭС во многом определяется квалификацией эксплуатационного персонала. Главная цель эксплуатационной подготовки и повышения квалификации специалистов – выработка у них умения быстро принимать решения в самых разнообразных ситуациях, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации ядерного энергоблока (включая аварийные) [2].

Разумеется, при этом речи не может идти о преднамеренном создании аварийных ситуаций на действующем оборудовании АЭС. Основная роль в достижении поставленной цели принадлежит инновационным формам обучения, среди которых важную роль играет тренажерная подготовка.

Для реализации поставленной задачи разработаны лабораторный стенд на базе ПМТ и ФАТ энергоблока ВВЭР-1000, сценарий, методика проведения экспериментальных исследований, а также методика обработки данных, полученных в результате проведения

экспериментальных исследований; учебно-методическое обеспечение (УМО) и проведены экспериментальные исследования на ФАТ и ПМТ энергоблока ВВЭР-1000 с последующим теоретическим анализом аварийных различных режимов работы с исходными событиями в первом контуре.

Проведены экспериментальные исследования следующих аварийных режимов работы энергоблока ВВЭР-1000 с исходным событием в первом контуре:

1. Разрыв «холодного» трубопровода циркуляционной петли (МПА);
2. Разрыв «горячего» трубопровода циркуляционной петли;
3. Разрыв присоединительного трубопровода компенсатора давления;
4. Разрыв «холодного» коллектора ПГ;
5. Отключение ГЦН.

Библиографический список

1. Щебнев В.С, Булавкин Г.В. и др. Разработка компьютерных тренажерных систем по эксплуатации оборудования блока АЭС. Комплексные инновационные проекты (работы) по развитию структурных подразделений ИГЭУ в 2009г.:Сб. отчетов ИГЭУ – Иваново. 2010 г.
2. Иванов В.А. Эксплуатация АЭС. Атомэнергоиздат, С.-П., 1994 г.

Н.О. Разуваев, Н.С. Железов, студ.;
рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 С ИСХОДНЫМИ СОБЫТИЯМИ ВО ВТОРОМ КОНТУРЕ

Работа выполнена в рамках программы освоения и внедрения в учебный процесс Функционального аналитического тренажера (ФАТ) и полномасштабного тренажера (ПМТ) энергоблока ВВЭР-1000 НОЦ ИГЭУ. Она посвящена актуальной проблеме интенсификации и повышения мотивации обучения и придания ему практической направленности. Актуальность данной работы определяется тем, что уровень знаний по технологическим системам АЭС является определяющим фактором в обучении студентов, а так же в

дальнейшей профессиональной деятельности выпускников кафедры АЭС ИГЭУ, что убедительно подтверждено практикой.

Внедрение в учебный процесс компьютерных обучающих систем, в сочетании с практическими занятиями на ФАТ и ПМТ энергоблока ВВЭР-1000, позволяет обеспечить системный подход к организации образовательного процесса, т.е. поэтапный, логически последовательный процесс организации обучения, начиная с приобретения необходимых оперативному персоналу АЭС знаний, умений и навыков и заканчивая оценкой эффективности проведенного обучения [1].

Надежность, безопасность и эффективность работы АЭС во многом определяется квалификацией эксплуатационного персонала. Главная цель эксплуатационной подготовки и повышения квалификации специалистов – выработка у них умения быстро принимать решения в самых разнообразных ситуациях, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации ядерного энергоблока, включая аварийные [2].

Разумеется, при этом речи не может идти о преднамеренном создании аварийных ситуаций на действующем оборудовании АЭС. Основная роль в достижении поставленной цели принадлежит инновационным формам обучения, среди которых важную роль играет тренажерная подготовка.

Для реализации поставленной задачи разработаны лабораторный стенд на базе ПМТ и ФАТ энергоблока ВВЭР-1000, сценарий, методика проведения экспериментальных исследований, а также методика обработки данных, полученных в результате проведения экспериментальных исследований; учебно-методическое обеспечение (УМО) и проведены экспериментальные исследования на ФАТ и ПМТ энергоблока ВВЭР-1000 с последующим теоретическим анализом различных аварийных режимов работы с исходными событиями во втором контуре.

В данной работе проведены экспериментальные исследования следующих аварийных режимов работы энергоблока ВВЭР-1000 с исходным событием во втором контуре:

1. Разрыв коллектора питательной воды;
2. Отключение ПВД;
3. Течь из напорного коллектора КЭН-II;
4. Отказ маслосистемы ТПН;
5. Снижение давления на всасе ТПН 1-2;
6. Течь из трубопровода рециркуляции ТПН 1-2;
7. Течь из всасывающего коллектора КЭН второй ступени;

8. Отказ КЭН второй ступени;
9. Отказ КЭН первой ступени;
10. Отказ регулятора уровня в деаэраторе;
11. Отказ ПНД;
12. Отказ АПЭН;
13. Течь из патрубка аварийной питательной воды;
14. Потеря вакуума в конденсаторе основной турбины;
15. Ложное закрытие регулирующего клапана;
16. Отказ закрытия регулирующего клапана;
17. Отказ МС основной турбины.

Библиографический список.

1. Щебнев В.С, Булавкин Г.В. и др. Разработка компьютерных тренажерных систем по эксплуатации оборудования блока АЭС. Комплексные инновационные проекты (работы) по развитию структурных подразделений ИГЭУ в 2009г.:Сб. отчетов ИГЭУ – Иваново. 2010 г.
2. Иванов В.А. Эксплуатация АЭС. Атомэнергониздат, С.-П., 1994 г.

В.Д. Дровников, Р.Т. Усманов, студ.;
рук. М.А. Вольман, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

Качественная подготовка специалистов АЭС требует изучения ими систем и вспомогательного оборудования ядерных энергоустановок на уровне, обеспечивающем понимание происходящих в них физических процессов. Достижение этой цели возможно за счет создания виртуальных моделей технологических систем, последующей разработки и внедрения в учебный процесс методик их исследования.

Высокая степень безопасности энергоблоков АЭС с реакторами ВВЭР-1000 обеспечена принципом самозащищенности реакторной установки, наличием нескольких барьеров безопасности, многократным дублированием каналов безопасности, а также применением активных и пассивных систем безопасности. Системы безопасности представляют особый интерес в качестве объектов моделирования и дальнейшего исследования.

В работе применен инструмент компьютерного моделирования 3KeyMaster, представляющий собой многоцелевую среду для разработки, отладки, исполнения, тестирования, интеграции и конечной эксплуатации виртуальных моделей. Программный пакет 3KeyMaster™ разработан компанией Western Services Corporation [1]. Инструменты моделирования, лежащие в основе этого продукта, построены на принципах объектно-ориентированной технологии и открытой архитектуры. Они были оценены и одобрены ведущими инженеринговыми компаниями и уже внедрены в их инженерную практику

Разработанные виртуальные модели просты и наглядны, но, в то же время, содержат всю необходимую информацию о системах, достоверно повторяют их поведение. Возможно их внедрение как для обучения студентов и персонала АЭС, так и в задачах оптимизации работы системы и входящего в его состав технологического оборудования.

Библиографический список

1. Western Services Corporation, <http://www.ws-corp.com>.

*С.В. Ларионов, М.В. Поляк, Н.М. Попов, студ.,
рук.: В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИМУЛЯЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУПП ОР СУЗ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО- АНАЛИТИЧЕСКОМ ТРЕНАЖЕРЕ НА НОМИНАЛЬНОМ УРОВНЕ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА

Целью данной работы является симуляция определения интегральной и дифференциальной эффективности групп ОР СУЗ и мощностного коэффициента реактивности в реакторе на номинальном (энергетическом) уровне мощности на функционально-аналитическом тренажёре (ФАТ) в среде 3-KeyMaster.

Номинальный уровень мощности характеризуется наличием обратных связей реактора, из-за которых измерительная аппаратура

фиксирует изменение тех или иных параметров с учётом влияния этих связей [1]. Отравление реактора ксеноном-135 и самарием-149 отсутствует.

Тепловая мощность реактора поддерживается на уровне $N = 99,2\%$ $N_{\text{ном}} = 2760$ МВт. Вводимая в активную зону отрицательная реактивность за счет повышения концентрации борной кислоты, компенсируется извлечением группы ОР СУЗ для поддержания реактора в околоркритическом состоянии. Погружение группы производится периодическими шагами по (6 – 12) см. Изменение реактивности реактора определяется следующим уравнением:

$$\Delta \rho = \frac{\partial \rho}{\partial C} \Delta C + \frac{\partial \rho}{\partial H} \Delta H + \frac{\partial \rho}{\partial T_B} \Delta T_B + \frac{\partial \rho}{\partial T_U} \Delta T_U + \frac{\partial \rho}{\partial p} \Delta p; \quad (1)$$

$T_{\text{вх}} = \text{пост}; p_1 = \text{пост}.$

Отсюда следует, что реактивность в реакторе при возмущении стержнями 10-ой группы ОР СУЗ описывается следующей формулой [1]:

$$\Delta \rho(t) = \alpha_H \Delta H(t) + \alpha_N P(t), \quad (2)$$

$$\text{где } \alpha_H = \frac{\partial \rho}{\partial H}, \alpha_N = \frac{\partial \rho}{\partial N}, P(t) = \frac{e^{-\frac{t}{\tau_U}}}{\tau_U} \cdot \int_0^t \Delta N(t') \cdot e^{-\frac{t-t'}{\tau_U}} dt'$$

Из полученного уравнения видно, что коэффициенты $\frac{\partial \rho}{\partial H}$ и $\frac{\partial \rho}{\partial N}$ определяются изменением реактивности в переходном процессе. При проведении опыта необходимо замерять в зависимости от времени реактивность, тепловую мощность и положение кластеров 10-ой группы ОР СУЗ. Переход завершается новым стационарным состоянием ($\rho=0$). Для нахождения коэффициентов используется метод наименьших квадратов.

По полученным данным строится интегральная характеристика, которая аппроксимируется аналитической функцией вида

$$\rho(h) = \rho_{\text{max}} (1 - \exp(-\alpha h^2 - \beta h^3)),$$

α и β определяются по методу наименьших квадратов.

Для построения дифференциальной характеристики необходимо посчитать производную $\frac{\partial \rho}{\partial h}$.

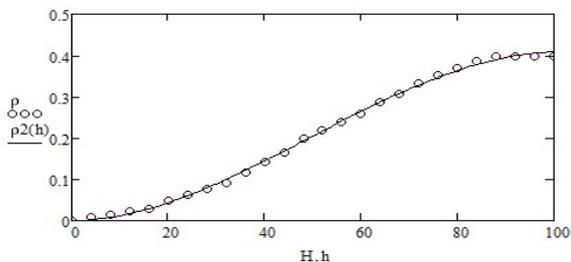


Рис. 1. Интегральная характеристика 10-й группы стержней

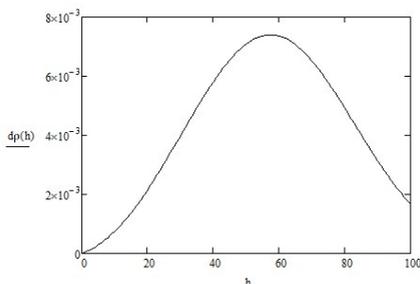


Рис. 2. Дифференциальная характеристика 10-й группы стержней

Библиографический список

1. Семенов В.К., Вольман М.А. Нейтронно-физические реакторные измерения: Лабораторный практикум / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина». – Иваново, 2015. – 88 с.

*Н.А. Черняев, П.Н.Окулова, студ.;
рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ РЕАКТИМЕТРА НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Реактивностью называется относительное изменение числа нейтронов, рожденных в течение одного поколения. Если в одном поколении родилось N_0 нейтронов, а в следующем - N_1 , то реактивность ρ есть относительное изменение количества нейтронов в этих двух поколениях:

$$\rho = \frac{N_1 - N_0}{N_1} = \frac{N_0 k_{эф} - N_0}{N_0 k_{эф}} = \frac{k_{эф} - 1}{k_{эф}}. \quad (1)$$

Реактивность является одним из важнейших параметров, характеризующих состояние реактора. Периодом реактора T (установившимся) называется время, в течение которого мощность реактора изменится в e раз. Период реактора связан с его реактивностью известной формулой Нордхейма:

$$\rho = \frac{\tau}{\tau + T} + \frac{T}{\tau + T} \sum \frac{\beta_i}{1 + \lambda_i T}. \quad (2)$$

Реактивность реактора можно определить по измеренному периоду реактора на основании уравнения Нордхейма, однако это можно сделать напрямую.

Задача измерения реактивности заключается в нахождении ее зависимости от мощности $n(t)$, так что по измеренной зависимости мощности от времени можно будет определить $\rho(t)$. Зависимость $n(t)$ непосредственно не измеряется. В процессе экспериментального определения нейтронно-физических характеристик измеряются токи ионизационных камер, расположенных за корпусом реактора. При этом ток ионизационных камер пропорционален потоку нейтронов, а стало быть, и $n(t)$.

Метод измерения реактивности базируется на модели кинетики реактора с сосредоточенными параметрами («точечный реактор») с учетом шести групп запаздывающих

нейтронов: $\frac{dn(t)}{dt} = \frac{\rho - \beta}{\tau} n(t) + \sum \lambda_i C_i(t)$,

$$\frac{dC_i(t)}{dt} = \frac{\beta_i}{\tau} n(t) - \sum \lambda_i C_i(t), \quad (3)$$

где ρ – реактивность, β – суммарная доля всех запаздывающих нейтронов $\beta = \sum \beta_i$, $i=1 \dots 6$ номер группы запаздывающих нейтронов, t – время, C_i – мощность, вносимая i -ой группой запаздывающих нейтронов.

Решая уравнения получим

$$\frac{\rho(t)}{\beta} = 1 + \frac{\tau}{\beta n} \frac{dn}{dt} - \frac{1}{n} \sum_1^6 T_i, \quad (4)$$

где $T_i = \frac{\beta_i}{\beta} e^{-\lambda_i t} \left[n(0) + \lambda_i \int_0^t n(t') e^{\lambda_i t'} dt' \right]. \quad (5)$

Учитывая, что время жизни одного поколения нейтронов τ мало, по сравнению с периодом реактора T , слагаемым $\frac{\tau}{\beta n} \frac{dn}{dt}$ можно

пренебречь. Беря в выражении интеграл по частям, реактивность можно представить в следующем виде:

$$\frac{\rho(t)}{\beta} = \frac{1}{N(t)\beta} \sum_{j=1}^6 \beta_j \int_0^t \frac{dN(t')}{dt'} \exp[\lambda_j(t' - t)] dt' \quad (6)$$

Это основное уравнение для определения реактивности реактора в процессе данной работы.

Таким образом, подавая на вход прибора сигнал от ионизационных камер, на выходе можно получить значение реактивности реактора. В качестве реактиметра можно использовать персональный компьютер. Подавая на вход персонального компьютера оцифрованный сигнал $n(t)$, можно в соответствии с приведенными выше формулами определить реактивность реактора.

Нами были проведены эксперименты на функционально-аналитическом тренажере, являющимся электронной моделью энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000. В работе реактиметра на данной модели реализована формула (6). В ходе экспериментов по исследованию работы реактиметра производилось воздействие на органы регулирования СУЗ (10-ю группу) для перевода реактора на новый уровень мощности, сняты зависимости от времени мощности $N=f(t)$ и реактивности $\rho=f(t)$.

Библиографический список

1. Семенов В.К. Вольман М.А. Нейтронно-физические реакторные измерения: Лабораторный практикум. Иваново: ИГЭУ. 2015 г.

СЕКЦИЯ 9

ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

*Председатель – к.т.н., доц. В.Ю. Пронин
Секретарь – магистрант И.А. Скворцов*

*А.С. Ракитин, асп.;
рук. Э.П. Волков, академик РАН, профессор, д.т.н.,
(«Энергетический институт
им. Г.М. Кржижановского», г. Москва)*

ВЫБОР РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБМОТОК ВТСП ТРАНСФОРМАТОРА

В ОАО «ЭНИН» разработан трехфазный ВТСП-2 трансформатор 1МВА 10/0.4 кВ [1]. Задача исследования – для ВТСП обмотки [1] определить рабочую температуру криожидкости ($T_{ж}$) системы криообеспечения (СК) с целью минимизации потерь. Обзор современных СК и криорефрижераторов (КР) для ВТСП электрооборудования дан в [2]. В СК замкнутого типа переохлажденный жидкий азот циркулирует между криостатом и теплообменником, где при помощи КР от криожидкости отводится теплота. КР характеризует удельный расход энергии (УРЭ - отношение потребляемой энергии к холодопроизводительности), который зависит от температуры и мощности КР. Для анализа реальных машин были выбраны КР фирм Cryomech (по циклу Гиффорда-МакМагона), StirlingCryogenics (по циклу Стирлинга), AirLiquid (по циклу турбо-Брайтона). Выбор $T_{ж}$ с целью минимизации потерь впервые предложен в [3], где, однако, принимается условие $I=I_{ном}$, и результаты устарели. Теплоприток в СК $Q_{сум}$ составляют потери в обмотках $Q_{обм}(I, T_{ж})$, в токовводах $Q_{ТВ}(I, T_{ж})$, теплоприток через криостат $Q_{кт}(T_{ж})$, определяемые по формулам (1), (2), (3).

$$Q_{обм} = Q_{ном} \left(\frac{I_{кр}(T_{ж})}{I_{кр}(T_{ж} = 78K)} \right)^2 \left(\frac{I/I_{кр}(T_{ж})}{I_{ном}/I_{кр}(T_{ж} = 78K)} \right)^m \quad (1)$$

$$Q_{ТВ} = 0.5I_{ном} \sqrt{\alpha_{ВФЛ} (T_{окр}^2 - T_{ж}^2)} (1 + \beta^2) \quad (2)$$

$$Q_{KT} = Q_{оп} \left(\xi_{\lambda} \frac{(T_{окр} - T_{оп})}{(T_{окр} - T_{ж})} + \xi_{\varepsilon} \frac{(T_{окр}^4 - T_{оп}^4)}{(T_{окр}^4 - T_{ж}^4)} \right) \quad (3)$$

Здесь: I — сила тока в обмотке, $I_{кр}(T)$ — величина критического тока в обмотке, $I_{ном}$ — номинальная I , $T_{окр}$ — температура окружающей среды, $\alpha_{ВФЛ}$ — коэффициент Виндемана-Франца, $\beta = (I/I_{ном})$, $m=3.35$ [4]. $Q_{ном}$ — тепловыделение в обмотках при $T_{ж}=78K$. $Q_{оп}=50Wt$ [4] — теплоприток в криостат при $T_{ж}=T_{оп}=78K$, ξ_{λ} и ξ_{ε} — доли тепла от теплопроводности и излучения. Подсчет ведется для 4 токововодов низшего и 4 высшего напряжения, или теплоприток через токововоды исключается (соединение с ВТСП кабелем «по холоду»).

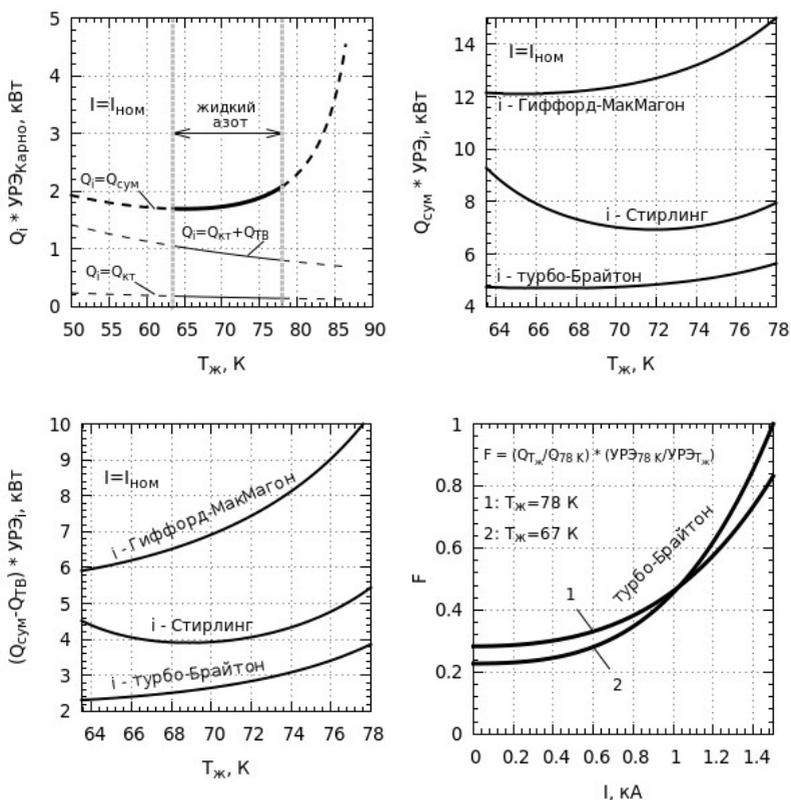


Рис. 1. Результаты анализа СК по формулам (1), (2) и (3)

Проведенный анализ показал, каким образом выбор КР при различных параметрах ВТСП трансформатора влияет на выбор $T_{ж}$. Показано, что при выборе $T_{ж}$ необходимо учитывать $I_{среднее}$.

Библиографический список

1. **Волков Э.П. и др.** Первый в России ВТСП трансформатор 1МВА, 10/0,4 кВ. Известия РАН. Энергетика. – 2016. – №3. – с 45-56.
2. **Иновационные технологии в энергетике.** Книга 3. Прикладная высокотемпературная сверхпроводимость. под ред. академика РАН В.В. Костюка и академика РАН Б.И. Каторгина, – М.: Наука, – 2016.
3. **Yeon Suk Choi,** Cryogenic cooling system by natural convection of subcooled liquid nitrogen for HTS transformers: Dissertation. Florida University. – USA. – 2004.
4. **Neil. D. Glasson, at al.,** Verification testing for a 1 MVA 3-phase demonstration transformer using 2G-HTS Roebel Cable. Trans. Appl. Supercond. – vol. 23. – no. 3 – June 2013.

*Н.П.Яковлева, магистрант; рук. С.В. Лукин, д.т.н, проф.
(ВоГУ, Вологда)*

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ЛИНИИ «ИЗЛОЖНИЦА – НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ»

Стальные слитки и заготовки, выходящие из разливочного агрегата (МНЛЗ, изложница) имеют высокую среднемассовую температуру (порядка 1000 °С) и содержат значительное количество физической теплоты, которая теряется полностью или частично на складе, при транспортировке и т.д., и в нагревательные печи прокатного производства заготовки часто поступают в холодном состоянии. [1]

Разработана модель, позволяющая последовательно рассчитывать затвердевание слитка в изложнице, охлаждения на воздухе и в термостате, нагрева в печи, и оценки степени нагрева слитка для заданных параметров.

На примере цилиндрического слитка Р-4,5 постоянного диаметра 582 мм, длиной 2000 мм, массой 4,5 т, для стали марки 08Х18Н10Т рассмотрим результаты расчета для исходного варианта, соответствующего технологической инструкции, при длительностях нахождения в изложнице $\tau_1 = 180$ мин, на воздухе после изложницы – $\tau_2 = 5$ мин, в термостате – $\tau_3 = 30$ мин, на воздухе после термостата – $\tau_4 = 5$ мин; в печи – $\tau_5 = 180$ мин.

На рис. 1 показано изменение температуры на поверхности $T_{пов}$ (кривая 2) и на оси $T_{оси}$ (кривая 3) слитка Р-4,5 в его среднем сечении

от времени τ , начиная с момента заливки жидкой стали в изложницу, до момента извлечения из печи, в исходном варианте. Линия 1 – температура в печи (1200 °С).

Как следует из рис. 1, через 150 мин после загрузки слитка в печь максимальная разность температур на оси слитка и в печи составляет $\Delta t_{\max} = 40$ °С; через 180 мин $\Delta t_{\max} = 25$ °С. Нагрев слитка, соответствующий, например, $\Delta t_{\max} = 30$ °С, может быть достигнут за 170 мин пребывания слитка в печи.

На рис. 2 для слитка Р-4,5 показано изменение температуры на поверхности и на оси слитка в оптимальном варианте. В данном случае продолжительность нахождения слитка в изложнице составляет $\tau_{\text{лопт}} = 85$ мин при $\tau_2 = 5$ мин; $\tau_3 = 30$ мин; $\tau_4 = 5$ мин. Как следует из рис. 2, через 60 мин после загрузки слитка в печи по всей его длине достигается степень нагрева $\Delta t_{\max} = 30$ °С.

Таким образом, при оптимизации процесса за счет сокращения интервала времени с момента разливки до загрузки в печь с 220 мин до 125 мин, время нагрева слитка Р-4,5 в печи, необходимое для степени нагрева $\Delta T_{\max} = 30$ °С, сократилось с 175 мин до 60 мин, т.е. почти в три раза. Соответственно, в три раза повышается производительность печи, резко снижается удельный расход топлива, и уменьшаются потери от окисления металла в печи.

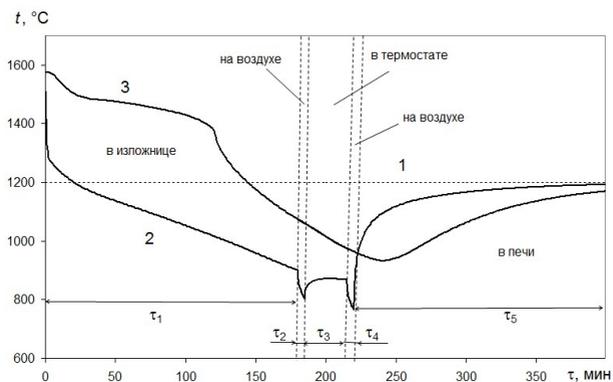


Рис. 1. Изменение температуры слитка в исходном варианте:

1 – температура в печи; 2 – температура поверхности; 3 – температура на оси слитка.

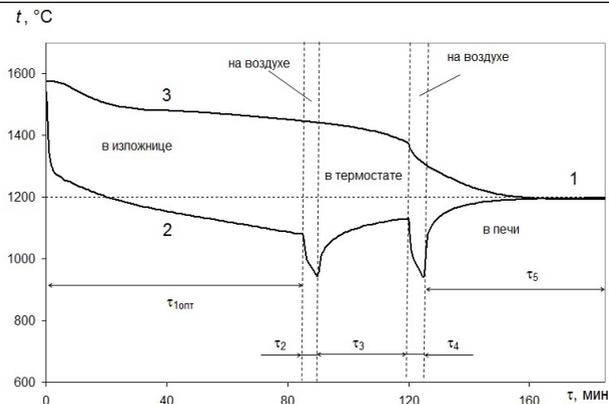


Рис. 2. Изменение температуры слитка в оптимальном варианте:
1 – температура в печи; 2 – температура поверхности; 3 – температура на оси.

Библиографический список

1. Китаев Е.М. Затвердевание стальных слитков – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.

*М.А. Акимова, А.Е. Потехин, студ.;
рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СЛОЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Тепловые процессы термической обработки металла состоят из последовательных циклов, включающих нагрев металла до заданной температуры, выдержку при постоянной температуре печи, охлаждение с различными скоростями до заданной температуры.

При термообработке мелких изделий, загружаемых в печь, образованная ими садка получила название насыпной садки. Насыпная садка, как правило, образуется большим количеством изделий разных типоразмеров. Поскольку в литературе отсутствуют какие-либо данные, описывающие процесс охлаждения, важное место в изучении данного вопроса отводится экспериментальным исследованиям.

Целью работы является исследование процесса охлаждения насыпных садов в лабораторных условиях.

В ходе лабораторного эксперимента, в рабочее пространство предварительно разогретой камерной электрической печи СНОЛ 36/14 помещалась насыпная садка в металлическом контейнере. Контейнер представлял собой открытый сверху прямоугольный параллелепипед с размерами 0,1x0,1x0,25 м. В процессе нагрева фиксировались температуры в 4-х характерных точках садки, а также температура печи при помощи термопар типа ТХА. Сигнал с термопар поступал на аналоговый модуль МВА-4 и далее обрабатывался на компьютере. Суммарная погрешность измерения температуры, определенная по ГОСТ Р.8.585–2001, составила $\pm 7,87^{\circ}\text{C}$. Охлаждение выполнялось двумя способами: охлаждение садки на открытом воздухе, охлаждение садки в воде.

Температурные поля исследуемых садов также замерялись при помощи термопар ТХА и записывались в файл на ПК.

Выводы:

1. Определены температурные поля насыпных садов в процессе охлаждения в воде и на открытом воздухе;
2. Полученные экспериментальные данные позволят выполнить математическое моделирование процессов охлаждения насыпных садов с целью поиска рациональных режимов.

*В.А. Артемьева, Ю.М. Латыпова студ.;
рук. Р.Н. Габитов, ст.преподаватель
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПИРОЛИЗА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Твердые бытовые отходы в Российской Федерации, представляют собой грубую механическую смесь самых разнообразных материалов и гниющих продуктов, отличающихся по физическим, химическим и механическим свойствам и размерам. По качественному составу ТБО подразделяются на: бумагу (картон); пищевые отходы; дерево; металл черный; металл цветной; текстиль; кости; стекло; кожу и резину; камни; полимерные материалы. Высокое содержание органической составляющей позволяет использовать ТБО в качестве топлива для установок термической переработки.

Оценка возможности переработки твердых бытовых отходов дает широкие перспективы их энергетического использования, однако существует множество факторов оказывающих определенное влияние на эффективность использования ТБО.

В связи с этим исследование процесса окислительного пиролиза позволяет определить наиболее оптимальные условия этого процесса, чтобы получить наибольший выход теплоты. Изучение влияния различных факторов на эффективность сжигания органического топлива является весьма актуальной задачей. Для ее решения используют методы термического анализа[1,2].

Нами было произведено исследование процесса низкотемпературного окислительного пиролиза нескольких образцов ТБО, содержащих бумагу, ткань, пленку и картофель при различном содержании кислорода с предварительной сушкой образцов с помощью синхронного термического анализатора NETZSCH STA 449 F3 Jupiter, с последующим детальным анализом выделяющихся летучих продуктов с помощью QMC 403 с газовой кюветой.

Термоанализатор STA 449 F3 Jupiter работает под управлением программного пакета Proteus, с помощью которого проводились все необходимые измерения и обработка полученных результатов. Результатом термической обработки образцов являлись ТГ, ДТГ и ДСК кривые, строящиеся в автоматическом режиме, и обрабатываемые с помощью программного пакета Proteus, поставляемого совместно с установкой. На рисунке 1 приведены экспериментальные кривые ДСК, ТГ и ДТГ для бумаги в процессе окислительного пиролиза.

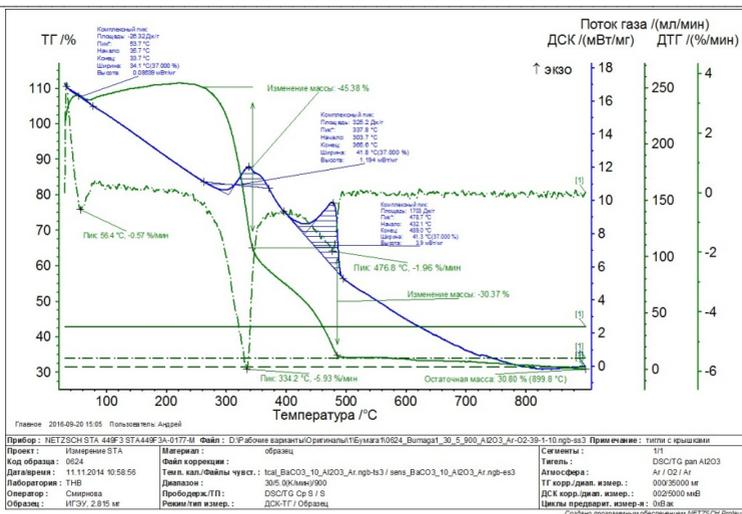


Рис.1. Кривые ДСК, ТГ и ДТГ для бумаги при содержании O₂=1% в атмосфере по температуре.

Изменение массы образцов в процессе нагрева можно разбить на несколько характерных областей. Первая область, соответствующая интервалу температур от комнатной до 200°C, характеризуется незначительным изменением массы образцов (от 0,5 до 8 %), связанным с выходом физической воды с поверхности и из пористой структуры материала. При дальнейшем повышении температуры с 220°C происходит достаточно быстрое уменьшение массы, обусловленное интенсивным выходом летучих компонентов газа. При достижении температуры порядка 400 °C процесс термической деструкции замедляется. По достижении 600 °C процесс пиролиза ТБО прекращается.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований определены значения теплоты пиролиза ТБО при содержании кислорода 1% и 10% .
2. Определены диапазоны оптимальных температур с максимальным выделением пиролизных газов.

Библиографический список

1. У. Уэндландт. Термические методы анализа. М.: Мир, 1978.
2. Barneto A.G., Carmona J.A., Alfonso J.M. and Ferrer J.C. Use of thermogravimetry/mass spectrometry analysis to explain the origin of volatiles produced during biomass pyrolysis // Ind. Eng. Chem. – 2009. – Vol. 48. – P. 7430-7436.

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

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СЛОЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Одним из способов уничтожения твёрдых бытовых отходов является их термическая переработка процессами пиролиза и газификации.

Перспективными на наш взгляд являются способ [2] и установка [3] термической переработки ТБО непосредственно на полигоне, когда блок-модульная колпаковая печь устанавливается на поверхность слоя бытовых отходов.

Одной из схем термического разложения ТБО может служить схема, в которой лучистая тепловая энергия, падающая на поверхность органической массы с температурой t_n будет исходить от излучающей поверхности, имеющей температуру t_n .

Процесс уменьшения размера органической массы, в следствие пиролиза и газификации, аналогичен процессу плавления полуограниченного тела в квазистационарном режиме [1], при котором скорость убывания тела будет постоянной, то есть наступает динамическое равновесие, при котором излучающая поверхность вместе с колпаком и поглощающая поверхности будут перемещаться вниз с постоянной скоростью.

При этом температурная кривая в виде экспоненты не видоизменяется, а будет перемещаться с той же постоянной скоростью вглубь органической массы.

Нами получено выражение для определения температурного поля $t(x)$ в слое органической массы в квазистационарном режиме термической переработки органической массы в том числе и ТБО, по которому, в процессе проектирования термических реакторов, определяются величины зоны подсушки и пиролиза.

По температурному полю определяется тепловой поток, поступающий на нагрев слоя органической массы, по которому определяется тепловая мощность излучателя.

Библиографический список

1. **Исследование процессов** нагрева и сушки слоя органосодержащих отходов в термическом реакторе/ О.В. Самышина, Р.Н. Габитов, О.Б. Колибаба, О.И. Горинов // Вестник ИГЭУ: Журнал. – Иваново: ООО "ПресСто". – 2014. – №6. – С.17 – 21.
2. **Патент №2525558** Способ порционной термической переработки несортированных твердых бытовых отходов на полигоне.
3. **Патент №2536896** "Переносная установка для термической переработки твердых бытовых отходов на полигоне".

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

ТЕРМООБРАБОТКА АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ АК-215 В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Акриловая дисперсия АК-215 – это водный раствор полимера акрилового ряда и представляет коллоидное капиллярнопористое тело. Влаги в нём связана абсорбционными, адсорбционными и капиллярными силами. В процессе удаления влаги происходит изменение объёма латексной пленки, т.е. наблюдается полное слияние глобул, содержащих осмотическую влагу. Поэтому, процесс сушки необходимо проводить в два этапа: сначала подводить теплоту кондуктивно-конвективным способом, а затем проводить облучение инфракрасными лучами за счет увеличения плотности теплового потока с длиной волны, соответствующей максимальному спектру поглощения клеевого состава.

Проведённые лабораторные исследования по сушке клеевого состава показали, что до критического влагосодержания 33,82% время пребывания продукта в кондуктивно-конвективной зоне составляет 15,4 сек. В радиационной зоне до достижения влажности 1% время пребывания составляет 91 сек. При этом, теплоотдающая поверхность в кондуктивной зоне имеет температуру 105 °С. Повышение температуры теплоотдающей поверхности приводит к вспучиванию клеевого состава. В радиационной зоне сушки температура темных излучателей должна составлять 400°С, высота их расположения над слоем латекса составляет 100-150 мм.

Для аналитического расчёта времени удаления капиллярной и адсорбционной влаги проведены специальные опыты по определению зависимости коэффициента массопроводности от влагосодержания клеевого состава с помощью кривой кинетики сушки. Выявлено, что коэффициент массопроводности изменяется в пределах $0,27 \times 10^{-1}$ м/с. С помощью задачи нестационарной массопроводности тел неограниченных размеров произведён расчет времени пребывания материала в каждой зоне термообработки. Результаты расчета показали полное совпадение с экспериментально полученными данными.

Габаритные размеры сушильной установки определены с помощью балансовых соотношений с учетом экспериментальных и расчетных данных.

Рассчитаны также необходимые мощности используемых темных излучателей и их количества.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОКРОЙ ОЧИСТКИ ДОМЕННОГО ГАЗА

В настоящее время повышению эффективности работы энергетического оборудования уделяется большое внимание. На металлургических предприятиях очистка газа после доменных печей связана со значительными затратами ресурсов, особенно оборотной воды. Поэтому снижение расхода воды на газоочистку является актуальной задачей. Вместе с тем, экономия воды не должна приводить к ухудшению качества очистки доменного газа.

В данной научной работе была построена математическая модель, скруббера. В верхней части скруббера размещено три пояса орошения с числом форсунок 36, создающих равномерный поток мелко диспергированных капель, движущихся под действием силы тяжести вниз. Расстояние между тремя ярусами эвольвентных форсунок 4,2 м, расстояние от зеркала воды до нижнего яруса – 16,8 м. В верхнем ярусе факелы форсунок направлены вниз, а в среднем и нижнем – вверх. Диаметр отверстия эвольвентной форсунки составляет 62,5 мм.

Скорость газового потока и дисперсность распыла воды являются наиболее важными факторами эффективности работы. Скорость газового потока зависит от расхода газа, и для рассматриваемого случая определяется режимом работы доменной печи. Дисперсность распыла является управляемой величиной и зависит от режима работы (расхода и давления воды).

Так же для оптимизации газовой очистки необходимо детально изучить протекающие в скруббере процессы тепло- и массообмена, сопоставить с теоретическими изысканиями и на основе полученных результатов предложить возможные пути модернизации для повышения эффективности работы скруббера.

Для этих целей лучше всего подходит программный комплекс Fluent, который предназначен для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики.

При решении поставленной задачи были приняты следующие допущения:

- решается стационарная задача;
- вода внизу скруббера рассматривается как неподвижная, несжимаемая жидкость;

- газ рассматривается как идеальный сжимаемый газ;
- влияние стенок скруббера на движение газа не учитывается.

Трехмерные геометрические модели исследуемых объектов в масштабе 1:1 были подготовлены в системе автоматизированного проектирования Solid Works и затем экспортированы в среду ANSYS Workbench. В модуле Design Modeler для модели скруббера была подготовлена геометрия области течения газа.

Построение расчетной сетки производилось в модуле Meshing. Дальнейшие расчеты велись в ANSYS FLUENT на расчётной сетке количеством 4,7 млн. элементов.

Для каждой форсунки задавались следующие характеристики:

- положение (координаты x, y, и z);
- компоненту направляющего вектора (для нижнего и среднего яруса направление сонаправленно с осью OY, а для верхнего противоположно);
- температура воды 300 К;
- массовый расход воды на каждую форсунку составляет 15,4 кг/с;
- угол распыла форсунки 30°;
- давление 506625 Па.

Построена математическая модель для исследования движения газа в скруббере. Рассматривается движения доменного газа с расходом 400000 м³/ч и избыточным давлением 2 атм. По результатам работы получены данные о распределении давлений и скоростей в сечении скруббера (рис. 1).

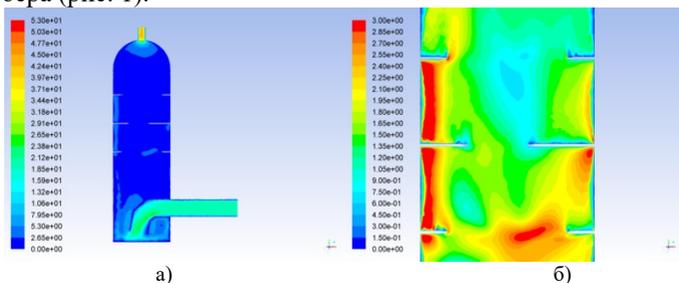


Рис. 1. Распределение по сечению скруббера
а) давления потока газа; б) скорости потока газа

Полученная математическая модель позволяет получать адекватные данные о процессах, происходящих в скруббере, находить оптимальный режим работы, рассматривать работу скруббера при различном сочетании работающих форсунок. Предложенный способ расчёта можно использовать на начальном этапе проектирования.

*Н.М. Забавин., А.В. Панкратова, студ.;
рук. О.Ю. Назорная, ст. преп. (ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ АГЕНТОВ (ФРЕОНОВ) ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В настоящее время автономное отопление зданий осуществляется в основном за счет использования природного газа, угля или электроэнергии. Децентрализация теплоснабжения позволяет осуществить гибкое регулирование температурного режима и применить энерго-сберегающие технологии путем использования для отопления и горячего водоснабжения тепловых насосов. Тепловой насос и система отопления водяной теплый пол как будто специально созданы друг для друга. Технические особенности теплового насоса таковы, что температура, подаваемая в систему отопления, обычно не больше 55 °С, а температура «обратной» воды должна быть не больше 50 °С. При установке теплового насоса в системе отопления водяной тёплый пол энергия будет не только экономно производиться, но и экономно распределяться. Тепловой насос позволяет сэкономить до 80% энергоресурсов, по сравнению с использованием традиционных источников тепла, а тёплый пол экономит 10–15% энергии по сравнению с радиаторными системами отопления. [1]

Целью данной работы является выбор наиболее энергоэффективно-го вида фреона, используемого в тепловых насосах (рис. 1) для отопления и горячего водоснабжения.

Известно, что для работы парокомпрессионного теплового насоса с замкнутым циклом сжатия и обеспечения его эффективной и экономически выгодной работы требуется рабочий агент (фреон). Рабочие агенты обеспечивают стабильную работу и высокую эффективность теплового насоса с конкретными параметрами.

Преобразование низкотемпературного тепла охлаждаемого тела в высокотемпературное тепло, пригодное для отопления и горячего водоснабжения, зависит от температуры охлаждаемого тела и от типа фреона. Использование грунта в качестве охлаждаемого тела, так как он имеет практически постоянную в течение всего года температуру +5÷+15⁰С, позволяет достичь самую высокую теплоотдачу при системе отопления «теплый пол» [2].

Для примера приведем расчет коэффициента трансформации теплоты (μ) и эксергетического КПД теплового насоса (η_e) с целью получения экономически выгодного значения показателей при работе на фреонах из трех групп по озоноопасности: хлорфторуглероды (R12), гидрохлорфторуглероды (R22), гидрофторуглероды (R134a, R410a,

R152a). Для этого для каждого рассматриваемого фреона строится на диаграмме p-h реальный рабочий цикл теплового насоса и определяются параметры в характерных точках, а затем показатели работы теплового насоса (табл.) [2].

Таблица – Параметры в характерных точках процесса при различной температуре подачи тепла грунта на испаритель и показатели работы теплового насоса

Вид фреона	$t_{in}, ^\circ\text{C}$	Параметры в характерных точках процесса					Показатели работы теплового насоса	
		$h_1,$ кДж/кг	$h_2,$ кДж/кг	$h_3,$ кДж/кг	$h_4,$ кДж/кг	$h_5,$ кДж/кг	μ	η_e
R22	5	404,5	443,87	255	243	243	4,3171	0,4827
	10	407	440,75	255	243	243	4,9533	0,4748
	15	409	437,75	255	243	243	5,7209	0,4569
R134a	5	397	434,5	263	247	247	4,116	0,4603
	10	400	433,75	263	247	247	4,5533	0,4364
	15	402	432	263	247	247	5,07	0,4049
R410a	5	424	469	280	260	260	3,78	0,4227
	10	426	464,75	280	260	260	4,291	0,4113
	15	429	460,25	280	260	260	5,1912	0,4146
R12	5	351	379,75	243	234	234	4,2809	0,4787
	10	353	378	243	234	234	4,86	0,4658
	15	355	376,25	243	234	234	5,6435	0,4508
R152a	5	505	567,5	275	256	256	4,212	0,471
	10	509	560,25	275	256	256	5,0093	0,4801
	15	512,5	555,62	275	256	256	5,8565	0,4678

Для наглядности изобразим графики на основании табл. (рис. 2).

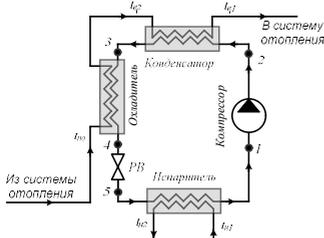


Рис. 1. Схема теплового насоса

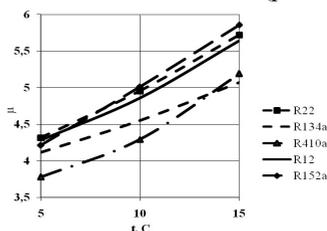


Рис. 2. Коэффициент трансформации теплоты для различных фреонов

На основании рис. 2 можно сделать вывод, что фреон R152a является наиболее энергоэффективным, озонобезопасным и работа теплового насоса на его основе обладает наиболее высоким КПД.

Библиографический список

1. Крылов Э. Г. Об экономической эффективности использования теплового насоса для автономного отопления // Вестник ИжГТУ. 2008. № 3. С. 22-25.
2. Трубаев П.А. Тепловые насосы: Учеб.пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.

В.Г. Зернова, Ю.М. Латыпова студ.;
рук. О.Б. Колибаба, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)

ПИРОЛИЗНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Термическую переработку твердых бытовых отходов осуществляют чаще всего в специальных печах шахтного типа - термических реакторах[1], в которых слой ТБО последовательно проходит процессы сушки и пиролиза с последующей газификацией твердого углеродистого остатка.

В работе предложена конструкция реактора и выполнен тепловой его расчет. Установка термического разложения твердых органических отходов (рис.1) 1 содержит накопительную камеру с зоной сушки 2 печи-реактора, камеру пиролиза 14 с зоной отбора пиролизного газа и отверстиями для вывода пиролизного газа, водяных паров и легких летучих соединений с козырьками 12 (узел отбора) и патрубком 4, конденсатосборником 6, камеру сжигания 7 с горелками 8, топочной дверкой 9 для загрузки твердого топлива, коллектор воздуха 10, регулировочную арматуру 11, дымовую трубу 13, патрубок для отвода газа 3, насос 5, патрубок для подвода воздуха 15, приемный контейнер 16.

В ходе работы был произведен расчет теплового баланса зоны сушки и теплового баланса установки. Были определены затраты теплоты и максимальная начальная влажность продукта, при которой установка работает сама на себя. Рассчитана производительность реактора по скорости пиролиза и минимальная необходимая высота зоны сушки. Проведен расчет горения топлива в двух вариантах для разных составов газа и температур в зависимости от выхода газов в процессе пиролиза и получены две разные калорийности газа.

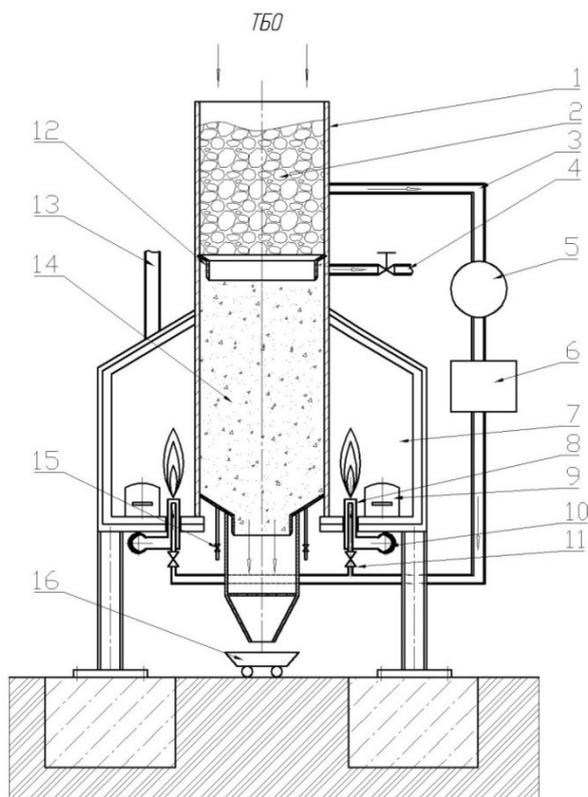


Рис.1. Установка для переработки ТБО.

В результате расчета теплового баланса определены приходные и расходные статьи, количество газа, которое можно отдать потребителю в зависимости от начальной влажности сырья. Количество газа, которое можно отдать потребителю изменяется от 0 до 150(кг/час) в диапазоне влажности от 0 до 25%. Построены графики зависимости КПД от влажности ТБО и от расхода газа.

Библиографический список

1. Горинов О.И., Колибаба О.Б., Самышина О.В., Горбунов В.А. О влиянии влажности твердых бытовых отходов, содержащих древесину, на температурный режим термической переработки. // Известия ВУЗов. Лесной журнал, 2012 г., №3, с.35 – 36.

*Р.М. Исмаилов, студ.;
рук. О.И. Горинов, к.т.н., проф.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

РАСЧЕТ ВЫХОДА И СОСТАВА ГАЗА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Термическая переработка органосодержащих веществ осуществляется процессами пиролиза, продуктами которого являются пиролизный газ и твердый углеродистый остаток (ТУО), и газификацией углерода ТУО, продуктом которого является газификационный газ.

Процессы пиролиза и газификации могут осуществляться последовательно или параллельно. В результате термического разложения органического вещества образуется термогаз, состоящий из пиролизного и газификационного газа.

Нами разработана методика расчета состава и выхода пиролизного и газификационного газа. Считается что газификация углерода ТУО осуществляется газифицирующими агентами, в качестве которых выступают водяные пары полученные от начальной влаги органического вещества и двуокись углерода, полученная в процессе пиролиза.

Процесс пиролиза органических веществ на температурном интервале 170 – 650 0С идет то с поглощением, то с выделением тепловой энергии [1]. Суммарный тепловой эффект от эндотермических и экзотермических реакций является эффективной теплотой пиролиза, а сумма тепловых эффектов от процессов пиролиза и газификации является эффективной теплотой термических процессов разложения органических веществ и отходов.

Расчет выхода и состава термогаза необходим для определения его теплотворной способности и эффективной теплоты, необходимые в дальнейшем для определения конструктивных параметров и производительности терморектора. Замечено, что процесс газификации углерода ТУО, как показывают расчеты, идет полностью с используемыми газифицирующими агентами без остатка при начальной влажности твердых бытовых отходов $W=15,7\%$. При этом достигается максимальная теплотворная способность термогаза равная $Q = 17$ МДж/м³.

Библиографический список

1. **О.Б. Колибаба, О.И. Горинов, Р.Н. Габитов** Определение теплофизических свойств слоя твердых органических отходов для расчетов термических реакторов / О.Б. Колибаба, О.И. Горинов, Р.Н. Габитов // Промышленная энергетика: журнал.— Москва: ЗАО НТФ "Энергопрогресс".— 2015.— №4. — С.57 – 62.

*Н.А. Малинин, К.А. Пронин, студ.;
рук. А.И. Сокольский, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ БАРАБАННОЙ СУШИЛКИ

Барабанные сушилки широко применяются во многих отраслях промышленности при сушке, обжиге и грануляции самых разнообразных материалов благодаря своей надежности, простоте обслуживания и высокой производительности. Вряд ли найдется замена барабанных сушилок на более интенсивные современные сушильные аппараты в крупнотоннажных производствах, например: при обезвоживании угля, песка, глины, известняка и т.п.

В изменившихся экономических условиях многие крупные химические заводы распались на мелкие акционерные общества и товарищества. Выпуск продукции значительно сократился, а зачастую произошла смена ассортимента. В связи с этим, существующее оборудование необходимо перепрофилировать на выпуск совершенно новых продуктов, т.е. провести перерасчет барабанной сушилки. Для этого требуется новая методика расчета. Такая методика и была разработана нами, базирующаяся на известных, широко применяемых уравнениях, используемых при прямых расчетах барабанного оборудования[1,2].

Целью расчета процессов сушки различных материалов в барабанной сушилке являлось определение оптимальной производительности аппарата по исходному продукту при заданных температурных режимах.

В основу расчета было положено выражение :

$$V_{\delta} = 1,2 \cdot Q / (\alpha_{\nu} \cdot \Delta t_{cp}) \quad (1.1)$$

где: V_{δ} - объем существующего барабана, м³; Q - теплота, расходуемая на нагрев материала и испарение влаги, Вт; α_{ν} - коэффициент теплоотдачи, отнесенный к единице объема барабана, Вт/(м³·К); Δt_{cp} - среднелогарифмический температурный напор, °С.

Коэффициент теплоотдачи представляет собой сумму нескольких коэффициентов теплоотдачи:

$$\alpha_{\nu} = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \quad (1.2)$$

где: α_1 - коэффициент теплоотдачи от газа к частицам, падающим с различных частей насадки барабана в его нижнюю часть, Вт/(м³·К); α_2 - коэффициент теплоотдачи к поверхности материала, находящегося на лопастях насадки и в нижней части барабана, Вт/(м³·К); α_3 - коэф-

коэффициент теплоотдачи от оголенной, не занятой сушимым материалом поверхности барабана и насадки, омываемой сушильным агентом, к материалу при его последующем соприкосновении с этой нагретой поверхностью, Вт/(м³·К).

Необходимые постоянные величины, входящие в эти уравнения и характеризующие эффективность работы насадки, берутся из соответствующих литературных источников в зависимости от диаметра барабана и типа насадки. По литературным данным принимается максимально допустимая скорость газов в барабане в зависимости от диаметра и плотности обрабатываемого материала и рассчитываются коэффициенты теплоотдачи.

Обобщение многочисленных расчетных значений объемных коэффициентов теплоотдачи, позволило получить эмпирическое критериальное уравнение:

$$Nu = 2,8 \cdot Re^{0,82} \quad (1.3)$$

Из уравнения теплового баланса вычисляют производительность барабана по твердой фазе:

$$G_H = \frac{Q}{c_M \cdot (t_M^K - t_M^H) + \frac{w_H - w_K}{100 - w_K} \cdot r^*} \quad (1.4)$$

и расход теплоносителя:

$$G_2 = \frac{1,2 \cdot Q}{c_2 \cdot (t_H - t_K)} \quad (1.5)$$

где: G_H, G_2 – расход твердой и газовой фаз, кг/с; c_M, c_2 – теплоемкость материала и газа, Дж/(кг·К); w_H, w_K – относительная начальная и конечная влажность материала, %; r^* – удельная теплота парообразования, Дж/кг; t_M^H, t_M^K, t_H, t_K – начальная и конечная температура материала и теплоносителя, °С.

Библиографический список

1. Справочник. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. Книга 2 Под редакц. В.Н.Григорьева и В.М.Зорина.- М.: Энергоатомиздат, 1988.- 556с.
2. Промышленные теплообменные процессы и установки: Учебник для вузов/А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, О.Л. Данилов и др.; Под ред. А.М. Бакластова.- М.: Энергоатомиздат, 1986.-328с.

*Т.В. Муратова, студ.; рук. Р.Н. Габитов, ст.преподаватель
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Целью работы является создание математической модели теплообмена в процессе сушки слоя ТБО, ее реализация в программном комплексе ANSYS (рис.1) и проверка адекватности модели.

Слой ТБО представляет собой пористую структуру, которую предлагается заменить ее моделью – условным квазиоднородным изотропным пористым телом с усредненными величинами порозности, температуры, давления и т. д.

Температурное поле слоя ТБО описывается дифференциальным уравнением теплопроводности с эффективными теплофизическими свойствами и внутренним стоком теплоты в совокупности с уравнением граничных условий III рода. Начальная температура слоя ТБО равна температуре окружающей среды.

В качестве модели твердого «скелета» принята модель многокомпонентной смеси с вкраплениями [1]. Эффективный коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{эф}}$ рассчитывается по формуле Л.А. Бровкина[2].

Закон изменения внутреннего стока теплоты определяется на основе экспериментальных данных решением обратной задачи теплопроводности.

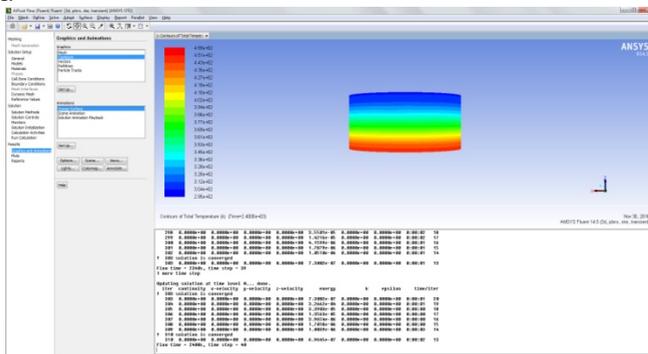


Рис. 1. Распределение температур по слою ТБО за все время нагрева.

Математическая модель теплообмена в процессе сушки слоя ТБО реализована в программном комплексе ANSYS [3,4]. Адекватность

модели проверена путем сопоставления результатов моделирования с точным аналитическим решением и экспериментальными данными.

Точное аналитическое решение задачи тепломассобмена, основанное на преобразованиях Лапласа, предложено С. В. Федосовым [5].

На рис.2 приведены температурные поля слоя ТБО, полученные экспериментально, на основе точного аналитического решения и математическим моделированием.

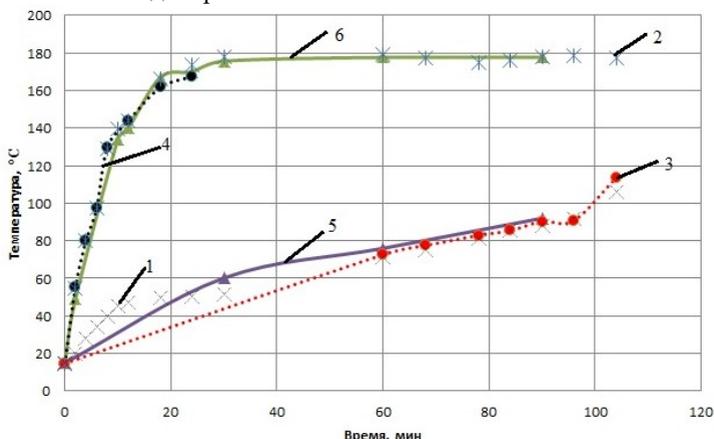


Рис. 2. Температурные поля слоя ТБО

1, 3, 5—температуры центра, полученные экспериментально, точным аналитическим решением и математическим моделированием соответственно; 2,4,6 - температуры поверхности, полученные экспериментально, точным аналитическим решением и математическим моделированием соответственно.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало, что погрешность не превышает 12%.

Библиографический список

1. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.
2. Бровкин Л.А. Температурные поля тело при нагреве и плавлении в промышленных печах. – Иваново: ИЭИ, 1973. – 364 с.
3. Бруйка В.А., Фокин В.Г., Кураева Я.В. Инженерный анализ в ANSYSWorkbench: учеб. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 149 с.
4. Басов К.А. Графический интерфейс комплекса ANSYS. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 248 с.
5. Федосов С. В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии: монография / С. В. Федосов.- Иваново : ИПК «ПресСто», 2010. – 364 с.

*И.Д. Петров студ.; рук. Д.А. Долинин, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ

Люди всегда нуждались и всегда будут нуждаться в тепле, а наличие горячей воды в кране, бесспорно, параметр уюта и комфорта в доме.

В основном, мы получаем тепло, используя электричество и органическое топливо, стоимость которых с каждым годом растёт, и вредные продукты распада в виде выбросов в атмосферу отрицательно сказываются на экологии планеты, а значит и на нашем здоровье.

Тепловой насос – это прибор использующий тепло земли или воды и направляющий его в систему отопления и горячего водоснабжения. Тепловой насос потребляет на 80% меньше электроэнергии, чем традиционные котлы, кроме этого использует возобновляемые источники энергии и полностью экологичен в работе, а так же взрыво и пожаробезопасен. Главным минусом считается дороговизна данного агрегата, так как технология внедрения тепловых насосов в России только начинается. Примерный срок окупаемости составляет около 10 лет.

Целью данной работы является выбор оптимальной схемы теплоснабжения и горячего водоснабжения корпуса Г ИГЭУ на базе теплового насоса.

Необходимо рассчитать потребности в отоплении и горячем водоснабжении корпуса Г. Выбрать тепловой насос, подходящий под рассчитанные параметры. Так же рассчитать экономическую составляющую, которая будет наглядным образом показывать актуальность и экономичность установки при долгосрочном использовании данного оборудования.

Источником низкопотенциальной теплоты выбран грунт, а в качестве хладагента – фреон R-410A, так как он обладает высокой удельной хладагентопроизводительностью, что позволяет использовать компрессор с меньшей объёмной производительностью.

Библиографический список

1. **Трубаев, П. А.** Тепловые насосы: Учеб. пособие/ П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
2. **Колибаба, Ольга Борисовна.** Отопление и вентиляция жилого здания: Методические указания к курсовой работе для студентов специальности 2903 / О.Б. Колибаба, Н.С. Казачек, В.А. Иванов; Ивановский государственный арх.-строит. Университет. – Иваново, 2006. – 52 с.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ДОМЕННОГО ГАЗА В ГУБТ НА ОСНОВЕ ANSYS CFX

В настоящее время на металлургических комбинатах и других промышленных предприятиях применяются газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (ГУБТ), работающие на колошниковом газе доменных печей. Выпуск таких машин позволяет металлургам не только получить дополнительную электроэнергию, но и значительно улучшить экологическую обстановку в крупных промышленных регионах.

Выделяют целый ряд схем использования избыточного давления доменного газа, причем каждая из этих схем может иметь свои модификации [1]. В пределах каждой модификации разными могут температуры газа перед турбиной, а также давления газа. Каждая из схем отличается своими преимуществами и недостатками. Одним из главных является вопрос эффективного использования физического тепла доменного газа. Так, например, главным преимуществом схем без подогрева газа является наличие водяных паров, за счёт которых увеличивается работа газа. Для определения оптимальных схем и их параметров необходим детальный и всесторонний анализ.

В рамках данной работы в программном комплексе ANSYS CFX была создана математическая модель работы турбины ГУБТ на влажном газе. Она даёт возможность провести исследование рабочих процессов в турбине, определить оптимальные параметры доменного газа на входе в турбину. Также, применяемая в модели турбины параметрическая форма пера лопаток позволяет, если это необходимо, выполнить газодинамическую оптимизацию лопаточного аппарата турбины. Параметрами являются лопаточные углы на входе и выходе, углы заострения на входе и выходе, углы установки.

Таким образом, созданная модель позволит оценить КПД существующей турбины и предложить направления по его повышению.

Библиографический список

1. **Сазанов Б.В.** Доменные газотурбинные установки. М: Металлургия, 1965. 262 с.
2. **Исследование** рабочего процесса в ступени осевой турбины с помощью универсального программного комплекса ANSYS CFX: метод. указания / сост. О.В. Батулин, Д.А. Колмакова, В.Н. Матвеев, Г.М. Попов, Л.С. Шаблий – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 100 с: ил.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ СЛОЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

ТБО представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава, включающую в себя: пищевые и растительные отходы, макулатуросодержащие и текстильные компоненты, пластмассы, кожу, резину, дерево, черные и цветные металлы, стекломой, камни, кости [1].

Содержание в ТБО до 60 – 70% органической (горючей) фракции создают предпосылки по переработке их энергоэффективными термическими методами. Термическая переработка ТБО осуществляется чаще всего в печах шахтного типа в режиме плотного фильтрующего слоя. Для оценки функционирования таких установок необходим детальный анализ процессов фильтрации слоя, гидравлических сопротивлений и т.п.

Предлагается на базе современных пакетов прикладных программ использовать фрактальный подход, который позволяет унифицировать внутреннюю геометрию слоя ТБО. В основу 3-D модели положена фрактальная структура – губка Менгера (рис.1).

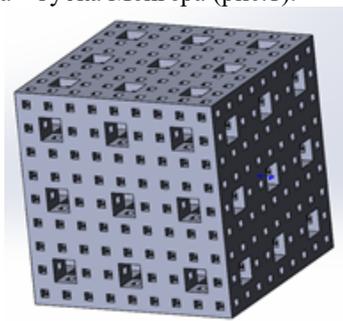


Рис. 1. Геометрическая модель слоя ТБО

Для определения коэффициента гидравлического сопротивления слоя ТБО в процессе его сушки было проведено экспериментальное исследование на лабораторном стенде ЭЛБ-С-1.

Измерение перепадов давления производилось при определенной высоте слоя и порозности твёрдых бытовых отходов в зависимости от скорости воздуха.

При моделировании реальный слой ТБО заменяется фрактальной геометрией, описанной выше.

Исследование модели проходит в программном комплексе Ansys. Для сокращения времени расчётов использовалась геометрия, представляющая собой $\frac{1}{4}$ полной 3D модели.

В результате вычислительных экспериментов были получены перепады давления при различных скоростях истечения воздуха.

Полученные расчетные и экспериментальные данные представлены на графиках (рис. 2). Сравнивая экспериментальную и расчетную зависимость, очевидно, что графики имеют похожую тенденцию роста.

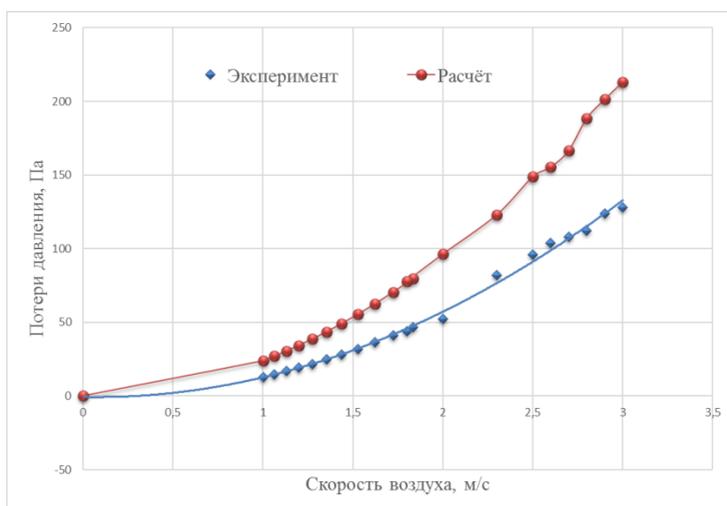


Рис. 2. Сравнение экспериментальной и расчетной зависимости перепада давления от скорости воздуха, проходящего через слой ТБО.

Сравнение экспериментальной и расчетной зависимости перепада давлений от скорости фильтрации воздуха дало отклонение не более 7 % при скорости воздуха до 1,5 м/с и около 20 % при скоростях от 1,5 до 3 м/с

Библиографический список

1. Термическая утилизация твердых бытовых отходов. Концепция НИИСтромкомпозит [Текст]. Красноярск: 2006. – 15с.
2. **Смирнов Б.М.** Физика фрактальных кластеров. – М.: Наука, 1991.

*А.А. Уткина, студ.; рук. Д.А. Долинин, доц.
(ИГЭУ Иваново)*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ТЕПЛО- СНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КОРПУСА «Г» ИГЭУ

Автономные системы теплоснабжения предназначены для отопления и горячего водоснабжения общественных и жилых зданий. Это шаг к экономичному обогреву, качественному и стабильному получению теплоснабжения. К автономной системе отопления и горячего водоснабжения относятся: источник теплоснабжения и сеть трубопроводов с нагревательными приборами и арматурой.

Преимущества автономных систем теплоснабжения заключаются в следующем: отсутствие дорогостоящих наружных тепловых сетей; возможность быстрой реализации монтажа и запуска в работу систем отопления и горячего водоснабжения; низкие первоначальные затраты; сокращение расхода топлива за счет местного регулирования отпуска тепла и отсутствие потерь в тепловых сетях.

Корпус «Г» представляет двухэтажное здание, которое предназначено для обучения студентов. Целью работы является сравнение различных систем теплоснабжения.

Задачи работы: расчёт потребностей в тепловой энергии для корпуса «Г»; сравнение различных вариантов: газовый котёл, солнечный коллектор и тепловой насос.

Газовый котёл-устройство для получения тепловой энергии в целях отопления помещений различного назначения, нагрева воды для хозяйственных и иных целей, путём сгорания газообразного топлива. Солнечный коллектор-устройство для сбора тепловой энергии солнца (гелиоустановка), переносимой видимым светом и ближним инфракрасным излучением. Тепловой насос-устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии к потребителю с более высокой температурой.

Для расчёта необходимо знать следующие данные: расчетную температуру наружного воздуха, регулирование – качественное по отопительному температурному графику и расчетную тепловую мощность на отопление.

Библиографический список

1. **Полонский, В.М.** Автономное теплоснабжение: учеб. пособие / В. М. Полонский, Г. И. Титов, А. В. Полонский. - Москва: Изд-во АСВ, 2006. - 150 с.

СЕКЦИЯ 10

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕХНОСФЕРЕ

Председатель – д.т.н., проф. А.К. Соколов
Секретарь – студ. А.Д. Марычева

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

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОРОДА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА ТВВ-320-2

Системнология представляет собой область научных сведений о целостном отображении изучаемого и исследуемого, т.е. познаваемого. Приёмы системнологии применяются для обнаружения техногенных опасностей. Техногенная опасность – это техногенное воздействие, т.е. детерминированное или стохастическое воздействие вещества или энергии технического устройства на работников, после критического уровня.

Техническое устройство, выбранное для исследования проблемы безопасности, – турбогенератор ТВВ-320-2 с водородным охлаждением обмотки ротора, стали ротора и статора и водяным охлаждением обмотки статора. Разновидностью энергии, обуславливающей стохастические техногенные воздействия с негативными последствиями, является энергия дефлаграции водорода.

Обнаружение техногенных опасностей, обусловленных использованием водорода, посредством системнологического метода заключается в следующем:

- изучение технологии производства трёхфазного тока на электрической станции;
- создание техногенной системы, отображающей турбогенератор ТВВ-320-2 с водородным охлаждением, и её декомпозиция;
- выявление водородосодержащих компонентов системы, которые могут стать источниками техногенных воздействий;

- отождествление, т.е. идентификация, водородосодержащих компонентов с процессами техногенных воздействий;
- выражение идентифицированных воздействий количественными показателями;
- вычисление значений показателей воздействий;
- сопоставление значений показателей с предельно допустимым и отнесение воздействий к опасным или неопасным.

Результаты исследования проблемы безопасного применения водорода для охлаждения турбогенератора ТВВ-320-2 представлены системнологическим описанием технологии производства электрической энергии и процессов техногенных воздействий, вычисленными значениями показателей идентифицированных воздействий и др.

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

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ТРУДА АТОМНОГО ОБЪЕКТА

Организация охраны труда на предприятии является одной из важнейших задач и обязанностей администрации всех предприятий. Администрация обязана обеспечивать надлежащее техническое оборудование всех рабочих мест и создавать на них условия работы, соответствующие правилам по охране труда.

Не смотря на то, что функционирование службы охраны труда на разных предприятиях схоже, работа данного отдела на атомных объектах и атомной станции, в частности, имеет свои особенности.

Для детального выявления особенностей функционирования службы охраны труда на АЭС необходимо провести сравнение с работой той же службы на «классическом» энергетическом предприятии.

Для сравнения были выбраны такие предприятия как «Ленинградская атомная электростанция» и «Теплоэлектроцентраль-2» города Иваново. В ходе исследовательской работы были выявлены основные особенности работы ООТ на Ленинградской АЭС:

Поступление на работу. Первой необходимостью, при поступлении на работу на АЭС (прохождении практики), является прохождение медицинской комиссии специальной формы с

разрешением работ с ионизирующим воздействием. По результатам выдаётся справка установленного образца, сроком на два года, по истечении которого требуется повторное медицинское обследование. Если данная справка не может быть получена, либо не получена в срок, допуск к работам не может быть осуществлен.

Пропускная система. Пропускной системой занимается служба безопасности. При поступлении на работу сотрудник получает личный идентификационный пропуск. Работник, получивший данный пропуск, не имеет права вывоза данного пропуска из города, в котором расположена АЭС. Так же сотрудник не имеет права проноса на территорию АЭС любых электронных носителей информации, телефонов, фотоаппаратов. Прохождение на территорию в ненадлежащем правилами виде так же запрещен. При любом нарушении правил пропускной системы на сотрудника составляется акт, и блокируется пропуск.

Нахождение в зоне контролируемого доступа. Прежде чем сотрудника допустить к работам в зону контролируемого доступа (ЗКД-это территория, здания и сооружения атомной станции (АС), где при нормальной эксплуатации возможно воздействие на персонал АС радиационных факторов), ему необходимо пройти медицинскую проверку на СИЧ (СИЧ-спектрометр излучения человека). При излучениях в допустимых пределах, работник получает разрешение на пребывание в данной зоне.

Контроль соблюдения правил охраны труда. Работники отдела охраны труда контролируют соблюдение всех правил и норм безопасной работы. Их главной задачей является выявление всех несоответствий и нарушения правил охраны труда. При выявлении нарушений, у нарушителя проверяется удостоверение и изымается талон. Так же при нарушении составляется акт, который отправляют на рассмотрение начальнику отдела охраны труда.

Учебно-технологический центр (УТЦ). Каждый сотрудник, работающий на АЭС, обязан сдавать экзамены по ОТ, РБ и ЭБ и другие. Для подготовки сотрудников на каждой станции существует учебно-технологический центр, в котором проводится обучение и по результатам компьютерная аттестация работников с дальнейшим допуском к экзамену с комиссией.

Компенсации и гарантии. Уровень социальных гарантий, льгот и компенсаций работникам ООО «Ленинградская АЭС» и членам их семей устанавливаются Трудовым кодексом Российской Федерации, Федеральным законом «О страховых пенсиях в Российской Федерации».

В итоге, в ходе сравнения были выявлены существенные отличия работы охраны труда на атомном объекте в сравнении с другими энергетическими объектами. Что объясняется высоким уровнем опасности работы на атомной станции. Как следствие уровень контроля безопасности выше.

Библиографический список

1. Положение об отделе охраны труда (инв. № ОТ-029-ПО-13 ПТО ЛАЭС)
2. Должностная инструкция инженера по охране труда, отдела охраны труда (инв. № ОТ-033-ДИ-13 ПТО ЛАЭС)
3. Положение о системе управления охраной труда (инв. № ОТ-005-ПО-15 ПТО ЛАЭС)

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

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДСТАНЦИИ «УВА»

Область научных сведений о целостном отображении познаваемого представляет собой системнологию, приёмы которой используются для обнаружения техногенных опасностей. Техногенная опасность – это вещественное или энергетическое воздействие технического устройства или сооружения послекритического уровня на работников.

Техническое сооружение, выбранное для исследования проблемы безопасности, – подстанция напряжением 110/35/10 кВ Увинского РЭС производственного отделения «Центральные электрические сети» (г. Ижевск). В состав подстанции входят силовые трансформаторы, вводные конструкции для линий электропередачи, распределительные устройства, системы питания собственных нужд, защиты и автоматики, молниезащиты и заземления и др.

Основными видами веществ, обуславливающих детерминированные и стохастические техногенные воздействия, являются трансформаторное масло и другие горючие материалы, продукты их разложения и сгорания. К разновидностям воздействующей энергии, относятся: световая энергия, энергия электромагнитного поля, вибрационная и звуковая энергия, энергия инфракрасного излучения, электрическая энергия переменного тока, термодинамическая энергия, энергия дефлаграции трансформаторного масла и других горючих материалов.

Обнаружение техногенных опасностей посредством системнологического метода заключается в следующем: изучение технологии преобразования электрической энергии на подстанции; создание техногенной системы, отображающей подстанцию, и её декомпозиция; выявление компонентов системы, которые могут стать источниками техногенных воздействий; отождествление, т.е. идентификация, выявленных компонентов с процессами техногенных воздействий; выражение идентифицированных воздействий количественными показателями; вычисление значений показателей воздействий; сопоставление значений показателей с предельно допустимым и отнесение воздействий к опасным или неопасным.

Результаты исследования проблемы безопасности представлены системнологическим описанием технологии преобразования электрической энергии и процессов техногенных воздействий, вычисленными значениями показателей идентифицированных воздействий и др.

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

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОПУСТИМОГО УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА

ГОСТ Р 12.0.010—2009 "Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков" предусматривает процедуру количественной оценки всех форм профессионального риска по единой универсальной зависимости в виде суммы произведений дискретных значений вероятности неблагоприятного события на величину причиненного ущерба:

$$R_{\text{пр}} = \sum P_i \cdot y_i.$$

Профессиональный риск $R_{\text{пр}}$ представляет собой сочетание двух взаимосвязанных компонентов: P_i – вероятности неблагоприятного события i , произошедшего в процессе производственной деятельности, и y_i – тяжести последствий (ущерб здоровью) в результате воздействия вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса (травмы, профессионального заболевания).

Интегральная структура профессионального риска включает в себя проявленные и скрытые составляющие в виде: риска повреждения здоровья вследствие травм различной степени тяжести $R_{\text{тр}}$, риска смертельного исхода $R_{\text{см}}$, риска повреждения здоровья вследствие

профессиональных заболеваний $R_{пз}$ и скрытого риска повреждения здоровья $R_{скр}$, обусловленного работой во вредных и тяжелых условиях труда. В общем виде профессиональный риск описывается следующей зависимостью [1]:

$$R_{пр} = R_{см} + R_{тр} + R_{пз} + R_{скр}.$$

Любое профессиональное заболевание и вредный фактор производственной среды, имеющий превышение гигиенических нормативов, может приводить к потере качества жизни и быть причиной преждевременной смерти. Поэтому в настоящее время наиболее часто на практике оценивают ущерб от всех форм повреждения здоровья работников единым показателем, измеряемым в сутках сокращения продолжительности полноценной жизни за год (СПЖ_{пр}).

Расчет снижения продолжительности жизни по фактору неблагоприятных условий производства осуществляется по формуле

$$СПЖ_{пр} = (K_{пр} + K_t + K_n) \cdot (T - T_n),$$

где $K_{пр}$ – ущерб здоровью на основании оценки условий труда по факторам производственной среды, сут./год; K_t – ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса, сут./год; K_n – ущерб здоровью по показателю напряженности трудового процесса, сут./год; T – возраст человека, лет; T_n – возраст к началу трудовой деятельности, лет.

Другой подход к оценке профессионального риска основан на расчете обобщенного показателя уровня безопасности рабочей среды, отнесенного к продолжительности работы T [2]:

$$R = 1 - \left[\prod_{i=1}^n \frac{(x_{max} + 1) - x_{ij}}{x_{max}} \right]^{T/T_0},$$

где n – число опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) на рабочем месте; x_{ij} – оценка профессионального риска в баллах, относящегося к i -му фактору на j -м рабочем месте; R – повреждающая способность (риск) рабочей среды; T – время воздействия, лет; x_{max} – максимальная оценка риска, баллы; T_0 – рабочий стаж, лет, учитываемый при обосновании гигиенических нормативов условий труда (ПДУ, ПДК).

Объективность оценок профессионального риска рассмотренным выше способом определяется точностью расчета баллов риска x_{ij} , которые могут быть получены по данным специальной оценки условий труда (СОУТ) на рабочих местах.

Для оценки рисков травмирования работников рассчитывают вероятность возникновения опасного события (уровень риска) как сумму баллов по каждому из пяти оцениваемых параметров: частоте и продолжительности воздействия опасности, состоянию условий труда на рабочем месте, степени защиты работника от опасности, компетентности персонала, соблюдению законодательных и нормативных требований. Уровень риска определяется числовым значением по формуле, в баллах:

$$R_{\text{пр}} = B \cdot \Pi,$$

где B – уровень вероятности возникновения опасного события, Π – уровень воздействия опасного события.

Библиографический список

1. **Кашинцева Л.В., Соколов Э.М., Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Кашинцева Л.О.** Методика расчета и количественной оценки профессионального риска производственных объектов и работников // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 3-11.
2. **Минько, В.М.** Об оценке и оптимальном управлении снижением профессиональных рисков / В.М. Минько // Приложение к журналу “Безопасность жизнедеятельности”. – № 3. – 2010.

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

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОНТЁРА ПО ИСПЫТАНИЯМ И ИЗМЕРЕНИЯМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрены показатели профессионального риска, позволяющие оценить ущерб здоровью при воздействии на работников вредных и опасных факторов производственной среды, травматизм. Понятие "профессиональный риск", используемое для оценки меры воздействия на человека факторов трудовой деятельности, сегодня становится одним из базовых в управлении безопасностью организации. По определению, профессиональный риск — количественная и (или) качественная характеристика вредных эффектов, способных развиваться в результате воздействия производственно-профессиональных факторов на конкретном рабочем месте, в

определенной профессии при специфических условиях экспозиции с возможными дальнейшими вредными последствиями [1].

Оценка риска для электромонтера проведена с учетом имеющейся информации об условиях труда, используемом оборудовании и времени выполнения отдельных видов работ от продолжительности смены. Электромонтер в составе бригады по диагностике электрооборудования занимается проведением ремонтных и профилактических работ на низковольтной подстанции 6-10/0.4 кВ. При проведении работ он использует мегомметр ЭСО20 2/2-Г, аппарат сварочный многоцелевой ВД-1501УЗ. К месту выполнения работ он в составе бригады перемещается на автомобиле УАЗ 3909. Для выполнения ремонтных работ им используется сверлильный станок.

Установлено, что на работника среди всех производственных факторов вредное воздействие оказывают химический фактор (по которому определен класс условий труда – 3.1), и параметры микроклимата (класс –3.2). При наличии факторов, которым присвоен класс условий труда 3.1 и выше, риск оценен по категории 2 (подозреваемый) [2]. Поскольку условиям труда на рабочем месте присвоен класс 3.2, предполагается, что у работника возможно развитие профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести, формирование хронических профессионально обусловленных патологических изменений в организме.

Далее были уточнены последствия заболеваний, связанных с воздействием на электромонтера таких факторов производственной среды, как повышенные концентрации вредных веществ в воздухе и охлаждающий микроклимат. Выявлено, что профессионально обусловленными заболеваниями для работника являются бронхит, пневмосклероз, катаракта, конъюнктивит, заболевания органов дыхания. По каждому фактору с классом условий труда 3.1 и выше определен показатель – индекс профессионального заболевания $I_{пз}$ по формуле [2]:

$$I_{пз} = \frac{1}{K_p \cdot K_t},$$

где K_p – категория риска профессиональных заболеваний, K_t – категория тяжести профессиональных заболеваний.

При сочетанном воздействии всех вредных факторов индекс профессионального заболевания равен 0,35, что соответствует высокому (непереносимому) уровню риска, и требует принятия мер по улучшению условий труда. Такой уровень риска означает высокую

степень обусловленности профессиональных патологий состоянием условий труда на рабочем месте.

Управление риском осуществляется выбором и реализацией комплекса мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия факторов производственной среды на работника.

Была проанализирована травмоопасность для работника при работе с движущимися машинами и механизмами, подвижными частями производственного оборудования методом оценки уровня вероятности возникновения опасного события. Предложены мероприятия для уменьшения опасности травмирования. Для снижения воздействия охлаждающего микроклимата предложено на открытой территории в холодный период года, в неотапливаемом помещении соблюдать регламентированные перерывы для пребывания в помещении с комфортным микроклиматом в целях нормализации теплового состояния организма и использовать сертифицированные средства индивидуальной защиты. Для снижения воздействия вредных веществ необходимо организовать рациональные режимы труда и отдыха для уменьшения времени контакта с вредными веществами.

Библиографический список

1. **Бойко С.В., Каравайков В.М.** Проблемы оценки профессионального риска на практике // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 12. – С. 3-6.
2. **Р 2.2.1766–03.** Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – М., 2003.

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

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Рациональное освещение рабочего места оказывает положительное психофизиологическое воздействие на персонал, способствует повышению производительности труда, обеспечению его безопасности, сохранению высокой работоспособности в течение всего рабочего времени.

Оценка условий труда по данному фактору осуществляется согласно ФЗ «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ, а эффективность предлагаемых мероприятий по улучшению условий труда оценивается по величине изменения освещённости на

рабочем месте, которое можно рассчитывать либо вручную, либо с применением специальных инструментов, позволяющих проводить расчет световых полей.

Студентами профиля «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» данные расчёты приводятся в выпускной квалификационной работе с целью оценки изменения освещенности на исследуемых рабочих местах (РМ) и, соответственно, изменений условий труда работников.

Светотехнические расчеты характеризуются значительной трудоёмкостью, которая обусловлена использованием сложного математического аппарата, а также необходимостью использовать множество табличных данных таких как, характеристики отражающих поверхностей, типы светильников и применяемых ламп.

Таким образом, ручной расчёт без применения сторонних специализированных инструментов сопряжён со значительными вычислительными сложностями, а значит задача освоения современных подходов и инструментов, позволяющих проводить расчёт световых полей, является актуальной.

В настоящее время сложный математический аппарат реализован в виде программного обеспечения (ПО), использующего современные вычислительные возможности компьютеров, совместно с созданными базами данных характеристик светильников, ламп, материалов и т.д.

Одним из самых распространённых на территории России ПО данного класса является DIALux. В сравнении с ручными методами расчёта, применение данного ПО облегчает работу со справочными данными, а также увеличивает точность расчёта за счёт учёта большего числа факторов влияющий на процесс распространения света. При этом время, необходимое для проведения инженерных расчётов, значительно сокращается.

Для проведения расчета с применением DIALux требуются следующие исходные данные:

- параметры помещения, его геометрия;
- коэффициенты отражения пола, стен и потолка;
- коэффициент уменьшения;
- оборудование помещения;
- тип светильника,
- тип лампы,
- необходимое значение освещенности.

Из вышеперечисленного видно, что для проведения расчётов требуется глубокое знание, как светотехнических параметров, так и применяемого инструмента.

Для простых случаев, когда, например, геометрия помещения прямоугольная, источники света и светильники однотипные, есть возможность проведения упрощённого расчёта светового поля на РМ.

Начиная с версии 3.1, в DIALux есть ассистент DIALux Light, являющийся упрощенной версией программы. Данный ассистент позволяет оценить освещённость на РМ, без углубления в особенности светотехнических параметров и особенностей геометрии помещения.

По итогам расчёта полученные данные группируются по типам. Наиболее востребованными результатами расчёта являются графическое изображение распределения освещенности по рабочей поверхности и общий трёхмерный вид освещенного помещения, т.к. для определения соответствия освещения нормам нужно знать распределение освещенности по условной рабочей поверхности.

В итоге, современный подход к расчёту освещённости на РМ состоит в применении специализированного ПО, которое позволяет повысить точность расчёта и сократить время его проведения.

Библиографический список

1. Классификация производственного освещения и основные санитарно-гигиенические требования. – URL: http://ohrana-bgd.narod.ru/proizv_96.html (дата обращения: 10.11.2016).
2. Справочная книга по светотехнике, под. ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – С. 472
3. DIALux - расчет и проектирование освещения. – URL: <http://www.dialux-help.ru> (дата обращения: 05.12.2016).

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

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА МЕСТНОСТИ

Шум является сильнейшим стрессором, воздействующим на человека, как в промышленной зоне, так и в городской среде. В связи с этим необходимой и актуальной задачей является проведение инженерных расчетов звуковых полей с целью оценки существующих условий труда и жизни людей, учёта шумового воздействия на этапе строительства новых и реконструкции существующих промышленных объектов.

Овладение методикой проведения расчёта звуковых полей, а также современных инструментов является важным умением выпускника

профиля «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», которое демонстрируется студентами в выпускной квалификационной работе.

Наиболее распространенным методом оценивания звуковой обстановки является акустический расчет. Однако сложная геометрия распространения звуковых полей, возможное прохождение звука через листву, влияние звукопоглощения атмосферой, отражение звука от земли и другие факторы существенно затрудняют проведение ручного расчёта звукового поля на местности.

В помощь инженерам и исследователям, рядом научных центров, создаются прикладные инструменты в т.ч., свободно распространяемые. Примером может служить ПО «ЭКОцентр. Шум». Программа «ЭКОцентр. Шум» позволяет выполнять расчет уровней звукового воздействия на расстоянии от источников шума с известным излучением при метеорологических условиях, способствующих распространению звука.

Метод расчета соответствует требованиям ГОСТ 31295.2-2005 (ИСО 9613-2:1996) и СНиП 23-03-2003.

Для проведения расчёта, в качестве исходных данных выступают следующие параметры:

1. Картосхема с границами территорий и различных зон.
 2. Данные о структурной схеме предприятия, включающей в себя набор данных об объекте.
 3. Координаты существующего источника шума.
 4. Код, наименование и высота источников шума.
 5. Данные по режиму действия источника.
 6. Срок действия источника шума.
 7. Направленность и уровень звуковой мощности.
 8. Обозначенные на карте препятствия.
 9. Коэффициенты звукоотражения экранов при наличии.
10. Характеристики расчетных точек такие, как номер, тип, наименование, координаты, высоту и учет в расчете.

Одним из самых трудоёмких этапов работы является создание картосхемы района размещения источника шума. Для выполнения данной задачи можно, как использовать существующие топоосновы, созданные ранее в других проектах, так и создать её чертёж с нуля, предлагаемыми программой инструментами.

Во втором случае, рекомендуется использовать наглядное растровое изображение местности, предоставленное предприятием, но можно использовать и детальные снимки поверхности Земли, например, из программы Google Earth Pro, которая своим

лицензионным соглашением позволяет использовать данные в своих проектах и презентациях.

Не менее важной является задача задания характеристик источника шума. Здесь программа позволяет задать характеристики источника вручную, выбрать наиболее близкий по характеристикам источник из встроенной базы данных, либо восстановить характеристики источника по измеренному уровню шума на некотором расстоянии.

Расчётная модель программы «ЭКОцентр. Шум» реализует положения следующих нормативных и методических документов:

- ГОСТ 31295.1-2005 Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчет поглощения звука атмосферой.
- ГОСТ 31295.2-2005 Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета.
- СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
- СП 23-104-2004 Оценка шума при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена.

По завершении расчета программа формирует отчет, в формате docx Microsoft Office 2007, содержание которого соответствует требованиям ГОСТ 7.32-2001 Отчет о научно-исследовательской работе.

Отчёт содержит сводную таблицу результатов, а также графический результат расчета затухания звука для каждого уровня звуковой мощности с привязкой к рассматриваемой карте местности.

Библиографический список

1. **Официальный сайт программы Шум «Эко-центр».** – URL: http://eco-c.ru/products/noise_ (дата обращения 25.12.2016).

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

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, СОЗДАВАЕМЫХ ТРАНСФОРМАТОРОМ ТЦ-630000/500

Техногенное воздействие представляет собой предопределённое или предполагаемое воздействие вещества или энергии технического

устройства на работников, участвующих в эксплуатации устройства и находящихся вблизи него.

Техническое устройство – силовой трёхфазный двухобмоточный маслонаполненный трансформатор ТЦ-630000/500 атомной электростанции, установленный на открытой площадке у машинного зала с турбогенераторами и предназначенный для передачи электроэнергии через ОРУ-500 кВ в энергосистему.

Видами технетических веществ, обуславливающих предопределённые и предполагаемые техногенные воздействия, являются трансформаторное масло, продукты его разложения и сгорания. Масса масла в трансформаторе составляет 75 т.

К разновидностям энергии силового трансформатора, которые обуславливают предопределённые и предполагаемые техногенные воздействия, относятся следующие:

- вибрационная энергия;
- звуковая энергия, поступающая в слуховую систему работника;
- энергия инфракрасного излучения внешней поверхности бака трансформатора, имеющей повышенную температуру;
- энергия электромагнитного поля, создаваемого вводами ВН;
- световая энергия, отражаемая компонентами трансформатора и поступающая в зрительную систему работника при их осмотрах;
- электрическая энергия переменного тока, поступающая в тело работника при прямых и косвенных прикосновениях;
- термодинамическая энергия трансформаторного масла и продуктов его разложения, увеличивающая своё значение при происшествиях внутри бака, например при возникновении дугового разряда;
- энергия дефлаграции трансформаторного масла и др.

Мероприятия по обеспечению безопасности работников должны учитывать значения показателей техногенных воздействий, возникающих и способных возникать при эксплуатации силового трансформатора ТЦ-630000/500. Проведённая при данном исследовании оценка воздействий предстаёт значениями энергии дефлаграции, состава продуктов сгорания трансформаторного масла и других показателей.

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

ПРОИСШЕСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВОДОРОДНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРА ТВФ-63-2

Предопределённое или предполагаемое воздействие вещества или энергии технического устройства на работников, участвующих в эксплуатации устройства и находящихся вблизи него, называется техногенным воздействием. Предполагаемое воздействие возникает после техногенного происшествия, которому могут предшествовать другие происшествия и процессы.

Техническое устройство – двухполюсный генератор ТВФ-63-2 с частотой вращения ротора 3000 об/мин, предназначенный для выработки электроэнергии при прямом соединении с паровой турбиной. Турбогенератор имеет непосредственное форсированное охлаждение обмотки ротора водородом и косвенное водородное охлаждение обмотки статора.

Разновидностью энергии, обуславливающей предполагаемое взрывное воздействие, является энергия дефлаграции водорода. Водород не имеет запаха, бесцветен, легко воспламеняется и горит бледно-голубым слабосветящимся пламенем. Максимальное давление дефлаграционного взрыва водородно-воздушной смеси при концентрации водорода 32,3% имеет значение 739 кПа.

Система водородного охлаждения турбогенератора включает следующие компоненты:

- наполняемые водородом от электролизёрной установки ресиверы или баллоны, из которых газ подаётся в турбогенератор;
- коллекторы, трубопроводы, запорная и предохранительная арматура и контрольно-измерительные приборы;
- водородонаполненное пространство турбогенератора, вентиляторы для циркуляции водорода и охлаждающие каналы в обмотке;
- осушитель и охладители водорода;
- масляные уплотнения вала в местах выхода из корпуса и др.

Инициированию взрывов могут предшествовать разгерметизация компонентов системы охлаждения, а также нарушения правил вытеснения и замены газовых сред в ресиверах и турбогенераторе.

Мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации должны учитывать количественную оценку показателей, характеризующих происшествия. Проведённая при данном исследовании оценка происшествий предстаёт значениями количества используемого и теряемого водорода, энергии дефлаграции и других показателей.

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

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПОРОГОВ ДЕЙСТВИЯ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА

Риск для здоровья характеризует собой вероятность развития у человека неблагоприятных для здоровья эффектов в результате реального или потенциального загрязнения окружающей среды.

При математическом описании зависимости “доза-эффект” используются различные модели. Наиболее часто для оценки рисков для здоровья применяется модель индивидуальных порогов (нормально-вероятностное распределение частоты эффектов, пробит-анализ), которая используется для оценки влияния дозы или концентрации тех или иных веществ на биологические объекты. Её можно представить следующим образом:

$$R = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{a+b \cdot \lg(D)} e^{-\frac{\tau^2}{2}} d\tau,$$

где $a+b \cdot \lg(D)=\text{Prob}$ – пробит-функция, отражающая связь между вероятностью поражения (R) и поглощенной дозой; a – логарифм концентрации вещества с эффектом вредного действия, равным 0 %; b – тангенс угла наклона графика зависимости *доза-эффект* (коэффициент изоэффективности); τ – время экспозиции; D – поглощенная субъектом доза негативного воздействия (концентрация вещества, оказывающая воздействие) в течение времени t .

От значения величины риска зависит степень тяжести последствий воздействия поражающих факторов на организм.

В зависимости от качества атмосферного воздуха определение вероятности проявления немедленных (рефлекторных) токсических эффектов основано на оценке кратности превышения концентрации вещества, вызывающего токсический эффект, значению его максимально-разовой ПДК:

$$\text{Pr ob} = a + b \cdot \lg \left(\frac{C}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} \right).$$

Численные значения коэффициентов a и b определяются в соответствии с классом опасности вещества. В результате исследования было произведен расчет значений пробит-функций для веществ 1,2,3,4 классов опасности в зависимости от отношения

концентрации вещества, вызывающей токсический эффект к максимальноразовой ПДК и построены графики кривых ”пробит–С/ПДК_{м.р}” (рис.1).

При оценке качества питьевой воды, в случае присутствия веществ или материалов, нормированных по органолептическому воздействию, их влияние на органолептические свойства воды проявляется в изменении ее запаха, привкуса и окраски, а также в образовании поверхностной пленки или пены. Уравнение расчета риска развития неблагоприятных органолептических эффектов:

$$\text{Pr ob} = -2 + 3,32 \cdot \lg\left(\frac{C}{\text{ПДК}}\right).$$

Таким образом, величина риска немедленного воздействия оценена по моделям с использованием максимальных разовых концентраций. При этом признаком неблагоприятного эффекта воздействия является не только риск появления заболевания, но и вероятность рефлекторных реакций (ощущение раздражения, неприятного запаха) или эффекта психологического дискомфорта, что также расценивается как факт нарушения здоровья.

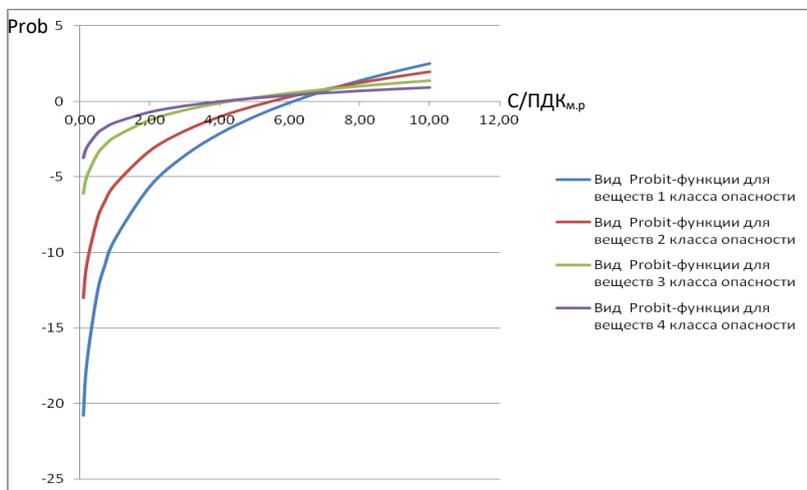


Рис. 1. Вид пробит-функций для веществ 1,2,3,4 классов опасности в зависимости от значения C/ПДК_{м.р}

Библиографический список

1. Карлин Л.Н., Музалевский А.А. Рискологические исследования в РГГМУ // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С. 5-19.

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

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ MOODLE ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО КУРСА

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment – модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда) – это виртуальная обучающая среда (VLE). Moodle является свободной системой управления обучением (LMS), ориентированной на организацию взаимодействия между преподавателем и студентами в рамках традиционных дистанционных курсов, либо на поддержку очного обучения. LMS Moodle дает преподавателю обширный инструментарий для представления учебно-методических материалов курса, проведения теоретических и практических занятий, организации учебной деятельности студентов как индивидуальной, так и групповой.

Разработка электронного учебного курса представляет собой последовательно-параллельный процесс, состоящий из шагов, представленных на рисунке (рис. 1)

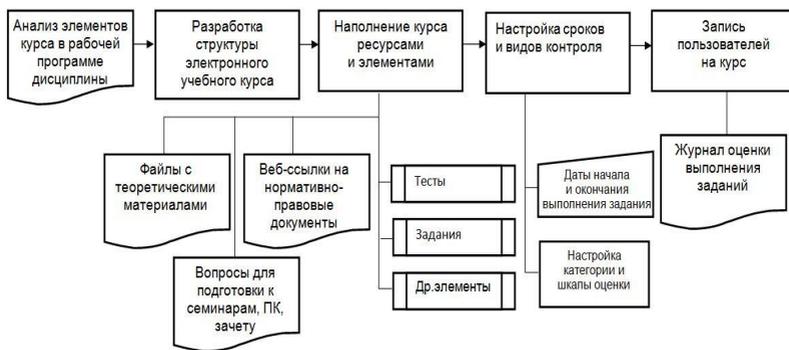


Рис. 1. Последовательность разработки электронного учебного курса в системе управления обучением Moodle

Учебный курс содержит теоретическую и практическую части:

- теоретическая часть – аналог учебника или методического пособия, оформляется в виде текстовых файлов, ссылок на веб-страницы;

- практическая часть – аналог практических занятий. Она оформляется в виде заданий, текстовых файлов с вопросами для подготовки к семинару в .pdf-формате, форума. Прохождение студента по практической части оценивается преподавателем или автоматически, и отображается в журнале оценок.

К ресурсам курса, соответствующим теоретической части относятся:

- пояснение – краткое пояснение к учебному материалу;
- ссылка на файл – ссылка на существующий учебный материал в виде файла;
- ссылка на веб-страницу, Internet-ресурс;
- глоссарий – список определений.

Ресурсами курса, соответствующими практической части являются:

- форум “Обсуждение вопросов по курсу”, используемый для организации коллективной дискуссии студентов и преподавателя, в котором вопросы и ответы участников группируются по темам;
- “задание”, позволяющее преподавателю ставить задачи, которые требуют от студентов ответа в виде текста. Элемент “задание” позволяет оценивать полученные ответы.

В соответствии с содержанием учебного курса наиболее подходящими являются элементы: задание, тест, глоссарий, пояснение, ссылка на веб-страницу, ссылка на файл. Для разрабатываемого курса создана шкала “ТК ПК” для пересчета оценок, полученных за выполнение заданий и тестов в оценку по пятибалльной шкале. В данном учебном курсе выбран режим расчета среднего значения из всех полученных оценок.

Администрирование учебного процесса в системе Moodle достаточно хорошо продумано. Преподаватель, имеющий права администратора, может регистрировать студентов, объединять обучаемых в виртуальные группы, распределять права, получать сводную информацию о работе каждого студента.

Библиографический список

1. **Андреев, А.В.** Практика электронного обучения с использованием Moodle / А.В. Андреев, С.В. Андреева, И.Б. Доценко. – Таганрог. Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – 146 с.
2. **MoodleDocs.** Документация на официальном сайте Moodle [Электронный ресурс]. URL: https://docs.moodle.org/30/en/Main_page
3. **Маняхина, В.** Описание настройки и использования Moodle / В. Маняхина, А. Золочевский. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.altlinux.org/current/modules/moodle/>

Е.В. Питков, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, дсxn, проф.

(ИГЭУ, г. Иваново)

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕГАЗА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Результатом применения элегазового оборудования в распределительных сетях стало повышение надежности электроснабжения, безопасности персонала и снижения эксплуатационных расходов.

Основные преимущества элегазовых выключателей заключаются в простоте конструкции, увеличенном сроке службы, высокой отключающей способности, высоком механическом и коммутационном ресурсе, отключении емкостных токов без повторных пробоев, взрыво- и пожаробезопасности, отсутствии значительных перенапряжений при коммутациях. Это позволило стать элегазу основной изолирующей и дугогасящей средой для оборудования 110 кВ и выше[1]

Но в тоже время у элегаза есть и некоторые недостатки, связанные с его химическими свойствами и технологией производства:

переход в жидкое состояние при сравнительно высоких температурах; опасность отравления продуктами распада элегаза.

Элегаз — представляющий собой шестифтористую серу SF₆. Он является основным изолятором в элементах ячеек с элегазовой изоляцией. Молекулярная масса в 5 раз выше по сравнению с воздухом.

Продукты разложения получаютс в электрической дуге, где температура может достигать 15000 °С, часть SF₆ распадается.

При распаде получаютс следующие вещества:

фтористоводородная кислота – (плавиковая кислота); диоксид серы; фторид двуокиси серы; тетрафторид серы;- фторид тионила; дисерный декафторид [1]. Последние два продукта являются токсичными, последний, несет канцерогенность. Фторид тионила доминирует при определении токсичности. Доминирование этого компонента следует из его высокой нормы синтеза по сравнению с другими продуктами распада в сочетании с его уровнем токсичности может далее реагировать с водой, приводя к образованию диоксида серы и фтористо-водородной (плавиковой) кислоты.

Имеется опасность отравления продуктами распада элегаза (низшими фторидами), образующимися, например, при работе дугогасительных камер в высоковольтных выключателях. При длительном воздействии на организм высокой концентрации элегаза может привести к асфиксии (кислородному голоданию). Некоторые продукты распада могут вызвать раздражение кожи, глаз и слизистых оболочек дыхательного тракта. Относятся 2 классу опасности.

По утверждению экологов SF₆ обладает свойством поглощения инфракрасного излучения и считается парниковым газом с очень большим сроком жизни в атмосфере. Использование элегаза не одобряется Киотским протоколом.

В большой зоне риска находятся работники предприятий, связанные с применением фтора. Избыток фтора в организме более 20 мг токсично, доза в пределах 2 г способна оказать смертельное воздействие. Основные симптомы передозировки и отравления фтором – это слабость, рвота, желудочные боли, обильное слезотечение, диарея, судороги. В более серьезных случаях может появиться отек легких, сбой в работе почек и всей нервной системы. При систематичных передозировках возможно нарушение обмена жиров и углеводов, проблемы с зубами, кровоточивость десен. Скелет поражается остеопорозом, деформируется и может даже нарушиться обмен элементов в связках и сухожилиях, развитие онкологических образований, в частности остеосаркомы, рождение детей с синдромом Дауна.

Фтор раздражает дыхательные пути, вызывает ожоги кожи. При остром отравлении возникают раздражение слизистых оболочек гортани и бронхов, глаз, слюнотечение, носовые кровотечения; в тяжелых случаях – отек легких, поражение центральной нервной системы и других; при хроническом – конъюнктивит, бронхит, пневмония, пневмосклероз, флюороз. Характерно поражение кожи типа экземы. Высокие концентрации ионов фтора опасны ввиду их способности к ингибированию ряда ферментативных реакций, а также к связыванию важных в биологическом отношении элементов, нарушающему их баланс в организме [2].

Плавиновая кислота сильно ядовита. Обладает слабым наркотическим действием. Возможны острые и хронические отравления с изменением крови и кроветворных органов, органов пищеварительной системы, отёк легких. Обладает выраженным ингаляционным действием, раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки глаз (вызывает болезненные ожоги и изъязвления); кожно-резорбтивным, эмбриотропным, мутагенным и

кумулятивным действием. Относится к второму классу опасности для окружающей среды. При попадании на кожу в первый момент не вызывает сильной боли, легко и незаметно всасывается, но через короткое время вызывает отёк, боль, химический ожог и общетоксическое воздействие. ПДКСС – 01 мг/м³ [2].

Библиографический список

1. **Энергетика.Оборудование.Документация.**[Электронный ресурс] URL: forca.ru/spravka/spravka/elegaz
2. **Фториды.**[Электронный ресурс] URL:ru.wikipedia.org/wiki/Фторид

*Павлов М.А., студ.; рук. И.Г. Мельцаев, дсxn, проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ОРГАНИЗМЫ – ДОБРО ИЛИ ЗЛО

Генномодифицированные организмы – это измененные организмы с помощью генной инженерии. Данное понятие распространяется на животные и растения. Целью выведения генномодифицированных организмов (ГМО) изначально было повышение урожайности различных растений, увеличение их устойчивости к неблагоприятным факторам (недостатку питательных веществ, засухе), появление нечувствительности к вирусам, непривлекательность для насекомых и паразитов. Ученым-селекционерам хотелось получить растения, которые при минимуме затрат смогли бы обеспечить максимум продуктивности и таким образом решить продовольственную проблему. Этот вопрос остро в настоящее время во многих странах мира, особенно экономически слабо развитых.

Если говорить о вредности таких продуктов для организма человека, то при этом можно отметить следующие направления:

- в составе этих продуктов находятся белки, которые способны нанести вред здоровью в виде аллергических реакций;
- при регулярном потреблении в пищу продуктов, содержащих ГМО, вред проявляется в снижении иммунитета;
- вредное воздействие таких продуктов может заключаться в токсинах, которые присутствуют в их составе. В их составе токсинов может быть намного больше, чем в натуральных продуктах;
- вред для организма человека заключается еще в том, что его патогенная флора становится устойчивой к разным лекарственным препаратам – простудные заболевания придется лечить более сильными антибиотиками, чем это делалось ранее;

- ГМО продукты способны накапливать пестициды, которые потом попадают в организм человека;
- продукты ГМО содержат в себе гораздо меньше полезных веществ, чем полностью натуральная пища;
- вредное воздействие ГМО продуктов заключается в том, что при регулярном их употреблении в организме человека возрастает риск возникновения мутаций на геномном уровне. Также существует мнение, что ГМО-продукты наносят непоправимый урон пищеварительной системе человека, нарушая обмен веществ и микрофлору кишечника, провоцируя развитие онкологических заболеваний [1].

В защиту ГМО продуктов можно сказать, что выращенная натуральная продукция также несет в себе массу опасностей. Особенно, если учитывать современные условия выращивания и хранения. В данном случае все зависит от индивидуальных особенностей организма человека. Например, натуральные апельсины и бананы, которые нам доставляют из далеких стран, чтобы лучше они перенесли транспортировку, их обрабатывают различными химикатами, часть из них все равно остается внутри продукта, нанося вред нашему здоровью.

С каждым годом население планеты прирастает примерно на 85 млн чел, которое необходимо обеспечить продуктами питания. Происходит постепенное истощение плодородия почв, а для того чтобы растения смогли обеспечить высокую продуктивность, устойчивость к заболеваниям и сопротивляемость к насекомым, в их клетки пересаживаются гены других растений, которые удовлетворяют перечисленным выше требованиям.

12 лет назад была успешно завершена программа «Геном человека». В ходе ее реализации дополнительно к решению основной задачи были расшифрованы геномные структуры десятков патогенных бактерий. Большинство результатов этой программы закрыты. «Геном» позволяет перейти к работам над новым поколением высокоточного геномного оружия, появится в ближайшие 5-10 лет. Сегодня биологическая наука попутно способна раскрыть механизм действия токсинов, а геновая инженерия и современные биотехнологии — обеспечить производство избирательно действующих токсичных продуктов, которые невозможно отличить от обычных без трудоемкой генетической экспертизы. Если ГО с выборочным воздействием только на людей определенного национального генотипа действительно будет разработано, то последствия могут оказаться ужасающими. Угроза использования биологического оружия в вооруженных конфликтах остается; растет число стран, способных производить в массовом

количестве биологические агенты и токсины, которые могут быть применены для поражения людей, животных и растений. При биологической атаке наряду с человеческими жертвами важным является эмоциональный аспект влияния угрозы. Необходимо серьезно отнестись к проблеме биологического терроризма, так как XXI в. будет веком большего числа попыток использования биологического оружия в террористических целях.

Библиографический список.

1. Харченко П. Н., ДНК-технологии в биологической защите растений//Достижения науки и техники АПК. - 2002. - № 10.

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

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА ДЛЯ АППАРАТЧИКА ХИМВОДООЧИСТКИ ИВТЭЦ - 2

Понятие "профессиональный риск", используемое для оценки меры воздействия на человека факторов трудовой деятельности, сегодня становится одним из базовых в управлении безопасностью организации.

Рабочее место аппаратчика ХВО располагается в пределах химического цеха, а именно: кабинет аппаратчика схемы подпитки котлов; кабинет аппаратчика схемы подпитки теплосети; фильтровой зал; помещение осветителей; известковое хозяйство; магnezитовое хозяйство; кислотное хозяйство; солевое хозяйство. Основной задачей аппаратчика во время дежурства является правильное обслуживание закрепленного оборудования цеха, обеспечение бесперебойной и экономичной работы химводоочистки, выдерживание норм качества осветлённой и химочищенной воды, своевременное выполнение графика химического контроля, выявление недостатков в режиме работы оборудования и их устранение.

Результатом определения профессионального риска является количественная оценка степени ущерба для здоровья работников от действия вредных и опасных факторов производственной среды и трудовой нагрузки по вероятности нарушений здоровья с учетом их тяжести, выполняемая на основе [1]. Категорирование риска по классам условий труда основано на величине индекса профессиональной заболеваемости $I_{пз}$.

Был оценен уровень риска по каждому фактору, сочетанное воздействие условий труда на работника определено суммированием

всех получившихся индексов. При сочетанном воздействии факторов $I_{пз}$ равен 0,48, что соответствует высокому (непереносимому) уровню риска, равному 0,1, что требует незамедлительного принятия мер. Такой уровень риска означает высокую степень обусловленности профессиональных патологий состоянием условий труда на рабочем месте и в соответствии с [1] существует острая необходимость в снижении риска.

Расчет снижения продолжительности жизни по фактору неблагоприятных условий производства осуществляется по формуле:

$$СПЖ_{пр} = (K_{пр} + K_t + K_n) \cdot (T - T_n)$$

где $K_{пр}$ – ущерб здоровью на основании СОУТ по факторам производственной среды, сут./год; K_t – ущерб здоровью по показателю тяжести трудового процесса, сут./год; K_n – ущерб здоровью по показателю напряженности трудового процесса, сут./год; T – возраст человека, лет; T_n – возраст к началу трудовой деятельности, лет.

В результате расчета было получено значение $СПЖ_{пр}$ для аппаратчика, которое составило 252 сут при стаже работы 20 лет.

При расчете вероятности возникновения и уровня воздействия опасных событий рассмотрены производственные операции:

1. процесс химической очистки воды: известкование с коагуляцией, обескремнивание, натрий-катионирование;
2. обслуживание и регулировка работы осветлителей, катионитовых и механических фильтров, насосов, насосов-дозаторов, декарбонизаторов и другого водоподготовительного оборудования.

Уровень риска определяется числовым значением по формуле, в баллах:

$$P = V \cdot П,$$

где P – уровень риска, V – уровень вероятности возникновения опасного события, $П$ – уровень воздействия опасного события.

Для первой производственной операции уровень риска составил 28 баллов, т.е. менее 30, поэтому он считается приемлемым (допустимым) риском. Для второй операции уровень риска равен 32 баллам, т.е. он находится в диапазоне от 30 до 60 баллов и считается риском, заслуживающим внимания.

Для снижения профессионального риска должны проводиться мероприятия по управлению рисками: проведение обучения, инструктажей, проверок знаний по ОТ; снижение уровней вредных факторов за счет проведения организационно - технических мероприятий (рационализация системы освещения и реконструкция системы местной вентиляции); снижение тяжести трудового процесса за счет повышения уровня эргономичности рабочего места (модернизация используемых приспособлений и оборудования);

"защита временем" (уменьшение времени пребывания работника в условиях воздействия вредных факторов); использование средств индивидуальной защиты (средств защиты органов дыхания и глаз, рабочей одежды из специальных материалов); предоставление дополнительного отпуска за работу во вредных условиях - 2 недели; сокращение рабочего дня - 2 часа; досрочное назначение трудовой пенсии по старости - 5 лет; проведение лечебно - профилактических мероприятий и плановых медицинских осмотров 1 раз в год.

Библиографический список

1. Р 2.2.1766–03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – М., 2003.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Для реализации интегральной модели пожара принято следующее математическое описание динамических факторов пожара:

1. Дифференциальное уравнение материального баланса в помещении:

$$V \cdot \left(\frac{d\rho_m}{dt} \right) = G_{\text{вх}} + \psi - G_{\text{исх}};$$

2. Дифференциальное уравнение кислородного баланса в помещении:

$$V \cdot \left(\frac{d\rho_m \cdot X_m}{dt} \right) = G_{\text{вх}} \cdot X_{\text{вх}} - G_{\text{исх}} \cdot X_m - \psi \eta L;$$

3. Дифференциальное уравнение энергии в помещении:

$$V \cdot \frac{C_v}{R} \cdot \frac{dP_m}{dt} = \psi \eta Q_H + C_{p,\text{вх}} \cdot T_{\text{вх}} \cdot G_{\text{вх}} - C_{p,\text{исх}} \cdot T_m \cdot G_{\text{исх}} + I\psi - Q_w.$$

Интегральная модель пожара реализована в компьютерной программе hazard1. В этой программе система дифференциальных уравнений решается методом Рунге-Кутта 5-го порядка точности с автоматическим выбором шага интегрирования в зависимости от заданной погрешности вычислений. Расчет распространения опасных факторов по системе помещений выполняется последовательно для каждого помещения на основании зафиксированных параметров по следующей схеме. Сначала выполняется расчет приращений параметров за счет пожара (в помещении с пожаром). Затем расчет

газообмена по каждому проему и расчет приращений параметров за счет газообмена.

Для проведения расчета с помощью программы были подготовлены исходные данные пожара и начальные условия расчета. Для помещения с пожаром в расчете используется эмпирическая формула на основе коэффициента теплоотдачи. Построение схемы помещения выполняется предварительно на бумаге, а затем вводится в программу. Атмосфера моделируется помещением, по высоте равным или превосходящим максимальную высоту схемы, и имеющим очень большой объем -10^{18} м³ и более. Каждое помещение соединяется с соседним только одним проемом.

Для выполнения расчета была построена следующая схема помещений, представленная на рис. 1. Все помещения имеют одинаковый объем 45 м³, проемы между помещениями 0 и 1, 3 и атмосферой - 1х2 м, остальные – 3х3 м, по сечению помещений. Все 5 помещений в схеме связаны между собой горизонтальными проемами.

Пожар в виде кругового распространения пламени происходит в помещении 0. Площадь горючей нагрузки – 60 м², удельная массовая скорость выгорания горючей нагрузки – 0,04 кг/(с·м²), линейная скорость распространения пламени – 0,04 м/с, низшая теплота сгорания – 17000 кДж/кг, энтальпия – 100 кДж/кг, массовый расход кислорода – 1,13 кг/кг, коэффициент теплопотерь - 0,6, дымообразующая способность пожарной нагрузки - 144 Нп·м²/кг.

В результате проведенного расчета были получены графики изменения температуры, плотности, массовой доли кислорода, избыточного давления.

Анализируя графики можно сделать вывод, что через 45 с от начала процесса возгорания указанные выше показатели достигают максимальных значений. При достижении в помещении пожара массовой концентрации кислорода 0,08 кг/кг, что происходит через 45 с от начала расчета интенсивность горения будет определяться концентрацией кислорода во входящих газах.

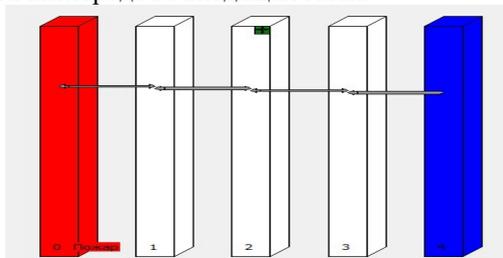


Рис. 1. Схема помещений для моделирования пожара в расчетной модели hazard1

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

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАСЕЛ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВМЕСТО ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Для преобразования электрической энергии используют трансформаторы. Основными элементами трансформатора являются бак, магнитопровод и обмотки. В качестве изоляции между обмотками и заземленными частями используют трансформаторное минеральное масло. В процессе эксплуатации трансформаторное масло подвергается увлажнению, окислению, старению, что ухудшает его электро-изоляционные свойства и требуют его замены. Внутри трансформатора могут происходить процессы, которые вызывают техногенные происшествя, связанные с утечкой трансформаторного масла, что негативно влияет на окружающую среду.

Трансформаторное минеральное масло производят из нефти, запас которой на Земле ограничен, поэтому сейчас уже выносятся вопрос об использовании аналогов трансформаторного масла. Такими аналогами являются растительное масло, синтетический эфир, натуральный эфир.

В работе ставится задача провести сравнительный анализ этих видов масел, рассмотреть тенденцию использования растительных масел в трансформаторах, показать преимущества использования аналогов минерального трансформаторного масла.

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

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ, КАК СТИМУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ С СОБЛЮДЕНИЕМ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ.

На сегодняшний день, актуальной проблемой является повышенный травматизм на производстве, который чаще всего происходит в результате человеческого фактора.

Человеческий фактор выражается в поведении работников, соблюдение ими техники безопасности. При этом напрашивается вопрос: почему люди, которым присущи инстинкты самосохранения, становится виновным в своих травмах? Очевидно, психически здоровый человек не будет стремиться к получению травм. Отсюда,

можно сказать, что это происходит либо по независящим от человека причинам, либо когда его побуждают к нарушению правил определенными обстоятельствами.

Что это за обстоятельства? И как их избежать? Как стимулировать работника, на соблюдение правил безопасности? На эти главные вопросы, необходимо найти ответ.

Исследуя причины, вызвавшие аварии или несчастные случаи, нужно учитывать, что при появлении нового, современного оборудования, наряду с этим появляются новые опасности.

Человек зачастую забывает, что техника является основным источником опасности. Приспосабливаясь к работе на опасных машинах, работник адаптируется к опасности. Довольно часто, он из-за текущих мелких выгод, преднамеренно идет на нарушение техники безопасности. Люди, однажды нарушив правила безопасности, оставшиеся при этом безнаказанными, повторяют подобные нарушения.

Помимо общих причин, так же выявляются и индивидуальные факторы человека, способствующие преднамеренному нарушению правил безопасности. Это может быть: склонность к риску, показная смелость, недисциплинированность и пр.

Так же, значительную роль играет психологический климат в коллективе. Важно, сформировать правильное отношение всего коллектива к опасности. Порой, некоторые члены коллектива, пользуясь авторитетом, могут подавать неправильное отношение к соблюдению дисциплины.

Мероприятия по обеспечению безопасности, должны проводиться согласованно с технологическим процессом и конкретными действиями людей на их рабочем месте. Соблюдение правил не должно налагать на работника дополнительную нагрузку, и негативно влиять на трудовой процесс.

Руководители должны постоянно быть во внимании к вопросам коллектива, иначе при безразличном отношении, высок риск несоблюдения дисциплины. Для формирования правильного отношения коллектива к правилам безопасности, нужно учитывать не только общие принципы, но и особенности данного коллектива.

Руководитель, должен принимать во внимание возрастные особенности и индивидуальные особенности работников коллектива.

Таким образом, найдя правильный подход к каждому работнику, можно создать благоприятную психологическую обстановку в коллективе, можно повысить соблюдение техники безопасности, и значительно уменьшить травматизм на рабочем месте.

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности. / Под ред. Н.А. Белова – М.: Знание, 2000 – 364 с.
2. Самгин Э.Б. Оснащение рабочих мест. – М.: МИРЭА, 2000 – 186 с.
3. Носкова О.Г. Психология труда: учебн. пособие для вузов/ Под ред. Е.А. Климова.- М.: Академия, 2004.-478 с.

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

АНАЛИЗ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕЁ УЛУЧШЕНИЮ

Среди многочисленных показателей, отражающих социально-экономическое состояние региона, важная роль принадлежит показателям качества здоровья населения. Здоровье населения, было, есть и останется одним из основных показателей социального благополучия, нормального экономического функционирования общества. В ряду общечеловеческих ценностей здоровью должно придаваться первостепенное значение. А мы должны понимать, что полное здоровье человека состоит из трёх составляющих: физическое здоровье, социальное здоровье и здоровье духовное. Все эти составляющие взаимосвязаны между собой, и только когда все три составляющие находятся в порядке, человека можно считать здоровым. А каждый разумный человек стремится достичь идеального здоровья.

Целью моей научной работы является: оценка уровня здоровья населения, раскрытие основных вопросов, связанных с низким уровнем здоровья населения в Ивановской области, а также проектирование мероприятий по улучшению жизнедеятельности населения.

Объектом моей работы является население Ивановской области. Для достижения поставленной цели первостепенной моей задачей становится изучение, сбор и обработка обширного количества информации, изучение содержания различных источников:

- сбор общих сведений об Ивановской области (история Ивановской области, её природные и географические условия);
- обработка данных здравоохранения (анализ демографической ситуации, характеристика системы здравоохранения Ивановской области, заболеваемость населения, надзор за качеством воды и состоянием питания);
- математический расчет показателей, характеризующих качество жизни населения (расчет «кризисного» индекса качества жизни, расчет интегрального качества жизни);
- изучение экологических проблем Ивановской области (атмосферный воздух, производственные отходы, опасные объекты Ивановской области).

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

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ПО ТЕРРОРИЗМУ

Терроризм в настоящее время является одной из основных проблем современности. Терроризм является экономической проблемой, а также наносит обществу ущерб, принципиально отличающийся от того, который наносят "обычные" преступления или стихийные бедствия.

Поскольку людей, вступивших в контакт с террористами спасти крайне сложно, необходимо избежать возможности возникновения таких союзов.

О терроризме и борьбе с ним в нашей стране изданы сотни исследований, однако среди работ отечественных криминологов и экономистов почти нет специальных исследований, посвященных экономическому анализу терроризма (экономике терроризма). В результате возникает парадоксальная ситуация, когда Россия справедливо считается одной из стран с высоким уровнем терроризма, но отечественные экономисты вынуждены работать с базами данных совсем других стран (например, Израиля). Одним из факторов, тормозящих развитие отечественных исследований по экономике терроризма, является высокая степень закрытости информации об экономических аспектах российского терроризма (прежде всего, связанного с Чечней).

В нашей работе мы попытаемся выявить историческое происхождение терроризма, его социально-психологические

особенности и питательную среду, классифицировать основные направления, выявить основные техногенные и социальные опасности. Подробно рассмотрим историю со студенткой из МГУ Карауловой Варвары и изучим действие методов антизомбирования.

Результатом данной дипломной работы будет электронный учебник, который будет являться информационной системой, охватывающей большую, но далеко не полную часть вопросов противодействия терроризму. Разработка базовой информационной системы электронного учебника направлена на лица, подвергающиеся террористической опасности, отражающего передовой опыт в области обеспечения противодействия терроризму и реализующего современные концепции образования. Кроме того, в работе будут рассмотрены вопросы, связанные как с организацией обучения, так и контроля с помощью электронного учебника.

Библиографический список

1. Латов Ю.В. Экономический анализ современного терроризма. Учебное пособие для вузов. М.: Академия управления МВД России, 2007. - 88 с

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

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Состояние окружающей среды – один из важных показателей благополучия и здоровья населения. Состояние окружающей среды оценивается по таким параметрам, как объем сбросов загрязненных сточных вод и размещенных отходов, доля проб питьевой воды, не соответствующая санитарно-химическим показателям, объем бытового водопотребления и доля населения, проживающая в городах с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха. Сравнительный анализ показателей Ивановской области с соседними областями приведен в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ показателей загрязнения окружающей среды Ивановской области и соседних областей [1, 2]

Наименование	Значения показателей в области	Соответствие нормам	Соседние области		
			Владимирская	Ярославская	Нижегородская
Доля населения в городах с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха	0	+	0	0	13

Объем бытового водопотребления на душу населения, м ³ /чел	60,41	–	*	56,2	*
Объем загрязненных сбросов, млн. м ³	82,22	–	110,49	192,96	*
Доля проб питьевой воды, не соответствующая санитарно-химическим показателям, %	33,4	–	55,0	29,2	*
Объем размещенных отходов в области, млн. т	0,562	–	*	0,567	*

Примечание: *– область не находится в списке приоритетных областей с нарушениями; +(-)-значение показателя ниже (выше) среднероссийского уровня.

На данный момент в Ивановской области состояние окружающей среды оставляет желать лучшего. Многие показатели превышают среднероссийский уровень. Объем сбросов загрязненных сточных вод и размещенных по области отходов превышают соответствующие нормы.

Объем отходов промышленного, бытового и сельскохозяйственного производства является одной из экологических проблем Ивановской области. Причиной данной проблемы являются следующие: захоронение отходов на объектах, не отвечающим санитарным требованиям, постоянный рост отходов, отсутствие производства по переработке твердо-бытовых отходов.

На данный момент в области основным способом переработки отходов является их захоронение. Бытовые отходы без отсортировки и переработке отправляются на полигоны, которые не соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям. Многие существующие полигоны исчерпали свой ресурс (срок их службы 1-3 года).

Влияние бытовых отходов на среду обитания и состояние здоровья человека вызывает следующие последствия:

- размножение возбудителей инфекционных заболеваний,
- размножение паразитов и микроорганизмов, бытовых насекомых
- загрязнение поверхностных, грунтовых и глубинных вод и др.

Следующий показатель состояния окружающей среды в области, который не соответствует санитарным нормам – это сбросы загрязненных сточных вод. Из-за большого объема сбросов сточных вод санитарно-химические показатели качества питьевой воды превышают нормативные. Причинами сброса загрязненных сточных вод являются следующие:

- сброс основного объема стоков без предварительной очистки,
- превышение срока эксплуатации, износ очистных сооружений предприятий и жилищно-коммунального хозяйства,
- отсутствие контроля над сбросами сточных вод,

-несоблюдение режима санитарной охраны зон водоемов, которые являются основными источниками водоснабжения.

Состояние окружающей среды отражается на здоровье населения. Ивановская область занимает 1-е место в РФ по смертности от онкозаболеваний. Причем у женщин основным видом рака является рак молочной железы, а у мужчин – рак дыхательных путей и рак желудка. Также увеличились случаи заболевания раком кожи.

За 2016 год смертность от злокачественных новообразований превысила 400 случаев на 100 тыс. человек.

Причины столь высокой смертности:

- повышенное содержание почвенного радона в жилых и общественных зданиях,
- плохая экологическая обстановка,
- несбалансированное питание,
- чрезмерное употребление алкоголя и табакокурение,
- отсутствие профосмотров и профилактики рака.

Анализ состояния окружающей среды, показывает, что Правительству Ивановской области следует больше уделять внимания проблемам защиты окружающей среды.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году» [Электронный ресурс] URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=142679>
2. Экологическая ситуация Ивановской области [Электронный ресурс] URL: <http://ecology-of.ru/ekologiya-regionov/ekologicheskaya-situatsiya-ivanovskoj-oblasti>
3. Раковый "корпус" атакует Иваново [Электронный ресурс] URL: http://www.trud.ru/article/25-11-2002/49681_rakovyj_korpus_atakuet_ivanovo.html

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

РАЗРАБОТКА ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ КУРСА "ЭКОЛОГИЯ".

Компьютерное тестирование имеет ряд преимуществ:

- быстрое получение результатов испытания и освобождение преподавателя от трудоемкой работы по обработке результатов тестирования;
- объективность в оценке и др. [1].

Составление компьютерных тестов является довольно сложной и трудоемкой работой. Создание теста предполагает тщательный анализ содержания учебной дисциплины, укрупнение и дифференциация дидактических единиц с последующим представлением этих единиц через элементы композиции задания [1].

Нами разработана база данных с тестами к лабораторным занятиям учебной дисциплины "Экология" с использованием программы MyTestXPro [2]. С помощью системы программ MyTestXPro поддерживаются возможности форматирования текста, вставки рисунков, таблиц, символов, имеется удобный встроенный текстовый редактор. Программа поддерживает несколько независимых друг от друга режимов тестирования. Используя различные режимы и параметры тестирования, можно эффективно решать разнообразные задачи, как обучения, так и проверки знаний.

При разработке структуры базы данных использовалась рабочая программа учебной дисциплины, материалы учебного пособия — "Оценка и обеспечение экологической безопасности [3].

В базу данных по лабораторным занятиям учебной дисциплины "Экология" [3] включено 138 заданий.

Для того чтобы избежать однотипных вопросов, темы разбиты на подтемы. Например, для темы «Расчет платы за выбросы, сбросы и размещение отходов было задано 5 подтем:

- общие вопросы нормирования платы;
- формулы для расчёта платежей;
- особенности расчёта платежей за выбросы, сбросы твёрдых отходов;
- задачи по расчёту платежа при заданных условиях;
- источники средств для осуществления платежей.

В табл. приведены наименования тем (лабораторных работ или практических занятий) количество заданий по темам и в тесте для проверки знаний.

Таблица. Наименования тем (лабораторных работ или практических занятий), количество заданий по темам и в тестах

№	Тема	Количество заданий	
		По теме	В тесте
1	Расчет платы за выбросы, сбросы и размещение отходов;	21	7
2	Оценка допустимости воздействия сброса на проточный водоем	18	7
3	Определение предельно допустимого расхода сточных вод, сбрасываемых в проточный водоем	20	7
4	Моделирование экосистемы "ОЗЕРО" и управление этой системой	20	7

5	Оценка допустимости воздействия выбросов на атмосферу	24	7
6	Оценка минимально допустимой высоты источника выбросов	20	8
7	Определение предельно допустимых выбросов и зон влияния вредных веществ	15	7
Всего по курсу		138	50

Оценка результатов тестирования в программной системе MyTestXPro [2] может задаваться различными способами (баллами (пять, десять, сто баллов), зачет, незачет, процент правильных ответов ($P_{по}$) и др.). Ни одна из систем в полной мере не подходит к системе оценки знаний РИТМ, принятой в Ивановском государственном энергетическом университете, поэтому оценка за тест определялась по формуле $O = (P_{по}) / 20$. Оценка по работе выставляется после прохождения тестовых заданий и проверки содержания отчета.

Проверка эффективности и работоспособности MyTestXPro с созданной базой заданий для контроля усвоения знаний будет проведена для студентов ИФФ, ИВТФ и ЭМФ. После опытной эксплуатации будет проведен дидактический анализ результатов тестирования, чтобы скорректировать в дальнейшем процесс обучения студентов.

Библиографический список

1. **Компьютерное тестирование** [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.litsoch.ru/>
2. **Справочное** руководство по программе [Электронный ресурс] – режим доступа: http://mytest.klyaksa.net/wiki/Заглавная_страница
3. **Соколов, А.К.** Оценка и обеспечение экологической безопасности: учеб. пособие/ А. К. Соколов, Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 147 с. ISBN

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

Сине-голубое излучение имеет огромную роль в работе зрительного анализатора. Современные белые светодиоды имеют выраженную полосу излучения в сине-голубой полосе 440–460 нм, полностью приходящуюся на спектр действия фотохимического повреждения сетчатки глаза и её пигментного эпителия. Такое излучение представляет повышенную опасность для работников. Фотохимическое повреждение сетчатки развивается в отдалённые

сроки и вызывает постепенные необратимые нарушения зрения. Использование светильников со светодиодами может иметь непредсказуемые негативные и необратимые последствия для зрения. Зарубежные и отечественные ученые в области офтальмологии называют это «сине-голубой опасностью».

В ходе работы был проведен анализ действующих законодательных и нормативно-правовых актов по охране труда в части отражения в них вопросов «сине-голубой опасности». В результате этого анализа установлено, что эта проблема не нашла должного отражения в действующих нормативно-правовых актах, что, безусловно, не способствует успешной борьбе с этим фактором.

В результате работы предложены изменения и дополнения в отдельные действующие нормативные и методические документы, направленные на оценку и разработку мер по снижению «сине-голубой опасности», а также профилактических мер по снижению заболеваний органов зрения работников, обусловленных сине-голубым излучением.

Библиографический список

1. П.П. ЗАК, М.А. ОСТРОВСКИЙ «Потенциальная опасность светодиодов»
2. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах"
3. [ГОСТ 55702—2013. Источники света электрические. Методы измерений электрических и световых параметров](#)
4. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ

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

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК

Характерной особенностью трудовой деятельности персонала промышленных предприятий является воздействие на работающих опасных и вредных факторов, угрожающих здоровью, а порой и жизни. Для обеспечения безопасных условий труда и сохранения здоровья работников необходимы достоверное знание и объективный учет характера и уровня воздействия различных вредных и опасных производственных факторов. Оценка профессиональных рисков — система мероприятий, предусматривающих СОУТ, оценку рисков травмирования, оценку защищенности работников СИЗ, и оценку индивидуальных профессиональных рисков работников. Цель работы – изучить влияние производственных факторов риска на здоровье

работников основных профессиональных групп, а также меры по снижению профессионального риска.

Основные цели оценки профессионального риска:

- Определение потенциальной угрозы, имеющейся в самом рабочем процессе;
- Актуализация перечня мероприятий, необходимых для обеспечения безопасности и сохранности здоровья работников;
- Выбор правильного оборудования и материалов для работы;
- Проверка эффективности осуществляемых мероприятий по охране труда;
- Обеспечение превентивных мер по сохранности здоровья и обеспечению безопасности работников.

Исходя из гигиенических критериев, условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные, опасные.

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника.

Рассмотрим профессиональный риск и установим периодичность и перечень специалистов, необходимых для медосмотра электрогазосварщика, у которого после проведения специальной оценки условий труда установлена вредность 3.2.

2-я степень 3-го класса (3.2) — уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственной обусловленной заболеваемости.

У электрогазосварщика условия труда относятся к классу (подклассу) по факторам:

- 1) химический фактор (3.1);
- 2) шум (3.1);
- 3) неонизирующие излучение (3.1);
- 4) световая среда (2);
- 5) тяжесть трудового процесса (3.1).

Руководствуясь приказом минздравсоцразвития России №302н от 12.04.11 (Приложение 1), можно сделать вывод, что периодичность медицинского осмотра для электрогазосварщика должна в обязательном порядке проводиться 1 раз в год. Список врачей-специалистов периодического осмотра: терапевт, рентгенолог, оториноларинголог, невролог, хирург, дерматовенеролог, офтальмолог, онколог, аллерголог. Обязательное прохождение

предварительного медицинского осмотра для выявления противопоказаний к работе. Не допуск к работе при выявленных противопоказаний, чтобы избежать травматизма и аварий.

Рекомендации по улучшению и оздоровлению труда для электрогазосварщика: применение СИЗ, усовершенствование вентиляции, организация рационального режима труда и отдыха, рационализация рабочего места рабочей зоны.

Библиографический список

1. Р 2.2.2006-05 "Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Роспотребнадзором 29.07.2005).
2. Приложение N 1к приказу Минтруда России от 24 января 2014 г. N 33н «Методика проведения специальной оценки условий труда».
3. Приказ Минздравсоцразвития России №302н от 12 апреля 2011 г. (Приложение1)

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

УПРАВЛЕНИЕ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Вся ответственность за созданий условий труда, соответствующих требованиям норм и правил, возложена на работодателя. Поскольку он не в состоянии контролировать все аспекты безопасности труда, то передает часть своих полномочий в этой области подчиненным: либо в виде части должностной инструкции, либо в виде особой инструкции.

В помощь работодателю создается служба охраны труда (ОТ) - группа специалистов, знающих, что нужно сделать для обеспечения безопасности труда, и являющихся консультантами работодателя по этим вопросам. Работники имеют право на создание независимых от работодателя органов контроля за соблюдением требований ОТ через сеть своих уполномоченных. Уполномоченный имеет право по итогам работы предоставлять работодателю предписание, обязательных к рассмотрению. Обычно функцию независимого контроля берут на себя профсоюзные организации предприятий. Рассмотрим управление охраной труда на предприятии.

Объектом управления являются условия труда (параметры микроклимата, уровень шума, вибрации, освещения, вентиляции, запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны и т.д.), состояние оборудования, наличие и состояние защитно-предохранительных устройств, выполнение работниками требований

инструкций по охране труда, выполнение администрацией запланированных мероприятий по улучшение состояния охраны труда на предприятии.

Существует несколько различных действующих систем управления охраной труда.

Коллективный договор между работодателем и работниками, в одном из разделов которого приводятся мероприятия, которые запланированы на период действия договора, и фиксируется уже достигнутый уровень обеспечением производственной безопасности.

Аттестация рабочих мест по условиям труда, травмобезопасности оборудование и обеспеченности работников спецодеждой и СИЗ. Её может проводить предприятия своими силами или сторонняя организация, имеющая аттестат аккредитации.

Административнообщественная комиссия по охране труда. Комитет создается на паритетной основе из представителей работодателей, профессиональных союзов и иных уполномоченных работниками представительных органов и осуществляет свою деятельность в целях организации сотрудничества и регулирования отношений работодателей и работников и (или) их представителей в области охраны труда на предприятии.

Трех- или четырехступенчатый контроль за соблюдением требований охраны труда на предприятии – многоуровневая система непрерывного и постоянного контроля за обеспечением требований охраны труда в процессе деятельности предприятия, организации. Трехступенчатый контроль в системе управления охраной труда является основной формой контроля представителями работодателя и трудового коллектива за состоянием условий и безопасности труда на рабочих местах.

В последнее время чаще применяется метод оценки индивидуального профессионального риска. Целью оценки и управления является обеспечение безопасности и сохранение здоровья работника в процессе трудовой деятельности. Управление профессиональными рисками – это комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих в себя меры по выявлению, оценке и снижению уровней профессиональных рисков.

Библиографический список

1. «Основы безопасности жизнедеятельности в энергетике», А.Г. Горбунов, Иваново 2006.
2. ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда».
3. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 г.
4. http://ohrana-bgd.ru/obsch/obsch5_6.html «Комиссии и комитеты по охране труда»

*К.Е. Ревенко, студ., С.С. Чурсин, студ.; рук. М.С. Кузнецов
(НИ ТПУ, г. Томск)*

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ИСТОЧНИКА АЛЬФА-ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗРИ ПОСРЕДСТВОМ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТЕЙ ПОТОКА ЧАСТИЦ ОТ МАЗКОВЫХ ПРОБ

Целостность защитного покрытия (герметичность) источника альфа-излучения должна проверяться во избежание утечки радионуклидов в окружающую среду [1]. Несмотря на малую проникающую способность альфа-частицы могут нанести огромный вред здоровью, проникая непосредственно внутрь тела, так как они способны в минимальных дозах вызвать развитие лучевой болезни [2].

Изучение процесса миграции радионуклидов на поверхность ЗРИ является актуальным, при подозрении на нарушение или истощение защитного покрытия ЗРИ и утечку радиоактивного вещества из ЗРИ.

В данной работе для исследования использовались ОСАИ, срок эксплуатации которых истек (срок эксплуатации – 2 года), для определения возможности продления срока службы данных источников. Для этого проводится регулярный контроль миграции нуклидов в альфа-источнике. Источники перед началом испытания очищались (дезактивировались). С источников снимались сухие мазки из хлобчатобумажной ткани размером 10x10 см². Далее эти мазки подвергались радиометрическим измерениям [3] плотностей потока альфа- и бета-частиц с помощью радиометр-спектрометра портативного МКС-А03 с блоком БДС-АБ2. Данные измерения повторялись с повторным взятием мазков с проб с интервалом в 1-2 месяца. По результатам данной работы было выяснено, что целостность защитного покрытия ЗРИ не нарушена и миграции частиц на поверхность источников не происходит. Установлено, что возможна дальнейшая эксплуатация данных источников с регулярным контролем плотностей потока частиц на поверхности источника.

Библиографический список

1. ГОСТ 25504-82. Источники ионизирующего излучения радионуклидные закрытые. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2005.
2. Бойко В.И., Силаев М.Е. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов: учебное пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2011.
3. ГОСТ Р 51919-2002. Источники ионизирующего излучения радионуклидные закрытые. Методы испытания на утечку. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002.

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

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Трансформаторы занимают одно из первых мест по числу аварий в техногенной сфере. При этом экономический ущерб составляет миллионы рублей, а негативное влияние на экологию вследствие разлива трансформаторного масла или выбросов в атмосферу продуктов его горения очень велико. Поскольку ликвидировать уже возникшую аварию на трансформаторе сложно, то необходимо качественно и своевременно прогнозировать возможные негативные проблемы, возникающие в процессе их эксплуатации.

Наиболее распространенным методом диагностики масляных трансформаторов является хроматографический анализ газов, растворенных в масле (ХАРГ).

В РФ имеется официальная методика для оценки результатов ХАРГ[1] и, кроме того, целый набор альтернативных методов интерпретации ХАРГ. Поэтому в данной работе была сделана попытка оценить эффективность различных методов и на их основе разработать комбинированный алгоритм оценки состояния маслонаполненного оборудования. При проведении исследований был использован программный комплекс «Диагностика+», разработанный в Центре по проектированию и оценке состояния электротехнических объектов ИГЭУ.

Результатом работы являются анализ состояния аномальных трансформаторов на основе различных методов, оценка эффективности этих методов по специальному алгоритму, предложения по разработке комбинированного алгоритма.

Библиографический список

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97:Издание шестое. – М.: ЭНАС, 1998.

*О.С. Тарасова, Р.Д. Николаев, студ.;
рук. Ю.Ю. Рогожников, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УЧЁТ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ РАБОТНИКОВ

Медицинские осмотры являются обязательными для работников занятых на работах с вредными и опасными условиями труда [1]. Проводятся медицинские осмотры за счет средств работодателя с целью определения пригодности работников для выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний. Работодатель обязан организовать проведение предварительных и периодических осмотров работников, которые проводятся медицинскими организациями, имеющими соответствующее право [2]. Функции по организации проведения медицинских осмотров работников на предприятии осуществляет служба охраны труда (ОТ).

На сегодняшний день на рынке представлено достаточно много программных продуктов, позволяющих автоматизировать функции, выполняемые службой охраны труда предприятия. В табл. 1 представлено сравнение лишь трех, на наш взгляд наиболее часто встречающихся систем.

Таблица 1 - Характеристики программных продуктов для специалиста по ОТ

Характеристика	Охрана труда для 1С: Предприятия 8 [3]	Электронное рабочее место по ОТ [5]	Система «Охрана труда» [4]
Цена (базовая), руб.	30000	25500	49400
Наличие положительных отзывов пользователей системы	+	+	+
Интеграция с другими системами (БД)	+	-	-
Регулярное обновление	+	+	+
Наличие подсистемы «Медицинские осмотры»	+	+	-
Журнал медосмотров	+	+	-
Расчет стоимости медосмотра	+	-	-

По совокупности положительных характеристик выбор был остановлен на программе «Охрана труда» для 1С:Предприятия 8, которая позволяет автоматизировать проведение медосмотров работников.

Функциональными возможностями системы явились следующие:

- формирование перечня контингентов;
- формирование списка лиц для медосмотров;
- формирование графика медосмотров;
- расчет стоимости медосмотров;
- возможность проведения различных видов медосмотров и хранение их результатов;
- хранение информации об ограничениях и заболеваниях физических лиц.

При вводе первоначальных данных система обеспечивает сохранение следующих сведений:

- о проведенных ранее медосмотрах;
- о заболеваниях и ограничениях работников;
- об исключении из списков медосмотров;
- о врачах, осуществляющих медосмотры.

При проведении ежесменного осмотра в системе отражаются результаты его проведения, а также регистрируются все проведенные ежедневные медосмотры выбранного подразделения.

Для организации прохождения предварительных и периодических медосмотров устанавливается периодичность медосмотров по факторам, видам работ и профессиям в зависимости от структуры организации. Формирование записей о стаже для медосмотров позволяет заполнять записи, по профессиям, вредным факторам и видам работ. Для распределения лиц, проходящих медосмотры по дням, создаётся график прохождения медосмотров. Результаты проведения медосмотра можно вывести для всего списка лиц предприятия. Кроме этого, имеются следующие возможности:

- автоматическое составление списка лиц в зависимости от задаваемого вида медосмотра;
- формирование документов в зависимости от вида результата медосмотра.

Таким образом, применение соответствующих программных продуктов позволяет автоматизировать организацию проведения медосмотров на предприятиях.

Библиографический список

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016).
2. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н (ред. от 05.12.2014) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения

обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

3. [Интернет ресурс].URL: <http://www.ot-soft.ru/> (дата обращения 16.12.2016).

4. [Интернет ресурс].URL: <http://www.proflit.ru/> (дата обращения 17.12.2016).

[Интернет ресурс].URL: <http://www.eohranatruda.ru/> (дата обращения 18.12.2016).

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

О ВЛИЯНИИ ВРЕМЕНИ ГОДА И ТИПА РЕКИ НА ПРОЦЕСС РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Работа промышленных предприятий связана с потреблением воды. При этом образуются сточные воды, которые подлежат сбросу в близлежащие водные объекты.

Разбавление сточных вод – это процесс снижения концентрации загрязняющих веществ в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Методики разбавления сточных вод описаны в [1, 4]. В учебных пособиях [1, 2] дается упрощенная методика расчета, использующая коэффициент и функцию коэффициента Шези. В нормативных документах [3, 4] приведена методика учитывающая коэффициент шероховатости $n_{ш}$ различных типов рек (табл. 1) и коэффициенты шероховатости нижней поверхности льда $n_{л}$ для зимнего периода года (табл. 2).

Таблица 1. Коэффициенты шероховатости ($n_{ш}$) для открытых русел водотоков (по М.Ф. Срибному)

№ реки	Полное название реки	Сокращенное название	$n_{ш}$
1	Реки в весьма благоприятных условиях	ВБУ	0,025
2	Реки в благоприятных условиях течения	БУ	0,030
3	Реки в сравнительно благоприятных условиях	СБУ	0,035
4	Реки, имеющие сравнительно чистые русла	ИЧР	0,040
5	Русла значительно засоренные, извилистые и частично заросшие с беспокойным течением	ЗИР	0,050
6	Порожистые участки равнинных рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала	ГПР	0,067
7	Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами	ЗВР	0,080

Секция 10. Безопасность жизнедеятельности в техносфере

№ реки	Полное название реки	Сокращенное название	$n_{ш}$
8	Поймы такие же, как в предыдущей категории, но с сильно неправильным течением, заводами	ЗНТ	0,100
9	Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода)	РБТ	0,133

Таблица 2. Коэффициенты шероховатости нижней поверхности льда (по П.Н. Белоконю)

№ п/п	Период	n_z
1	Первые 10 суток после ледостава (первая - вторая декада декабря)	0,15 - 0,05
2	10 - 20 суток после ледостава (последняя декада декабря - начало января)	0,1 - 0,04
3	20 - 60 суток после ледостава (середина января - первая декада февраля)	0,05 - 0,03
4	60 - 80 суток после ледостава (конец февраля - начало марта)	0,04 - 0,015
5	80 - 110 суток после ледостава (март)	0,025 - 0,01

Нами выполнено расчетное исследование процесса разбавления сточных вод в целях 1) оценки погрешности методики [1, 2] и 2) определения времени года, в которое концентрации вредного вещества в расчетных створах проточного водоема будут иметь наибольшие значения (оценка допустимости воздействия сточных вод должна выполняться для самых неблагоприятных условий).

Расчеты концентрации сточных вод, содержащих нефтепродукты, выполнены для девяти типов рек для летнего и зимнего времени года по двум методикам для расчетных створов, расположенных от сечения выпуска на расстояниях $L=100; 300; 500; 800; 1200; 1500$ м по длине русла для глубин рек $H=1; 3; 5$ м с помощью программы Excel.

Значения концентраций для различных глубин русла реки приведены в табл. 3 и 4. Для зимнего времени года приведены расчеты только для месяца марта, в котором коэффициент шероховатости нижней поверхности льда наименьший ($n_{л} = 0,01$, см. табл. 2).

Таблица 3. Значения концентраций при глубине русла реки 1 м

Длина, м	Значения концентраций для различных типов рек для периода года, мг/л										
	Методика [1,2]	Летний период (Методика 3, 4)									Зимний период
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100	4,09	5,4	4,8	4,4	4,05	3,5	2,8	2,5	2,04	1,6	4,2
300	1,76	2,6	2,2	1,9	1,7	1,4	1,07	0,82	0,72	0,53	1,8
500	1,09	1,7	1,4	1,2	1,07	0,86	0,63	0,58	0,43	0,33	1,1
800	0,68	1,07	0,89	0,77	0,67	0,53	0,39	0,34	0,28	0,23	0,71
1200	0,45	0,71	0,59	0,51	0,44	0,36	0,27	0,25	0,22	0,19	0,47
1500	0,36	0,57	0,47	0,41	0,36	0,29	0,24	0,22	0,19	0,18	0,38

Таблица 4. Значения концентраций при глубине русла реки 5 м

Длина, м	Значения концентраций для различных типов рек для периода года, мг/л										
	Методи ка [1,2]	Летний период (Методика 3, 4)									Зимний период
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
100	1,09	2,6	2,4	2,1	1,9	1,7	1,4	1,3	1,1	0,96	3,1
300	0,36	0,98	0,85	0,76	0,68	0,58	0,47	0,42	0,37	0,32	1,2
500	0,24	0,59	0,50	0,45	0,41	0,35	0,29	0,27	0,25	0,22	0,74
800	0,19	0,37	0,32	0,29	0,27	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,46
1200	0,17	0,26	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,18	0,17	0,17	0,31
1500	0,16	0,23	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,26

Анализ данных в табл. 3 и 4 позволяет сделать следующие выводы:

1) Значения концентрации по методике [1, 2] соответствуют более точным расчетам по методике [3, 4] для реки № 4 при глубине русла реки 1 м и для реки № 8 при глубине русла реки 5 м (в табл. 3 и 4 эти результаты выделены желтым цветом). Для других типов рек погрешность упрощенной методики [1, 2] может достигать 200 %.

2) Для рек № 1, 2, 3 при глубине русла реки 1 м оценку допустимости следует выполнять для летнего периода года, а при глубине русла реки 5 м оценку допустимости следует выполнять для зимнего периода года (в табл. 3 и 4 эти результаты с наибольшими концентрациями вредного вещества выделены бледно-зеленым цветом). Расчеты показали, что вид неблагоприятных условий (летнего или зимнего периода года) зависит от глубины русла реки и типа реки.

Таким образом, оценка допустимости воздействия вредного вещества из сточных вод должна выполняться по более точной методике [3, 4], а самые неблагоприятные условия следует определять путем сравнения концентраций вредного вещества, рассчитанных для летнего и зимнего периодов года.

Следует отметить, что в СТО 70238424.13.020.30.001-2010 «Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) [3] при описании расчета коэффициента турбулентной диффузии для зимнего времени допущена ошибка, поэтому для расчета рекомендуется применять методику [4], утвержденную МПР России от 17.12.2007 № 333.

Библиографический список

1. **Соколов А.К.** Экологическая экспертиза проектов: учеб. пособие: ГОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет им.В.И.Ленина.- Иваново,2005.-108 с.
2. **Белов С.В.** Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник: Юрайт-М, 2011. - 680 с.
3. СТО 70238424.13.020.30.001-2010.Методика расчета нормативов допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ и тепла в поверхностные водные объекты сточными водами тепловых электрических станций и котельных: Дата введения 20-07-

2010. [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://gostrf.com/normadata/1/4293808/4293808250.htm>, свободный.-Загл.с экрана.
 4. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей: утверждена МПР России от 17.12.2007 № 333.[Электронный ресурс] – режим доступа: <http://gostrf.com/normadata/1/4293834/4293834833.htm>, свободный.-Загл.с экрана.

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

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ВЕТРА НА ПРОЦЕСС РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ

Оценка допустимости воздействия выполняется при опасной скорости ветра для неблагоприятных метеоусловий, а так же для опасного направления ветра.

Для оценки фактических значений расчет необходимо производить при реальных условиях. Это необходимо делать для оценки реальной обстановки. Особенно важно, если эти значения концентраций уже превышают допустимые.

Для этой оценки безопасности выбросов важно знать значение концентраций при реальных скоростях ветра.

В работе проведено исследование влияния скорости ветра на процесс рассеивания. Исходные данные для расчета приведены в табл.1.

Расчет выполнен для скоростей ветра, отличающихся от опасной скорости ветра на $\pm 30\%$, т.е. $u_1=1,21$ м/с и $u_2=2,24$ м/с. Основные результаты расчета процесса рассеивания c_m (максимальная концентрация) и x_m (расстояние от источника выброса, на котором наблюдается максимальная концентрация) приведены в табл. 2. Расчеты выполнены по нормативному документу ОНД-86 [1].

Таблица 1. - Исходные данные для расчета влияния скорости ветра на процесс рассеивания

Принимаемые данные	Символ	Значение
Вредное вещество		Зола
Максимальная концентрация золы в приземном слое воздуха при опасной скорости ветра	$c_{мз}$	0,34 мг/м ³
Скорость ветра, отличающаяся от опасной скорости ветра на + 30 %	u_1	2,24 м/с
Опасная скорость ветра	u_m	1,726 м/с
Скорость ветра, отличающаяся от опасной скорости ветра на -30 %	u_2	1,21 м/с

Расстояние от источника выбросов, при котором достигается максимальное значение концентрации	x_m	139,86 м
--	-------	----------

Таблица 2. – Результаты расчета влияния скорости ветра на процесс рассеивания

Параметр	Обозначение	Результат расчета		
		$u=1,21$ м/с	$u=1,726$ м/с	$u=2,24$ м/с
Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества	c_m , мг/м ³	0,28	0,34	0,33
Расстояние от источника выброса	x_m , м	172	139,9	153,8

На рис. 1 и 2 приведены графики значения концентраций для различных расстояний от источника выбросов и зависимости концентрации от расстояния по перпендикуляру к оси факела для двух расстояний от источника выбросов.

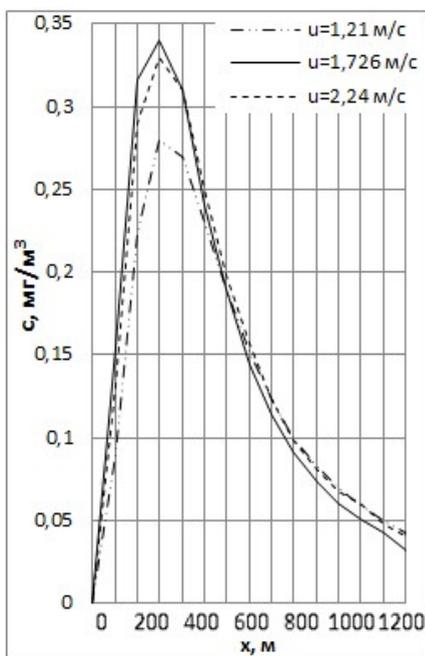


Рис. 1. Зависимость концентрации от расстояния от источника выброса

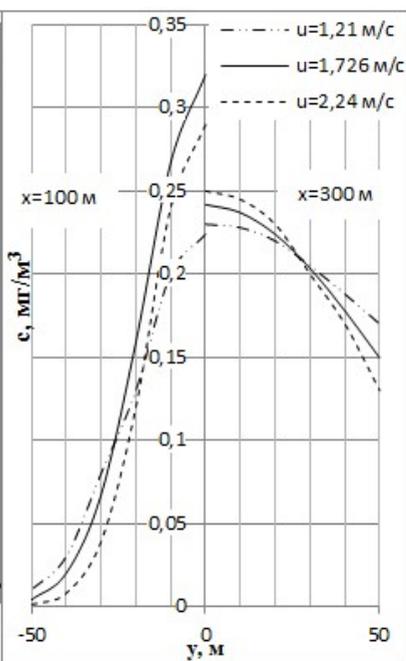


Рис. 2. Зависимость концентрации от расстояния y по перпендикуляру к оси факела

На основе анализа рассчитанных параметров и графических зависимостей можно увидеть, что расстояние от источника выброса, на котором наблюдается максимальная концентрация,

прямопропорционально зависит от скорости ветра (см. табл. 2 и рис. 1).

Наибольшее значение максимальной приземной концентрации на расстоянии x_m , наблюдается при опасной скорости ветра.

Снижение скорости ветра на 30 % по сравнению с опасной скоростью ветра более значительно уменьшает значение максимальной приземной концентрации (см. табл. 2 и рис. 1).

При увеличении расстояния от источника выброса (больше x_m) влияние скорости ветра концентрацию снижает, а концентрации при скоростях ветра отличных от опасной скорости становятся меньше концентраций при опасной скорости ветра (см. рис. 1). Примерно такая же картина соотношения концентраций наблюдаются при удалении от оси факела (см. рис. 2).

Таким образом, на основании выполненного исследования можно сделать вывод, что наиболее сильное влияние на величины приземных концентраций скорости ветра оказывает на расстоянии x_m от источника выброса.

Библиографический список

1. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 76 с.

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

СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ SO_2 И NO_2 НА КАРТЕ МЕСТНОСТИ

Для оценки воздействия газов SO_2 и NO_2 (и других вредных веществ) на окружающую среду применяется метод наложения, при котором поля приземных концентраций веществ наносятся на карту местности. Этот метод позволяет наглядно оценить, степень опасности газов для интересующих точек на местности (селитебной зоны).

Для вредных веществ, не обладающих суммацией вредного действия, на карту местности можно наносить поле приземных концентраций $c(x,y)$ в виде линий постоянного уровня $c(x,y) = \text{пост.}$ Сравнивая значение $c(x,y)$ с предельно допустимой концентрацией вещества (ПДК) в интересующей точке местности можно оценить допустимость воздействия вещества по условию [1]

$$c \leq \text{ПДК.} \quad (1)$$

Для вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, к которым относятся газы SO_2 и NO_2 оценка воздействия должна выполняться по условию [2]

$$\frac{c_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{c_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1,6. \quad (2)$$

Концентрации каждого газа SO_2 и NO_2 можно нанести на отдельные карты или на одной карте нанести концентрации сразу двух газов SO_2 и NO_2 . Для оценки допустимости воздействия придется определять интерполяцией концентрации каждого газа SO_2 и NO_2 , а затем по условию (2) оценивать степень их опасности. Такая операция является довольно трудоемкой.

Для упрощения процедуры оценки воздействия предлагается наносить поле сумм концентраций $O(x,y)$ в виде линий постоянного уровня $O(x,y) = \text{пост.}$, а $O(x,y)$ вычислять по формуле

$$O(x,y) = \frac{c_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{c_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}}. \quad (3)$$

Для построения линий постоянного уровня необходимо определять координаты x и y , при которых величина $O(x,y)$ будет равна заданному значению (рис.).

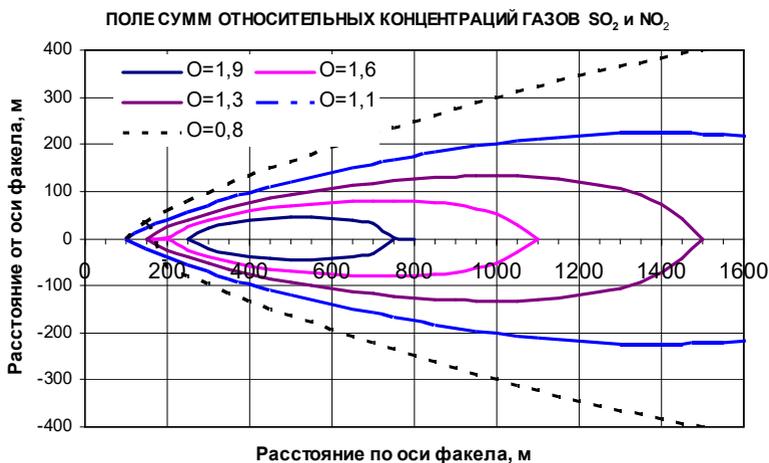


Рис. Поле сумм относительных концентраций газов SO_2 и NO_2

Координаты x и y определяются решением нелинейных уравнений [1] по методу [3].

В качестве примера с помощью программ, описанных в [4], рассчитаны и приведены на рис. линии постоянного уровня $O(x,y) = \text{пост.}$ С помощью такого изображения легко определять зоны с недопустимым воздействием газов SO_2 и NO_2 , в которых не выполняется условие (2). Например, зона с недопустимым воздействием газов SO_2 и NO_2 на рис. ограничена линией $O(x,y) = 1,6$.

Библиографический список

1. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 76 с.
2. ГН 2.1.6.2326-08 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение N 4 к ГН 2.1.6.1338-03. [Электронный ресурс] – режим доступа: http://standartgost.ru/g/ГН_2.1.6.2326-08.
3. Соколов А.К. Математическое моделирование нагрева металла в газовых печах: Научное издание. – Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2011. – 396 с.
4. Соколов А.К. Оценка и обеспечение экологической безопасности: Учеб.-метод. пособие./ ФГБОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". – Иваново, 2016. – 144 с.

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

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ДВУХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЦИКЛОНОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО

Центробежные циклонные аппараты применяют для сухой очистки невзрывоопасных выбросов деревообрабатывающих и механических цехов, сушилок, печей, и других установок. Их принцип действия основан на использовании центробежных сил, которые возникают при вращении газопылевого потока внутри циклона. Частицы под действием центробежных сил отбрасываются к внутренней поверхности корпуса циклона, ударяются, теряют скорость и перемещаются вниз к бункеру. К преимуществам данных аппаратов относят простоту устройства, высокую производительность, надежность в работе.

Общей степенью очистки газа называют отношение массового расхода пыли, уловленной в аппарате M_y (г/с, т/ч), к массовому расходу пыли M_n , поступившей в него вместе с газом.

$$\eta = M_y / M_n \quad (1)$$

Для достижения требуемой степени очистки газа часто приходится очищать газ в нескольких аппаратах, установленных последовательно по ходу газа. Суммарную степень очистки газа в системе, состоящей из k аппаратов, определяют по формуле

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_k) \quad (2)$$

где $\eta_1, \eta_2 \dots \eta_k$ - степени очистки газа в отдельных аппаратах.

В таких случаях для расчета общей эффективности системы газоочистки требуется определять фракционный состав пыли, выходящей из первого аппарата и поступающей в последующий аппарат. Массовый расход пыли, г/с, i -той фракции на выходе из первого аппарата может быть найден по формуле:

$$M_{\text{ф.к.и}} = (1 - \eta_{\text{ф.и}}) \cdot M_{\text{ф.н.и}} \quad (3)$$

где $\eta_{\text{ф.и}}$ - коэффициент фракционной эффективности очистки газа от пыли данной фракции в данном аппарате; $M_{\text{ф.н.и}}$ - массовый расход пыли i -той фракции на входе в аппарат, г/с.

Зависимость коэффициента фракционной степени очистки газа от пыли в циклонах ЦН-15 [1] показана на рис.1.

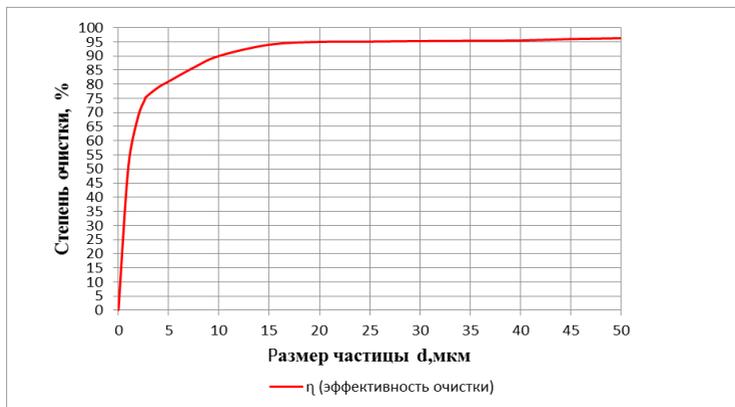


Рис.1. Коэффициент фракционной степени очистки газа от пыли в циклоне зависящий от размеров частиц

Проведены расчеты общей эффективности очистки двух групповых циклонов несколькими способами с учетом и без учета изменения дисперсности пыли на выходе из первого циклона. Расчет с учетом фракционной эффективности очистки следует считать более точным.

На рис. 2. приведены характеристики дисперсности пыли в виде функций $M(d)$ и $B(d)$. Функция $M(d)$ показывает массовую долю частиц (%), диаметр которых меньше d , а функция $B(d)$ – массовую долю частиц (%), диаметр которых больше d . Например $M(20) = 30\%$, показывает, что массовая доля частиц, диаметр которых меньше 20 мкм составляет 30 %.

Для данной исходной дисперсности пыли $M_1(d)$ величина общей эффективности очистки в двух циклонах расчет с учетом фракционной эффективности очистки (рис.1) и расчет эффективностью очистки по d_{50} (медианному диаметру частиц) получилась примерно одинаковой. Такой результат объясняется тем, что в исходной пыли частицы диаметром $d > 10$ мкм составляли около 80 % по массе. В докладе приводятся результаты расчета общей эффективности очистки двух групповых циклонов для пыли с другими долями фракций.

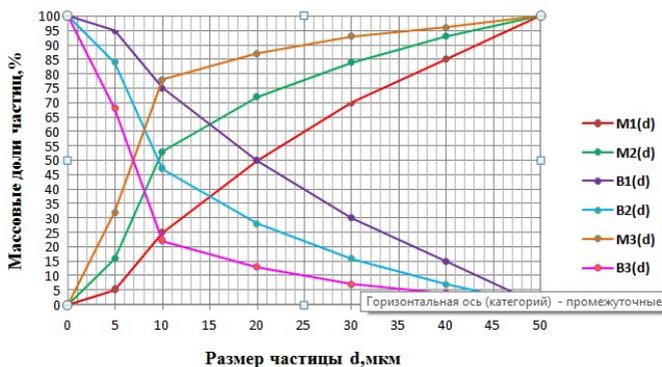


Рис.2. Характеристики дисперсности пыли $M(d)$ и $B(d)$: 1 – на входе в первый циклон, 2 – на входе во второй циклон, 3 – на выходе из второго циклона

Библиографический список

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию. / Под ред. Русанова А.А. —М.: Энергоатомиздат, -1983.
2. Алиев Г. М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: справ. изд. / Г.М.-А Алиев. – М.: Metallургия, 1986.
3. Юдашкин М. Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии/ – М.: Metallургия.
4. Безопасность жизнедеятельности в вопросах и ответах, задачах и решениях: учеб. Пособие/ А.Г.Горбунов, В.И. Дьяков, В.Н. Ларионов и др., Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО "Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина", - Иваново, 2000.

*П. А. Филиппова, студ.;
рук. М.Г.Есина, ктн., О.В.Хонгорова кф-мн.
(ИПСА ГПС МЧС РФ, г. Иваново)*

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В ЦФО РОССИИ

В результате дорожно-транспортных происшествий в России ежегодно погибают более 30 тысяч человек, более 200 тысяч человек получают травмы. В целом потери от ДТП в несколько раз превышают ущерб от железнодорожных катастроф, пожаров и несчастных случаев. В связи с этим исследование, изучающее динамику дорожно-транспортных происшествий является актуальным.

Нами выполнен анализ статистики дорожно-транспортных происшествий по данным Госавтоинспекции Российской Федерации в Центральном федеральном округе с 2005 года по 2015 год (табл.1).

Таблица 1. Статистические данные по числу дорожно-транспортных происшествий и количеству погибших в результате ДТП в Центральном федеральном округе с 2005 г. по 2015 г.

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Число ДТП (x)	63785	66406	68487	61974	57491	55532	55031	54493	53410	53210	47627
Число погибших (y)	9612	9553	9780	8286	7127	7021	7494	7305	6913	7391	6078

Построим поле корреляции и по методу наименьших квадратов вычислим значения коэффициентов a и b уравнения линейной парной регрессии функции $y(x)=a+bx$.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$\hat{y} = -3007,421 + 0,188 \cdot x. \quad (1)$$

Оценим полученную зависимость.

Рассчитаем линейный коэффициент парной корреляции для линейной регрессии:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{\sqrt{\sigma_x^2 \cdot \sigma_y^2}}; r_{xy} = 0,956.$$

Коэффициент выше значения 0,7, поэтому связь высокая, прямая. Определим коэффициент детерминации составит $r_{xy}^2 = 0.913$.

Найдем среднюю ошибку аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y - \hat{y}}{y} \right| \cdot 100\%; \quad \bar{A} = \frac{0,403}{11} \cdot 100\% = 3,66\%.$$

Средняя ошибка аппроксимации имеет значение меньше 10% – это говорит о высоком уровне надежности уравнения регрессии.

Рассчитаем F-критерий:

$$F_{\text{факт}} = \frac{r_{xy}^2}{1 - r_{xy}^2} (n - 2); \quad F_{\text{факт}} = \frac{0,913}{1 - 0,913} \cdot 9 = 94,44.$$

Определим критическое значение распределения Фишера для уровня доверия 0,95, одного фактора и 11 значений:

$$F_{кр} = F(0,05; 1; 9) = 4,84.$$

Сравнив $F_{кр}$ и $F_{\text{факт}}$ получим, что $F_{кр} < F_{\text{факт}}$. Следовательно можно принять гипотезу о статистической значимости параметров уравнения, а линейная функция (1) применима для аппроксимации.

Таким образом, в результате проведенного исследования получена зависимость количества лиц, погибших в результате дорожно-транспортных происшествий от их общего числа. Наблюдается положительная динамика снижения как числа дорожно-транспортных происшествий, так и числа погибших в результате ДТП.

Статистический анализ дорожно-транспортных происшествий на основе регрессионной модели позволяет проводить прогнозирование на последующие периоды времени, в таком случае возможно использование полученной информации соответствующими органами для проведения мер по обеспечению безопасности дорожного движения.

СЕКЦИЯ 11

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Председатель – д.т.н., профессор А.И. Тихонов
Секретарь – к.п.н., доцент Г.А. Шмелева

А.Л. Козловский, асп.; рук. К.К. Кадыржанов, д.ф.м.н., проф.
(ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан)

НАПРАВЛЕННАЯ МОДИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУР

В настоящее время значительные усилия направлены на синтез и исследование свойств металлических одномерных наноматериалов или металлических нанотрубок/нанопроволок (НТ), таких как Au, Ag, Cu, Fe, Co, Ni. Эта тенденция связана с перспективностью их применения в оптоэлектронике, фотоэлектрохимии, катализе, медицине и т.д. Возможность контроля и регулирования физических и химических свойств таких структур вызывает к ним все больший интерес, так как данное свойство способствует расширению области использования наноматериалов. Электронное облучение металлических наноструктур (НС) является эффективным инструментом для стимулирования контролируемой модификации структурных, оптических, электрических и магнитных свойств материалов. Изменяя условия облучения, свойства материала мишени могут быть изменены в желаемом направлении. Облучение вызывает структурные изменения в материале, которые непосредственно оказывают влияние на его свойства.

Анализ электронных микрофотографий Co НТ до и после облучения электронами выявил шероховатости и своеобразные наросты на поверхности исходных образцов (рис. 1), ЭДА анализ указанных областей показал, что наросты, также как и сами трубки, состоят из кобальта, без примесей кислорода или оксидных фаз. В процессе облучения наблюдается уменьшение шероховатости на поверхности (при облучении 50 и 200 кГр), что вероятнее всего обусловлено изменением структуры НТ под воздействием облучения потоком электронов. При дозе облучения 250 кГр (в поверхность Co НТ становится более пористой, ЭДС анализ выявил незначительное содержание кислорода в со-

ставе образцов, атомное соотношение элементов в Co НТ при дозе облучения 250 кГр составило Co_{97}O_3 . Появление незначительного количества кислорода на поверхности НТ может быть обусловлено локальным нагревом металлической структуры в процессе электронного облучения, которое и приводит к окислению поверхности Co НТ.

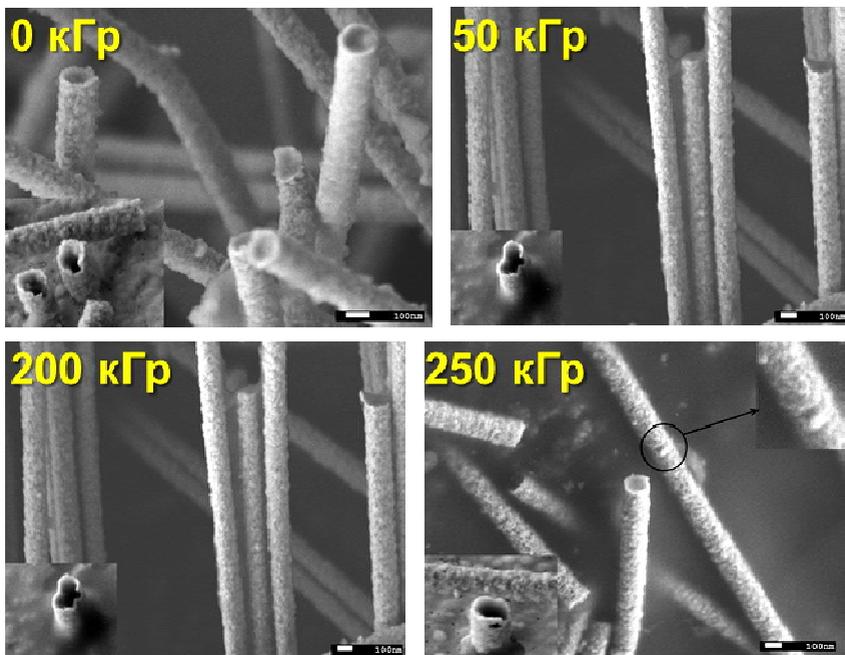


Рис. 1. Электронные микрофотографии исследуемых образцов Co НТ до и после электронного облучения

В результате модификации структурных и проводящих свойств металлических нанотрубок на основе кобальта путем электронного облучения было выявлено, что при облучении электронным пучком с энергией 5,0 МэВ происходит электронный отжиг дефектов в структуре.

*К.А. Ерзунов, студ. ИГХТУ;
рук. Т.Ю. Кумеева, к.т.н (ИХР РАН, Иваново), Н.П. Пророкова,
д.т.н. (ИХР РАН, Иваново), С.М. Кузьмин, к.х.н (ИГЭУ, Иваново)*

ПРИДАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ С ПОМОЩЬЮ ПОВЕРХНОСТНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА

Одним из наиболее эффективных путей создания новых волокнистых материалов является модифицирование волокон и изделий из них. Для волокнистых материалов требуется значительное улучшение их собственных характеристик и придание принципиально новых свойств. В частности, можно прогнозировать, что высоким спросом будут пользоваться недорогие и долговечные полиэфирные текстильные материалы, способные обесцвечивать попадающие на них загрязнения и уничтожать неприятные запахи. Такие ткани могут использоваться для отделки вагонов, салонов автомобилей, самолетов, как интерьерные ткани в учреждениях общественного питания, социальных и детских учреждениях и т.п.

Целью настоящего исследования является придание полиэфирным тканям способности к самоочищению. Придания полиэфирным тканям способности к самоочищению можно достичь за счет формирования на их поверхности устойчивого покрытия с фотокаталитическими свойствами. Одним из наиболее перспективных путей решения этой задачи является нанесение на ткань наноразмерного кристаллического диоксида титана в форме анатаза, обладающего высокой фотокаталитической активностью разработка способа придания полиэфирным тканям способности к самоочищению за счет формирования на их поверхности покрытия на основе наночастиц диоксида титана, обладающих фотоактивными свойствами.

Получить такие полиэфирные материалы весьма сложно в связи с тем, что волокнистый материал в процессе эксплуатации подвергается истирающим воздействиям в сухом и мокром состоянии, стиркам и химическим чисткам, поэтому наноструктурированное покрытие должно быть достаточно прочно зафиксировано на поверхности полиэфирных волокон. Однако обеспечить его высокую адгезию трудно, т.к. волокна на основе полиэтилентерефталата имеют очень малое количество активных функциональных групп и обладают гладкой по-

верхностью. В настоящем исследовании для увеличения количества активных функциональных групп на поверхности ткани используется химический способ активации полиэфирных волокнистых материалов, а также активация поверхности полиэфирной ткани плазмой поверхностно-барьерного разряда. Основой активации полиэфирных волокон является регулируемый слабый поверхностный гидролиз полиэтилентерефталата, осуществляемый при сохранении исходного уровня прочности волокнистого материала. За счет этого увеличивается адгезионная способность полиэфирной ткани, что создает условия для фиксации на её поверхности наночастиц диоксида титана.

В данном исследовании использовался диоксид титана в виде анатаза. Золь был получен гидролизом тетраизопропилата титана (TIP) в водной среде в присутствии 0,1 М HNO_3 . 0.0405M $\text{Ti}(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_4$ смешивали с 0.21M $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$. Полученный раствор добавляли к избытку 0.1M HNO_3 при температуре 70°C. Мгновенно сформировавшийся рыхлый осадок продуктов гидролиза перемешивали при 80°C в течение 5 часов до образования прозрачного золя диоксида титана.

Оценка возможности придания ПЭФ ткани способности к фотохимическому разложению органических загрязнений за счет её модифицирования малым количеством наночастиц TiO_2 показала, что при нанесении на поверхность волокнистого материала оксида в количестве не менее 8 г/м² ткань приобретает способность к фотохимической деструкции адсорбированных на ней органических веществ. Предварительная активация ПЭФ ткани химическим способом или плазмой поверхностно барьерного разряда, приводящая к образованию на её поверхности дополнительных активных кислородсодержащих групп и повышению шероховатости волокон, обеспечивает формирование на поверхности волокна тонкого, упорядоченного покрытия из наночастиц TiO_2 без отложения избытка в межволоконных пространствах. Это способствует значительному дополнительному повышению фотохимической активности модифицированной ткани.

Придание фотокаталитических свойств ПЭФ ткани за счет модифицирования наночастицами TiO_2 характеризуются приемлемой устойчивостью к эксплуатационным воздействиям, что косвенно свидетельствует о хорошей адгезии нанесенного модификатора к полиэфирной подложке. Модифицирование суспензией наночастиц TiO_2 предварительно активированной ПЭФ ткани не приводит к снижению её прочности при длительном УФ-облучении.

*И.А. Прохоров, студ. ИВГПУ;
рук. Т.Ю. Кумеева, к.т.н (ИХР РАН, Иваново), Н.П. Пророкова,
д.т.н. (ИХР РАН, Иваново), С.М. Кузьмин, к.х.н (ИГЭУ, Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ТИТАНА, ДОПИРОВАННОГО МЕТАЛЛАМИ, ДЛЯ ПРИДАНИЯ ПОЛИЭФИРНОЙ ТКАНИ ПОВЫШЕННОЙ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

В последние десятилетия активно проводятся исследования, направленные на придание тканям различного волокнистого состава фотокаталитической активности. Такие ткани обладают способностью обесцвечивать на свету окрашенные загрязнения, например, пятна кофе, вина, ягодного сока. Наличие указанного эффекта особенно важно для синтетических, в первую очередь, полиэфирных тканей, которые широко используются при отделке помещений, изготовлении штор и других декоративных деталей интерьера. Придания тканям способности к самоочищению можно достичь за счет формирования на их поверхности устойчивого покрытия на основе кристаллического наноразмерного диоксида титана, обладающим фотокаталитической активностью при освещении натуральным или искусственным светом, который является наиболее устойчивым, недорогим, безопасным, химически и биологически инертным фотокатализатором. Тонкое покрытие на основе диоксида титана оптически прозрачно, что очень важно в случае применения его для модифицирования колорированных волокнистых материалов.

На первом этапе исследований первое из указанных препятствий было успешно преодолено за счет использования предварительной активации поверхности полиэфирной ткани, основанной на слабом гидролизе макромолекул полиэтилентерефталата, локализованных в поверхностном слое волокна. В результате активации увеличивается содержание на поверхности волокон активных кислородсодержащих групп и возрастает степень шероховатости волокнистого материала, что положительно сказывается на устойчивости покрытия на основе диоксида титана к эксплуатационным воздействиям. Чтобы преодолеть второе препятствие и избежать повышения жесткости ткани, на волокнистый материал наносили такое количество диоксида титана, которого достаточно для формирования сплошного фотохимически активного покрытия на каждой нити, но недостаточно для отложения его в

межволоконном пространстве. Установлено, что модификация даже таким, сравнительно небольшим, количеством диоксида титана придает полиэфирной ткани способность обесцвечивать попадающие на неё загрязнения. Однако в этом случае процесс фотохимической деструкции окрашенных соединений на поверхности ткани протекает сравнительно медленно, что связано с наличием на ткани малого количества фотокатализатора. Поскольку увеличение количества диоксида титана может привести к росту жесткости и ухудшению драпируемости ткани, для повышения скорости и интенсивности реакции фотохимической деструкции было предложено увеличить фотохимическую активность самого модификатора – диоксида титана. Указанной цели можно достичь допированием кристаллической решетки диоксида титана другими элементами, особенно переходными металлами и их оксидами, сопоставимыми по радиусу с ионом Ti^{4+} . Это приводит к увеличению доли кристаллической фазы в композиционных материалах без разрушения сформированной наноструктуры и смещению спектральной активности материала в видимую область.

Целью настоящей работы являлась оценка возможности повышения фотохимической активности модифицированной полиэфирной ткани за счет замены наносимых на её поверхность наноразмерных частиц диоксида титана на диоксид титана, допированный металлами.

Проведена оценка возможности повышения фотохимической активности полиэфирной ткани, обладающей способностью к самоочищению, за счет замены наносимых на её поверхность наноразмерных частиц диоксида титана на наночастицы диоксида титана, допированные железом, медью и серебром. Установлено, что использование для модифицирования ПЭФ ткани металлсодержащих нанокомпозитов на основе TiO_2 вызывает заметное увеличение скорости деструкции красителя, особенно высокое в первые 60 минут УФ-облучения. Показано, что наиболее значительное увеличение фотохимической активности полиэфирной ткани после модифицирования наночастицами диоксида титана, допированными металлами, наблюдается при использовании в качестве допирующего металла серебра.

Установлено, что в случае использования для модифицирования полиэфирной ткани наночастиц диоксида титана, допированных различными металлами, предварительная активация ткани практически не оказывает влияния на степень фотохимической активности модифицированной ткани.

*Д.И. Комар, асп.; рук. С.А. Кутень, к.ф.-м.н.
(МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск)*

ОТКЛИК СПЕКТРОМЕТРА С КРИСТАЛЛОМ NaI(Tl) НА НЕЙТРОННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

При проведении экспериментов в смешанных полях нейтронного и гамма-излучения, спектрометр будет регистрировать также гамма-излучение от ядерных реакций взаимодействия нейтронов с самим материалом кристалла [1]. Взаимодействие сцинтиллятора с нейтронами затрудняет оценку спектральных характеристик поля гамма-излучения и вносит ошибку в рассчитываемые дозиметрические величины (если в приборе реализован алгоритм “спектр-доза”).

Коллиматор тепловых нейтронов установки поворочной нейтронного излучения (УПН-АТ140, УП "АТОМТЕХ") формирует коллимированный пучок нейтронов со значительной составляющей нейтронов тепловых энергий. В работе [2] проведено исследование возможности получения источника захватного гамма-излучения в геометрии коллиматора тепловых нейтронов с $^{238}\text{Pu-Be}$ источником нейтронов и мишенями из титана и никеля. Исследования проводились при помощи спектрометрического блока детектирования БДКГ-19М NaI(Tl) 63×160мм с нелинейной характеристикой преобразования канал-энергия в диапазоне до 10 МэВ. Количество каналов АЦП блока БДКГ-19М составляет 1024. На полученных спектрах различимы линии от реакции нейтронов на кристалле NaI [2].

Была построена Монте-Карло модель блока детектирования БДКГ-19М (рис. 1). Параллельный поток монохроматического нейтронного излучения направлялся в торец блока. Для расчета аппаратного спектра в MCNP-4b использовалась карта *tally* F8 и энергетическая карта E8 в которую была добавлена реальная калибровка “канал-энергия” [3].

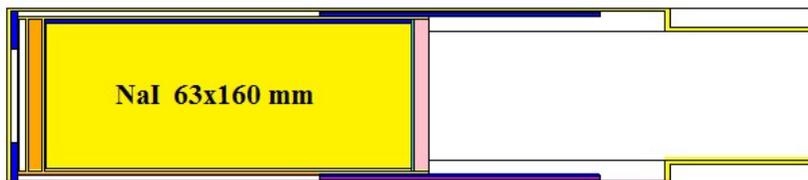


Рис. 1. Монте-Карло модель спектрометрического блока БДКГ-19М

Модель учитывает все материалы и геометрические размеры блока. Были рассчитаны спектры гамма-излучения на нейтроны из различных

энергетических групп и для спектров $^{238}\text{Pu-Be}$ - и ^{252}Cf - источников нейтронов.

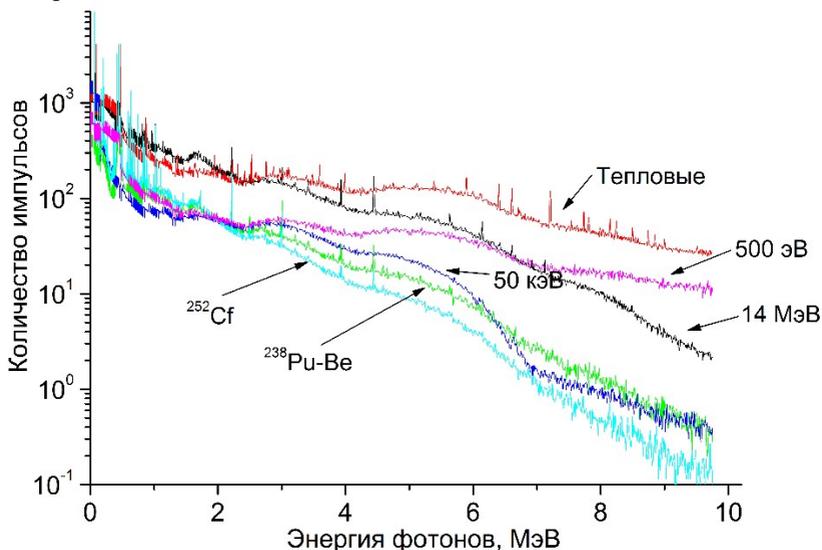


Рис. 2. Спектры гамма-излучения от взаимодействия нейтронов на кристалле NaI(Tl) 63×160мм блока БДКГ-19М

На спектрах (рис. 2) отчетливо видны линии захватного гамма-излучения для нейтронов тепловых энергий и линии упругого рассеяния быстрых нейтронов (14 МэВ). Спектр тепловых нейтронов лежит значительно выше спектра промежуточных и быстрых нейтронов. Это означает, что в первую очередь необходимо организовать фильтрацию тепловых нейтронов.

Важно заметить, что в поле ^{252}Cf -источника быстрых нейтронов, реакций с образованием фотонов на кристалле меньше чем от источника $^{238}\text{Pu-Be}$. Таким образом, более предпочтительно использовать именно ^{252}Cf -источники.

Библиографический список

1. **Robin P. Gardner**, El Sayyed, Yuanshui Zheng NaI detector neutron activation spectra for PGNAА applications // Applied Radiation and Isotopes. - 2000. - С. 483-497.
2. **Комар, Д. И.** Формирование поля захватного гамма-излучения до 10 МэВ для метрологического обеспечения приборов радиационной защиты / Д. И. Комар, Р. В. Лукашевич, В. Д. Гузов, С. А. Кутень // Приборы и методы измерений. – 2016. – № 3. – С. 296-304.
3. **Briesmeister J.F.** MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4B. / - Los Alamos. 1997. – 736 p.

*Д.И. Комар, асп.; рук. С.А. Кутень, к.ф.-м.н.
(МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск)*

ЭТАЛОННЫЕ ПОЛЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ С ЭНЕРГИЯМИ ОТ 4 ДО 10 МэВ

На атомных электростанциях с водным охлаждением гамма-кванты с энергией 6,13 МэВ от распада ^{16}N могут вносить значительный вклад в индивидуальную дозу облучения работника, особенно это касается лиц, осуществляющих операции по техническому обслуживанию оборудования с охлаждающей жидкостью. Из-за относительно большого периода полураспада изотопа ^{16}N (7,13 с) значительная его часть успевает выйти за пределы основной защиты реактора по трубопроводам. Из-за отсутствия подходящих радионуклидных источников, энергетическая зависимость отклика дозиметров обычно не проверяется для энергий выше 1,25 МэВ (Co-60). Поля гамма-излучения с более высокими ($E_\gamma > 3$ МэВ) энергиями, пригодные для калибровки приборов получают с помощью ядерных реакций. Такой способ формирования эталонных калибровочных полей требует значительного количества дорогостоящего лабораторного оборудования, которое доступно нескольким ведущим национальным институтам.

В начале 70-х годов в Комиссариате по атомной энергии Франции (CEA, Commissariat à l'énergie atomique) был поставлен вопрос о создании опорных калибровочных фотонных полей с энергиями от 1 до 10 МэВ. На реакторе Triton была реализована схема получения опорных полей до 10 МэВ с помощью ядерной реакции захвата (n, γ) тепловых нейтронов на мишенях из никеля и титана. Проведенные эксперименты с индивидуальными дозиметрами, показали что, можно сильно недооценивать дозу гамма-излучения с энергиями более 3 МэВ. Для полей от мишеней ошибка может составлять для дозиметров различного типа, от -400% до +50%.

Почти моноэнергетическое гамма-излучение с энергией 4,44 МэВ формируется на компактном циклотроне в РТВ с помощью реакции $^{12}\text{C}(p, p'\gamma)^{12}\text{C}$ [1]. Мишень из углерода толщиной 2 мм облучается протонами с энергией 5,7 МэВ, при этом излучение от мишени на 97,4% состоит из фотонов с энергией 4,44 МэВ.

Поля с энергиями, идентичными энергиям на АЭС, получают по ядерной реакции $^{19}\text{F}(p, \alpha\gamma)^{16}\text{O}$. Такие поля широко используются для калибровки до 7 МэВ [2]. Мишень представляет собой тонкий слой CaF_2 , плотностью 6 – 7 мг/см², нанесенный на углеродную подложку. В РТВ мишень облучают протонами с энергией 2,7 МэВ, ускоренными

электрическим полем генератора Ван де Граафа. Подложка из углерода используется для уменьшения числа вторичных электронов высоких энергий. При энергии протонов 2,7 МэВ спектр фотонов от мишени включает три высокоэнергетичные компоненты: 6,13 МэВ, 6,92 МэВ, 7,12 МэВ. Фотоны низких энергий образуются по конкурирующей реакции $^{19}\text{F}(p, p'\gamma)^{19}\text{F}$, однако вклад этих фотонов в мощность кермы в воздухе незначителен.

Интересной представляется возможность использования радионуклидных источников быстрых нейтронов для создания компактного лабораторного источника захватного гамма-излучения со стационарным во времени полем. Поток быстрых нейтронов от радионуклидного источника ($^{238}\text{Pu-Be}$, ^{252}Cf , $^{241}\text{Am-Be}$) замедляется до тепловых энергий в полиэтилене и направляется на мишень. При таком подходе простейший источник захватного излучения состоит из источника быстрых нейтронов, замедлителя и мишени [3].

Экспериментальное и теоретическое (при помощи моделирования методами Монте-Карло) исследование показало возможность применения стандартного коллиматора тепловых нейтронов установки поверочной нейтронного излучения (УПН-АТ140, УП "АТОМТЕХ") с $^{238}\text{Pu-Be}$ источником нейтронов (типа ИБН-8-6), как источника гамма-излучения в диапазоне энергий до 10 МэВ для проверки и калибровки спектрометров и дозиметров гамма-излучения в расширенном диапазоне энергий. Монте-Карло моделирование проводилось с помощью кода MCNP (версия MCNP 4b) [4].

Библиографический список

1. **Guldbakke, S.** Properties of high-energy photon fields to be applied for calibration purposes / S. Guldbakke, D. Schaffer // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 1990. – P. 367–371.
2. **Kowatari, M.** Establishment of 6- to 7- MeV high-energy gamma-ray calibration fields produced using the 4-MV Van De Graaff accelerator at the facility of radiation standards, Japan Atomic Energy Agency / M. Kowatari, Y. Tanimura // Radiation Protection Dosimetry. – 2015. – Vol. 168, № 3. – P. 300-313.
3. **Комар, Д. И.** Использование геометрии тепловых нейтронов поверочной установки нейтронного излучения УПН-АТ140 как источника захватного гамма-излучения с энергиями до 10 МэВ для калибровки сцинтилляционных блоков детектирования / Д. И. Комар, Р. В. Лукашевич, В. Д. Гузов, С. А. Кутень // Пятая Международная конференция "Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии ИСМАРТ 2016" : сб. тез. докл., 26-30 сентября 2016 г. / Белорусский Государственный Университет. – Минск, 2016. – С. 62-64.
4. **Briesmeister J.F.** MCNP-A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4B. / - Los Alamos. 1997. – 736 p.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРОДИНАМИКИ ДЛЯ ОБЪЯСНЕНИЯ СТРОЕНИЯ АТОМА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

В настоящей работе рассмотрено применение основных положений геометродинамики для описания свойств и строения атома и элементарных частиц. Используемый подход позволяет изменить наши представления о строении вещества и его фазовых превращениях.

Приведены основные параметры и геометрия нейтрона, протона, электрона и ядра исходя из нейтронной теории [1]. Показаны причины нестабильности и устойчивости протона, нейтрона, а так же выяснены затруднения в существующих представлениях о строении частицы [2].

Рассмотрены модели кристаллической структуры протона, проведено их сопоставление с экспериментальными фактами [3]. Проведен анализ работ, в которых имеются разногласия между кварковой теорией строения протона и результатами экспериментального изучения [4].

Показано, что при точности разрешения 10 – 14 см обнаруживается значительно меньшее количество кварков, чем при увеличении разрешения на один порядок (10 – 15 см). Более того, остается неясной причина отсутствия кварков при аннигиляции протона и антипротона. Существующее разногласие между теорией и экспериментом автора [3] пытаются объяснить исходя их геометрической модели, согласно которой в структуре протона имеются элементарные заряды (электроны и позитроны). Исходя их геометрической модели, удастся по-иному трактовать строение ядер атомов, в которых нейтрон является суперпозицией электрона и протона. Такая трактовка находится в противоречии с квазикристаллической структурой ядра. Проведенное рассмотрение указывает на необходимость дополнительных экспериментальных и теоретических исследований строения атома и ядра [4].

Библиографический список

1. **Сараг Б. М.** Картина нашего мира. Материалы XXIV международной конференции «Электромагнитное поле и материалы». М.: 2016, с. 27-37.
2. **Аугоковский В. А.** Общая эфиродинамика: Моделирование структур вещества и полей на основе представлений о газоподобном эфире. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 278 с.
3. **Сурнин С. П.** Кристаллическая структура протона Материалы XXIV международной конференции «Электромагнитное поле и материалы». М.: 2016, с. 38-47
4. **Сурнин С. П.** Модели фундаментальной механики. «Журнал проблем эволюции открытых систем» («ПЭОС»). – Алма-Ата, 2012. – Т. 1. – 28 с.

*О.В. Крестьянинова, студ.; рук. М. Н. Шипко д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СПЕЦИФИКА ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ СТРУКТУРИРОВАННЫХ ВОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

Исследование оптоэлектронной эмиссии структурированных водных растворов является важным инструментом для анализа их физико-химических свойств. Данные о параметрах эмитируемых электронов могут быть получены с помощью метода газоразрядной визуализации (ГРВ). Однако широкое использование данного метода в физике и химии растворов затруднительно ввиду отсутствия надежной интерпретации получаемых картин газоразрядного изображения.

В настоящей работе рассмотрен процесс эмиссии электронов инициируемый в ГРВ-камере (рис. 1). Его специфика связана с тем, что эмиссия электронов с поверхности капли раствора вызвана не постоянным электрическим полем, а биполярными электрическими импульсами амплитудой 9 кВ, длительностью $3 \cdot 10^{-6}$ и частотой 1024 Гц. Электроны, эмитируемые с поверхности капли раствора ускоряются электрическим полем, порождая электронные лавины, которые вызывают ионизацию воздуха, формируя скользящий газовый разряд на стенке оптической системы фотокамеры. Свечение газа с помощью системы визуализации преобразуется в газоразрядное изображение (ГРИ) (рис. 2), которое представляет собой пространственно-



Рис. 1. ГРВ-камера для исследований по методу газоразрядной визуализации

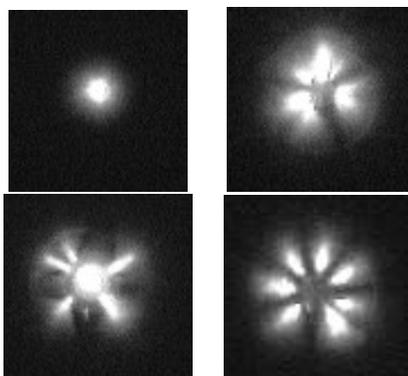


Рис. 2. ГРИ капель воды

распределённую группу участков свечения воздуха различной яркости, длины и частоты.

Параметры следов движения электронов (стимеров), определяются энергией электронов, их количеством и особенностями каналовых продвижений в растворе. В результате параметрического анализа картины ГРИ вычисляются амплитуды вероятностные, фрактальные, яркостные параметры картин эмиссии электронов и возбуждаемых ими фотонов. В свою очередь эти параметры определяются структурным состоянием объемной части поверхности раствора.

Интерпретация таких параметров затруднительна ввиду того, что в процессе эмиссии принимают участие электроны делокализованные между молекулами, молекулярными комплексами или находящиеся в приповерхностном слое. Значения энергии таких электронов находятся в широком интервале. При выходе их из раствора в межэлектродное пространство они могут преодолевать потенциальные барьеры различной высоты. Формируемые в разряде стримеры могут быть образованы электронами, свободно движущимися вдоль каналов, создаваемых молекулярными комплексами структурированного раствора за счет туннелирования электронов или их эмиссии с поверхностного слоя.

Картина разряда существенно усложняется в межэлектродном пространстве за счет слияния, ветвления стримеров и фотоионизации воздуха. В случае малых расстояний между головками соседних стримеров они сливаются, образуя широкие следы ионизации. Короткие и слабоинтенсивные следы обусловлены электронами, эмитируемыми из раствора за счет туннелирования. Исследование таких стримеров при известных параметрах поля позволяет определить энергию связи электрона в молекулярном комплексе. Полученная картина ГРИ может быть инструментом для оценки структурного состояния раствора.

*М.Н. Альбещенко, Е.А. Демидова студ;
рук. М.В. Дмитриев, к.т.н., доц. (ИГЭУ, г. Иваново)*
**УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЯЗКОСТИ ГАЗОВ**

Лабораторная установка для определения коэффициента вязкости газа должна обеспечивать постоянство скорости протекания газа по измерительному каналу, ламинарность его течения, простоту и легкость измерения его объема в пределах одного-двух литров. На установке, созданной на кафедре физики ИГЭУ, коэффициент вязкости исследуемого газа определяется с погрешность менее одного процента.

Постоянство скорости протекания газа по измерительному каналу обеспечивается с помощью сосуда Мариотта, из которого жидкость (вода) вытекает с постоянной скоростью. Это постоянство обеспечивается за счет применения обратной связи в виде трубки небольшого диаметра, по которой внутрь сосуда может поступать извне воздух. Трубка пропущена через пробку, герметично закрывающую сосуд. Ее нижний конец опущен в жидкость до уровня немного превышающего уровень патрубка, по которому жидкость выливается из сосуда. На патрубок надета гибкая пластмассовая трубка, по ней жидкость поступает в приемный сосуд. В небольших пределах скорость вытекания жидкости регулируется изменением расстояния по высоте между концом трубки обратной связи и концом сливной трубки.

Объем вытекающей жидкости определяется по разности ее уровней в сосуде в начале и в конце процесса измерения. Для этого на стенке сосуда вертикально закреплена миллиметровая шкала, и сосуд откалиброван с помощью мерного сосуда: объем одного миллиметра столба жидкости составляет пять кубических сантиметров ($5 \text{ см}^3/\text{мм}$).

Приемный сосуд закрыт герметично крышкой с тремя штуцерами. На первом штуцере закреплен полиэтиленовый пакет с исследуемым газом. На втором штуцере закреплен резиновый шарик, в который наливается жидкость из сосуда Мариотта. Третий штуцер связывает сосуд с атмосферой и в процессе вытекания из сосуда исследуемого газа герметично закрыт. Жидкость, наливаемая в резиновый шарик, повышает давление в сосуде и под его воздействием газ из полиэтиленового пакета по гибкой пластмассовой трубке перетекает по измерительному каналу в полиэтиленовый пакет, находящийся в приемном сосуде. Постоянство скорости газового потока обеспечивается постоянством скорости поступления жидкости в резиновый шарик.

Измерительный канал выполнен из стеклянной капиллярной трубки, диаметр капилляра один миллиметр (1 мм). Выбор капиллярной трубки с малым внутренним диаметром обусловлен требованием иметь установку с малыми габаритами и соответственно с малым объемом исследуемого газа. На определенном расстоянии от концов в трубке просверлены два отверстия диаметром 0,5 мм, по которым давление газа в этих точках передается по гибким пластмассовым трубкам на U-образный манометр. Поток газа, турбулентный на концах капиллярной трубки, становится ламинарным у просверленных отверстий. Требование ламинарности потока обусловлено применением формулы Пуазейля для определения коэффициента вязкого трения газа, протекающего по цилиндрическому каналу [1]. Расстояние между отверстиями равно ста миллиметрам (100 мм), падение давления на этом

участке капилляра достигает двух-трех десятков миллиметров столба манометрической жидкости в зависимости от скорости потока.

Для улучшения точности измерения давления U-образный манометр выполнен с наклонной шкалой, синус угла наклона шкалы ступенчато изменяется от нуля до пяти десятых с шагом, равным одной десятой. Шкала манометра зеркальная.

После завершения эксперимента установка приводится в рабочее состояние, для чего жидкость из резинового шарика декантацией переливается в дополнительную емкость, а из нее обратно в сосуд Мариотта. Сливная трубка помещается над вторым штуцером второго приемного сосуда и установка готова к проведению эксперимента. Газ по измерительному каналу будет протекать в обратном направлении.

Установка позволяет исследовать на вязкое трение разные газы, наполняя ими пары дополнительных полиэтиленовых пакетов. Замена пакетов на установке с «промывкой» измерительного канала новым газом не вызывает затруднений и выполняется за четверть часа.

Библиографический список

1. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. М.: «Наука», 1976. 480 с.

*Г.Н. Исламова, студ.; рук О.В. Соловьева, к.ф.-м.н, ст. преп.,
С.А. Соловьев, к.ф.-м.н
(КГЭУ, КФУ, Казань)*

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА ОБТЕКАНИЯ ПОРИСТЫХ ТЕЛ

Задача обтекания пористого тела имеет широкие приложения в области фильтрации газозвесей. Полностью или частично пористые тела могут выступать в качестве элементов аэрозольных фильтров. Для оценки эффективности фильтров с пористыми элементами необходимо рассчитать течение газозвеси в упорядоченной или случайной упаковке. Поле течения несущей среды при этом с хорошей точностью может быть рассчитано в приближении круговой или прямоугольной ячеечной периодической модели. Модель круговой ячейки ранее широко применялась для описания течений в волокнистых фильтрах, в том числе с пористыми элементами [1, 2]. В настоящее время сохраняется актуальность задача сравнения возможностей различных моделей течения в смешанных однородно-пористых областях, включая рассматриваемую в работе задачу обтекания пористого цилиндра.

В настоящей работе для описания течения несжимаемого газа при обтекании пористого цилиндра в прямоугольной периодической ячейке применялись комбинации моделей Стокса для однородной области и Дарси для пористой области, а также уравнений Навье-Стокса и расширенных уравнений Бринкмана. В постановке с моделью Дарси на границе однородной и пористой среды принято широко используемое условие Beavers and Joseph [3]

$$\frac{\partial u_{\theta}^e}{\partial r} = -\alpha_s S (u_{\theta}^i - u_{\theta}^e), \quad (1)$$

где u_{θ}^e и u_{θ}^i – тангенциальные компоненты скорости течения в однородной и пористой областях, $S = a / \sqrt{k}$, a – радиус цилиндра, k – проницаемость среды. Безразмерный коэффициент скольжения α_s определяется вязкостью несущей среды и геометрическими параметрами пористой среды. Полученная задача решается методом граничных элементов. Во второй постановке решение получено в среде пакета ANSYS Fluent.

Значения безразмерного объемного расхода $Q(S)$ газа, проходящего через пористый цилиндр для периодической ячейки пористости $\varepsilon = 0.96$ рассчитаны по двум моделям. С ростом параметра S (уменьшением проницаемости пористого цилиндра) величина Q монотонно убывает. Приближенная модель Дарси с граничным условием (1) течения в пористом цилиндре дает заниженные значения при всех возможных значениях параметра α_s . Модель Дарси не учитывает поток газа, связанный с тангенциальной компонентой скорости на границе цилиндра.

Библиографический список

1. Stechkina I.B. Drag of porous cylinders in a viscous fluid at low Reynolds numbers // Fluid Dyn. – 1979. – Vol. 14(6). – P. 912-915.
2. Kirsch V.A. Stokes flow past periodic rows of porous cylinders // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2006. – Vol. 40 (5). – P. 465-471.
3. Beavers G.S. Boundary condition at a naturally permeable wall / G.S. Beavers, D.D. Joseph // Journal of Fluid Mechanics. – 1967. – Vol. 30. – P. 197-207.

*Исламова Г.Н.студ.; рук О.В. Соловьева к.ф.-м.н, ст.преп.,
Соловьев С.А. к.ф.-м.н
(КГЭУ, КФУ, Казань)*

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В АППАРАТЕ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ

В настоящее время в химической промышленности активно используются аппараты, работающие с псевдоожигенным слоем. Преимущества промышленного использования аппаратов псевдоожигенного слоя заключается в конструктивной простоте при повышенных свойствах тепло-массообмена, перемешивания химических элементов, находящихся в разных агрегатных состояниях.

Существуют работы, посвященные конструированию аппаратов (например, [1]), а также обобщению моделей для математического моделирования псевдоожигенного слоя (например, [2]). В эффективность работы аппарата вносит вклад каждый конструктивный элемент. В последние годы регулярно появляются работы, рассматривающие особенности отдельных аппаратов (например, [3, 4]).

В настоящей работе рассмотрен аппарат псевдоожигенного слоя цилиндрической формы, предназначенный для протекания реакций с поглощением тепла в присутствии катализатора. В нижней части расположено устройство подачи газа-сырья при температуре 550°C. В аппарате находится микросферический катализатор с диаметром частиц 20-200 мкм. Вдоль оси блока расположена вертикальная труба для подачи регенерированного при температуре 650°C катализатора. В середине реактора, в рабочей зоне расположены решетки уголкового провального типа с площадью свободного сечения около 30%.

При численном моделировании псевдоожигенного слоя использована непрерывная многофазная Эйлерова-Эйлерова модель. Для каждой из фаз выполняются законы сохранения массы, импульса и энергии. Для учета взаимодействия частиц твердых фаз используется уравнение, учитывающее изменение энергии через изменение температуры частиц. Для замыкания системы используются соотношения, полученные из экспериментальных исследований псевдоожигенного слоя.

В настоящей работе дифференциальные уравнения, описывающие гидродинамические и тепловые процессы, в расчетной области модели реактора решались в CFD пакете ANSYS Fluent для нестационарной схемы течения. Вся расчетная область разбивалась на элементы треугольной либо прямоугольной формы в разных подобластях расчетной области, размеры которых достаточны, чтобы определить характерные для исследуемого явления факторы. При заданном начальном распределении катализатора в реакторе, через некоторое время решение выходило на квазистационарный режим. Именно по нему рассчитывались характерные гидродинамические и тепловые картины.

В работе рассчитаны поля концентрации частиц катализатора и температурные поля газа, определяющие интенсивность протекания химической реакции. Выявлено, что наличие вертикальной трубы в середине аппарата влечет скатывание поступившего нагретого катализатора на дно блока. Рассмотрены варианты подачи нагретого катализатора без центральной трубы.

Библиографический список

1. D. Kunii, O. Levenspiel, Fluidization Engineering. Butterworth-Heinemann, 1991.
2. D. Gidaspow. Multiphase Flow and Fluidization. Boston: Academic Press, 1994.
3. T. Samruamphianskun, P. Piumsomboon, B. Chalermsoisuwana Effect of ring baffle configurations in a circulating fluidized bed riser using CFD simulation and experimental design analysis // Chemical Engineering Journal. 2012. Vol. 210. P. 237–251.
4. S.A. Solov'ev, A.G. Egorov, A.A. Lamberov, S.R. Egorova, A.N. Kataev, Effect of the Design of a Feedstock Injection Device in a Fluidized Bed Reactor on the Efficiency of the Reaction, Using the Dehydrogenation of iso-Paraffins in a Fluidized Chromia–Alumina Catalyst Bed as an Example // Catalysis in Industry 2016. Vol. 8 (1). P. 48-55.

*Е. В. Балич, маг.; рук. А. Г. Капустин, к.т.н., доц.
(БГАА, г. Минск)*

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАТОРА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТЕПЛОЙ АНАЛОГИИ В СРЕДЕ MATLAB

Замыслом является разработка методики расчета температур различных частей генератора (статора, ротора) при изменении его режимов работы и внешних условий с целью представить картину распределения тепловых потоков синхронного генератора; выявить наиболее нагруженные в тепловом отношении части синхронного генератора; определить эффективность системы охлаждения.

Для этого разработан алгоритм формализации тепловых расчетов авиационных генераторов по методу тепловых схем замещения. Данный метод использует понятия тепловых сопротивлений, которые рассчитываются по правилам электрических цепей [1,2].

Кроме того, разработана математическая модель тепловых процессов с учетом электротепловой аналогии тепловых и электрических величин [1]. На основании этого построены тепловые схемы замещения статора и ротора. Тепловые схемы замещения представлены в виде замкнутых электрических цепей с источниками токов, эквивалентных источникам тепла. Учет различных значений температур хладагента у отдельных теплопотоков осуществляется вводом их в схему в виде источников ЭДС. Преобразованные таким образом тепловые схемы замещения машины с источниками токов и ЭДС наиболее полно отражают тепловые процессы в электрической машине, так как позволяют учесть возможные перераспределения тепловых потоков из-за влияния различных факторов. Такое представление тепловых схем замещения дает возможность применить к их анализу известные методы расчета электрических цепей [1].

Данные тепловые схемы замещения позволяют определить распределение тепловых потоков по основным частям статора и ротора. Для расчета тепловых сопротивлений различных частей генератора были учтены их геометрические размеры и материал, из которого они изготовлены, а также режимы работы генератора.

Исследование тепловых процессов с учетом разработки математической модели осуществлялось методом Рунге-Кутты с использованием М-файла программы MatLab. Исследования проводились с использованием данных авиационного генератора ГТ30НЖЧ12 [2, 3].

Анализ результатов исследований позволил определить эффективность различных систем охлаждения данного генератора (воздушная

система охлаждения, комбинированная испарительная система охлаждения, жидкостная система охлаждения) при использовании ими различных хладагентов (вода, спирт, авиационный керосин) и при изменении электрических нагрузок генератора. В результате установлено что, система жидкостного охлаждения, применяемая в генераторе ГТ30НЖЧ12, удовлетворяет современным требованиям и позволяет работать генератору в области нормального функционирования воздушного судна [3].

Анализ результатов теплового моделирования показывает, что максимальное превышение температуры основных частей статора над температурой кипения хладагента для номинального режима составляет 28 – 30 °С. Таким образом, температурное поле генератора с жидкостной системой охлаждения является сравнительно равномерным и генератор уверенно работает при длительных номинальных нагрузках в широком диапазоне изменения температур окружающей среды – от 20 °С до 100 °С.

Даже при длительных токах нагрузки $I = 1,5 I_n$ нагрев активных частей приближается, а при $I = 2 I_n$ лишь выходит на предел допустимых температур для электротехнических материалов, применяемых в ГТ30НЖЧ12 с жидкостной системой охлаждения.

Температура окружающей среды (отсека авиадвигателя) оказывает незначительное влияние на температуру активных частей генератора, ввиду высокой эффективности системы охлаждения и особенностей конструкции генератора ГТ30НЖЧ12.

Библиографический список

1. **Балич Е. В.** Алгоритм идентификации параметров тепловых схем замещения авиационных электрических генераторов / Е. В. Балич, А. Г. Сергеев // Электроэнергетика и электромеханика: сборник научно-технических трудов юбилейной международной научной конференции / отв. ред. Низовой А. Н. – Воронеж: НОУ ВПО «Междунар. ин-т компьютер. технологий», 2016. – 68 с.
2. **Балич Е. В.** О погрешностях тепловых расчётов при упрощении математической модели электрической машины / Е. В. Балич // Гражданская авиация: XXI век: сборник материалов VI Международной молодежной научной конференции (10 – 11 апреля 2014 г.). – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2014. – 323 с.
3. **Балич Е. В.** Анализ эффективности функционирования систем охлаждения авиационных генераторов / Е. В. Балич, А. Г. Капустин // Ежемесячный научно-практический журнал «Изобретатель», №3(195)2016. ISSN 2218-743X. – 33С.

М.В. Тамьярова, соиск.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.;

А.В. Гусенков, к.т.н., доц.

(СамГТУ, г. Сызрань; ИГЭУ, Иваново)

ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В MATLAB SIMULINK С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Пакет MatLab Simulink относится к числу наиболее популярных систем численного моделирования. Для моделирования физических систем, содержащих компоненты из различных инженерных сфер деятельности, служит библиотека Simscape, расширяющая возможности MatLab Simulink. В частности, для моделирования электротехнических систем можно использовать один из ее подразделов SimPowerSystems. В числе блоков данной библиотеки присутствуют модели электрических машин, трансформаторов и т.п. Созданные модели позволяют имитировать работу электротехнических систем в динамике.

Однако цепные модели не всегда обеспечивают должную точность расчетов, особенно при наличии устройств с нетрадиционным исполнением. В этих случаях обычно используют полевые динамические модели, основанные, главным образом, на методе конечных элементов. В то же время ввиду повышенных требований к вычислительным ресурсам такие модели не позволяют обеспечить эффект имитации работы устройств. Поэтому актуальной является проблема комбинации цепных и полевых моделей, способная обеспечить быстроедействие, соизмеримое с быстрымдействием цепных моделей при сохранении точности расчетов, характерной для полевых моделей.

Комбинируемую модель, реализованную в среде MatLab Simulink, рассмотрим на примере электрической машины постоянного тока. Реализованная в данной модели технология может быть использована при моделировании любых электротехнических устройств.

Система дифференциальных уравнений динамики произвольной электрической машины выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{d\Psi}{dt} = \mathbf{u} - \mathbf{R}\mathbf{i}, \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J}(M - M_{\text{в}}), \end{cases} \quad (1)$$

где $\Psi = \Psi_k(\mathbf{i}, \alpha)$ – вектор потокосцеплений обмоток; α – угол поворота ротора; \mathbf{i} – вектор токов; \mathbf{u} – вектор напряжений; \mathbf{R} – матрица сопро-

тивлений; ω – частота вращения ротора; M – электромагнитный момент машины; M_b – момент внешних сил; J – момент инерции на валу.

Для k -й обмотки можно записать

$$\frac{d\Psi_k}{dt} = \sum_{j=1}^n \frac{\partial \Psi_k}{\partial i_j} \frac{di_j}{dt} + \frac{\partial \Psi_k}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dt} = \sum_{j=1}^n L_{kj} \frac{di_j}{dt} + C_k \frac{d\alpha}{dt}, \quad (2)$$

где L_{ki} – коэффициент индуктивной связи k -го контура с j -м током; C_k – коэффициент, определяющий наводимую в контуре ЭДС вращения.

Ввиду нелинейности магнитных свойств материалов машины, коэффициенты L_{ki} и C_k рассчитываются на каждом шаге интегрирования системы уравнений (1). Для этого используются матрицы зависимостей $\Psi = \Psi_k(\mathbf{i}, \alpha)$, полученные в серии предварительных расчетов магнитного поля при различных сочетаниях значений токов обмоток и углов поворота ротора. Данные матрицы аппроксимируются многомерными сплайнами, после чего

по ним берутся частные производные и рассчитываются матрицы коэффициентов $L_{ki}(\mathbf{i}, \alpha)$ и $C_k(\mathbf{i}, \alpha)$ в (2) (рис. 1), поставляемые в модель машины постоянного тока (рис. 3).

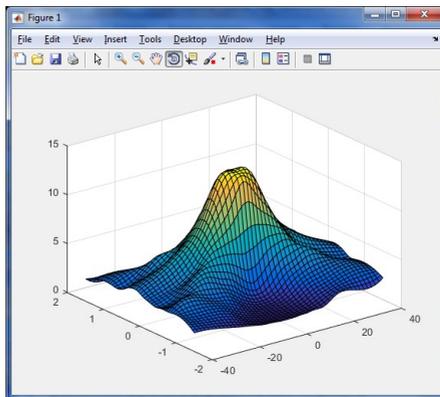


Рис. 1. Сплайн $\partial \Psi_k / \partial i_1$, полученный для машины постоянного тока по матрице $\Psi = \Psi_k(\mathbf{i}, \alpha)$

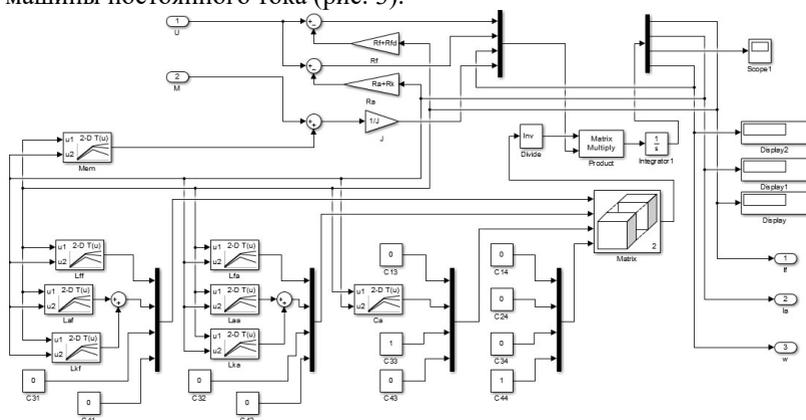


Рис. 5. Модель машины постоянного тока, реализованная в MatLab Simulink

*И. А. Корнев, соиск.; рук. А. И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ СИСТЕМ С ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ

При наличии нескольких инструментов инженерных расчетов важным аспектом является взаимодействие этих инструментов, а так же возможность замены одного инструмента на другой, более пригодный для решения данной узкой специализированной задачи в зависимости от требуемой точности расчета и быстродействия модели. Поэтому расчетная система должна предоставлять исследователю возможность выбора устраивающего его варианта. Помимо своей автономной версии расчетная система должна обеспечивать интеграцию моделей со сторонними приложениями, например с математическими пакетами MatLab, MS Excell, SciLab и т.п. Созданная нами библиотека инженерных расчетов EMLib, основанная на комбинации полевых [1] и цепных [2] моделей, позволяет осуществлять расчет как в автономном режиме, так и в режиме интеграции с существующими приложениями на базе вышеперечисленных пакетов.

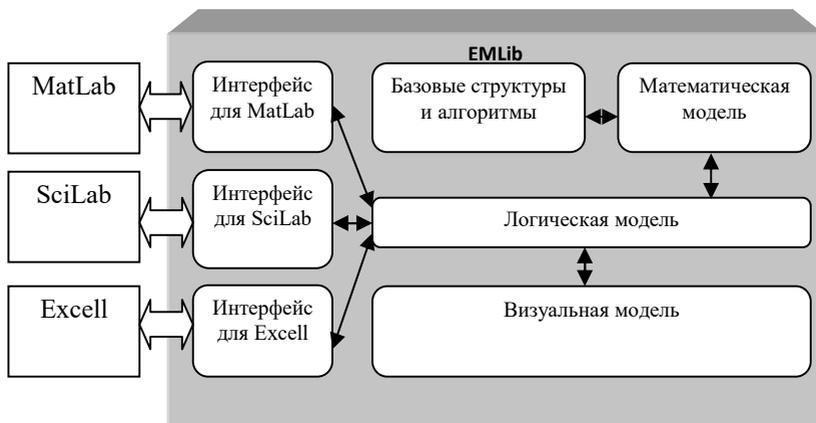


Рис. 1. Модульная структура QPhyLab с интерфейсами для интеграции и взаимодействия с другими средами для анализа и расчета

Структура библиотеки EMLib представлена на рис. 1. Она включает в себя базовые структуры и математические модели, которые могут быть связаны с внешними математическими пакетами посредством

логической модели и соответствующих интерфейсов. В качестве базовых математических моделей используется модель электрической цепи, формируемая по методу переменных состояния, и модель магнитного поля на основе метода конечных элементов. Каждая из этих моделей связана со своим визуальным интерфейсом, позволяющим работать с ними в интерактивном режиме. При использовании явления изоморфизма уравнений физических процессов данные модели могут быть использованы для расчета цепных и полевых моделей явлений произвольной природы [3].

Главная особенность моделирования с помощью библиотеки EMLib, состоит в том, что цепная модель может иметь динамически перестраиваемую структуру. Алгоритм перестроений реализуется средствами внешнего приложения. В качестве примера может служить модель процесса коммутации коллекторной машины, представляющей собой электрическую цепь, структура которой изменяется в процессе вращения ротора, когда коллекторные пластины переходят с одной щетки на другую [4]. Данная модель представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений в форме Коши, которая строится и рассчитывается средствами подсистемы моделирования цепей. Матрицы соединений формируются на каждом шаге интегрирования с учетом положения якоря и коллектора относительно статора и щеток. Номиналы элементов цепной модели рассчитываются в зависимости от картины магнитного поля в подсистеме моделирования магнитного поля, которое также рассчитывается на каждом шаге интегрирования при текущих значениях токов в секциях обмоток.

Библиографический список

1. **Тихонов А.И., Булатов Л.Н.** Платформенезависимая библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. –№ 2011614852. Заявка № 2011613040, приоритет от 28.04.2011, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 22.06.2011.
2. **Тихонов А.И., Корнев И.А.** Библиотека для формирования и исследования моделей электрических цепей в динамических режимах / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. № 2013610691. Заявка № 2012660143, приоритет от 22.11.2012, Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9.01.2013.
3. **Тихонов А.И.** Основы теории подобия и моделирования: учеб. пособие / 2-е изд. доп. и перераб. / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2016. – 116 с.
4. **Тихонов А.И., Казаков Ю.Б., Лашманов И.М.** Численная модель коммутации коллекторных электрических машин в динамических режимах работы. - "Вестник ИГЭУ", 2010, Вып. 4, с. 40-43.

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

АНАЛИЗ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОДНОРОДНО НАМАГНИЧЕННОГО ЦИЛИНДРА В COMSOL MULTIPHYSICS

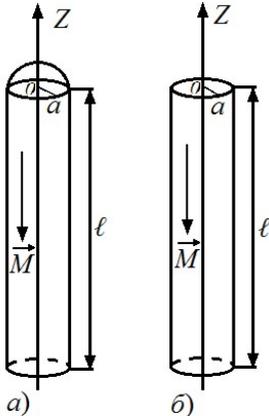


Рис. 1

Магнитное поле на оси намагниченного цилиндра – хорошо решаемая аналитическая задача [1]. На оси OZ однородно намагниченного цилиндра с намагниченностью \vec{M} (рис.1 а) напряженность магнитного поля равна

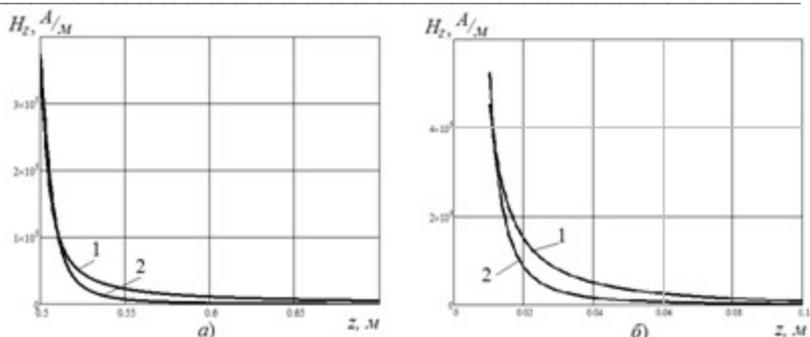
$$H(z) = \frac{M}{2} \cdot \left(\frac{\ell + z}{\sqrt{(\ell + z)^2 + a^2}} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + a^2}} \right).$$

Аналитический результат должен совпадать с численным расчетом. В работе проводился анализ магнитного поля однородно намагниченного цилиндра аналитически и численно. При моделировании использовался COMSOL MULTIPHYSICS [2]. Этот программный комплекс применяется для научных и инженерных задач на основе решения дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов.

В данной работе рассчитывалось также магнитное поле однородно намагниченного цилиндрического стержня – «магнитного шупа» (рис.1 б). Торец стержня закруглен и имеет вид полусферы радиусом a . Применение метода «магнитных» зарядов позволило найти напряженность осевого магнитного поля \vec{H} на оси стержня OZ [3]:

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

Было получено соответствие моделей, что говорит о достоверности расчетов магнитного поля обоими методами. На рис.2 даны графики зависимости напряженности магнитного поля $H(z)$ для стержней разного вида: а) цилиндра, б) цилиндра с закругленным торцом. В работе были рассмотрены стержни с геометрическими параметрами $\ell = 0,1$ м, $a = 0,01$ м и намагниченностью $M = 7,5 \cdot 10^5$ А/м.



1 - Численный расчет, 2 - Аналитическая кривая.

Рис. 2

К преимуществам численного моделирования можно отнести то, что COMSOL MULTIPHYSICS позволяет построить магнитное поле во всем пространстве, в тех областях, где аналитические возможности ограничены. На рис.3 приведены результаты такого расчета для магнитного щупа в виде силовых линий магнитного поля.

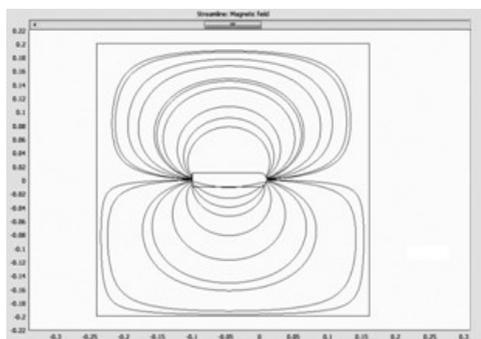


Рис. 3

Библиографический список

1. Смайт В. Электростатика и электродинамика. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. – 606 с.
2. Multiphysics Simulation Software: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>
3. Дмуховская А.В., Фадеева М.С., Шмелева Г.А. Моделирование магнитных полей однородно намагниченных тел// Статья. Материалы конференции "ЭНЕРГИЯ-2015". ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново. – 2015. – С. 40-43.

*Е.А. Коротков, В.И. Халецкий, студ.; рук. Г.А. Шмелёва, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS 5.2

В инженерной деятельности возникает необходимость в решении различных задач и приходится прибегать к различным методам решения, обеспечивающих максимальную точность и, по возможности, быстроту. Среди возможных способов выполнения расчётов существуют как аналитические, так и численные методы решения.

Целью данной работы является сравнение решений уравнения теплопроводности при граничных условиях I рода, полученных как численно, так и аналитически. В качестве объекта исследования рассматривается тонкий цилиндр с теплоизолированной боковой поверхностью (рис.1) длиной ℓ и диаметром основания d .

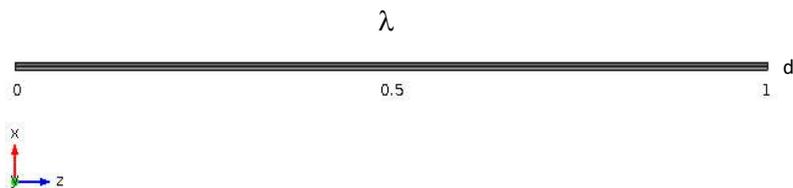


Рис.1. Проекция исследуемого стержня на плоскость XZ

При этом один из его концов поддерживается при температуре 1000°C , а другой при 0°C . Теплофизические свойства стержня, представленные в таблице 1, не зависят от температуры.

Табл.1. Исходные данные

Материал	Длина ℓ , м	Удельная теплоёмкость C , Дж/(кг·°C)	Плотность ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·K)
Сталь	1	608.3	7850	38.67

Аналитически, данная задача решается методом разделения переменных (метод Фурье)[1]. Итоговое решение получается в виде бесконечного ряда

$$T(z,t) = 1000 \cdot (1 - z) - \frac{2000}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{n} \sin(\pi n z) \cdot \exp(-a^2 \pi^2 n^2 t) \right],$$

где $a^2 = \lambda / (C \cdot \rho)$ – коэффициент температуропроводности (м²/с).

Численно данная задача была решена в пакете COMSOL Multiphysics 5.2. Для обеспечения большей точности требуется, чтобы соблюдалось условие $d \ll \ell$.

При длине 1 м, толщина была принята равной 1 см. Время прогрева стержня составляло 3 часа. Температурное поле по длине стержня представлено на рис.2. Сравнительные расчёты сведены в табл.2.

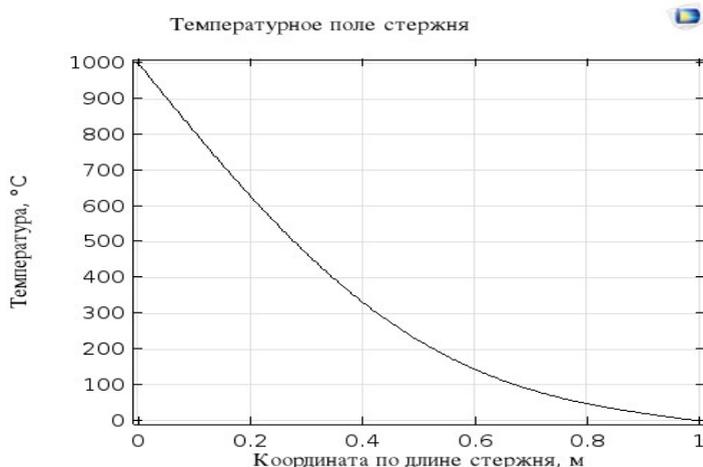


Рис.2. Температурное поле по длине стержня

Табл.2. Сравнительные расчёты численного и аналитического методов

Метод расчета	Шаг по координате, м			
	0.2	0.4	0.6	0.8
Аналитический, T, °C	632.53	338.79	150.63	51.68
Численный, T, °C	633.76	339.55	150.25	51.05

Сравнив полученные результаты, можно сделать вывод, что аналитический и численный методы расчёта при выполнении соотношения $d \ll \ell$ дают практически одинаковые результаты. С помощью численного метода задача решается гораздо быстрее и нагляднее, при этом он позволяет работать не только с простейшими телами (пластина, цилиндр, шар), но и с телами сложной геометрической формы (параллелепипед, эллипсоид, тор).

Библиографический список

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики: Учеб. пособие, 1977.-728с.

*И.Е. Шаров, Е.С.Митрофанова, студ.; рук. Н.В.Прохорова, асс.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

COMSOL MULTYPHISICS 5.2A В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

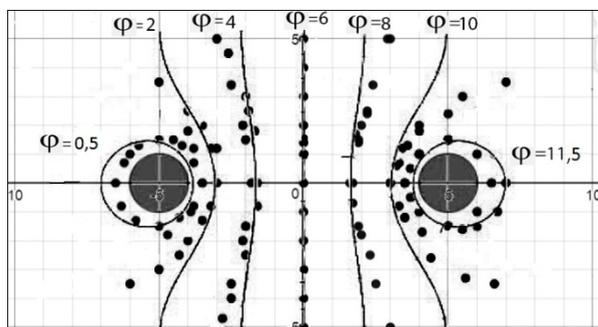
Компьютерное моделирование стало одним из методов исследования физических процессов, явлений и проверки различных гипотез.

В лабораторной работе "Изучение электростатического поля" [1] экспериментально находятся эквипотенциальные линии полей, созданных электродами различной формы. В виртуальной версии работы построение полей идет на компьютере. Представляет интерес сравнение эксперимента, моделирования на виртуальном стенде и построения электрических полей программным комплексом Multiphysics 5.2 [2]. Целью работы являлось изучение возможностей Comsol Multiphysics 5.2.a для расчета электрических и магнитных полей; сравнение полученных данных с экспериментальными.

Методами, используемыми для моделирования, являются метод линий постоянного тока (уравнение непрерывности), уравнение Пуассона:

$$\nabla \mathbf{j} = \frac{\partial \rho}{\partial t}; \nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\epsilon_0}.$$

Было получено, что экспериментальные данные совпали с результатами работы на виртуальном стенде и данными численного моделирования, полученными в программе Comsol Multiphysics. Было установлено, что для простой модели электрического поля шаг сетки численного моделирования не влияет на построение линий поля.



Библиографический список

1. **Крылов, И. А.** Исследование электростатического поля методом моделирования. Мет. ук. / ГОУВПО ИГЭУ. - Иваново, 2010. – 20 с.
2. www.comsol.ru

*Г.К. Трусаков, М.В. Катаев, студ.;
рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.; Н.В. Прохорова, асс.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД В ПРАКТИКУМЕ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ И МАГНЕТИЗМУ

В настоящее время идет поиск наиболее оптимальной структуры образовательного процесса, способного совместить в себе достоинства традиционной школы с возможностями компьютерных технологий. Основой предлагаемой работы является идея совмещения традиционных методов преподавания физики в высшей школе и методов проведения учебных занятий и научных исследований с современными компьютерными программами. Идея является актуальной как с точки зрения научной составляющей, так и с точки зрения учебного процесса.

Цель работы состоит в повышении качества подготовки студентов путем внедрения компьютерных средств в традиционную форму обучения физике в технических вузах – физическом практикуме. Работа строилась на базе виртуального лабораторного стенда [1], ранее предназначенного для организации практических занятий по электротехническим дисциплинам. Система была переработана и адаптирована для проведения лабораторных работ по физике. Стенд позволяет имитировать эксперимент с использованием виртуальных устройств.

Система может быть использована в учебном процессе для повышения образовательного уровня студентов и развития навыков, связанных с практическим испытанием приборов. Она может быть применена студентами в самостоятельной подготовке к лабораторным работам по курсу физики и как дистанционное средство обучения на заочном факультете.

Возможности системы достаточно универсальны: сборка и имитация работы электрических цепей; сборка и испытание каскадов электромеханических объектов; имитация реальных реакций системы на действия студента и на процессы, происходящие в цепи; проведение виртуального физического опыта.

Виртуальный стенд позволяет с максимальной степенью подобия воспроизвести модели реальных электротехнических объектов. На рабочей панели испытательного стенда можно разместить устройства и приборы, которые внешне мало отличаются от вида реальных приборов. Каждый прибор имеет соединительные клеммы, связанные с помощью проводов с клеммами других приборов, образуя электрическую цепь. Имеется возможность использовать электромеханические

устройства, соединяемые друг с другом в каскады через муфты. Выбор приборов из предлагаемого меню, размещение их на панели стенда и сборка схемы осуществляются в интерактивном режиме.

Окно программы представлено на рис. 1 [2].

«Плюсами» работы со стендом являются:

- 1) меньшие материальные затраты;
- 2) мобильность проведения опытов;
- 3) возможность дистанционной работы;
- 4) адекватность результатов;
- 5) контроль преподавателем самостоятельной работы каждого студента.

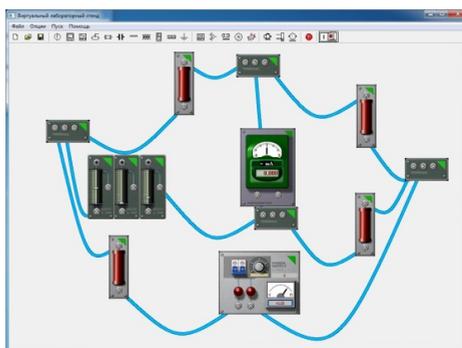


Рис. 1. Внешний вид стенда

В дальнейшем планируется увеличить число модулей, из которых составляются экспериментальные схемы, разработать методические рекомендации, открывающие возможности для творчества.

С увеличением модулей, используемых в данной программе, расширится и область ее применения. Появится возможность моделировать более сложные модели, что приведет к новым результатам и исследованиям. При соответствующем оформлении программу можно преобразовать в обучающую игру для развития умений и навыков в построении схем.

Виртуальный стенд рассчитан в первую очередь на активизацию самостоятельной работы студента. Задачей обучения, решаемой компьютерной системой, является подготовка студента к проведению реального эксперимента, выполнение которого не допускает халатности, требует максимального внимания и, самое главное, знания программы эксперимента, умения реализовывать эту программу на практике, умения принимать решения, особенно в аварийных ситуациях.

Библиографический список

1. **Тихонов А.И., Прохорова Н.В.** Электричество. Метод. указ. к вып. лаб. работ с исп. виртуального лабораторного стенда / Федеральное агентство по образованию, ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2010. – 36 с.
2. **Крылов И.А.** Определение удельного сопротивления проводника. Метод. указ. к лаб. раб. / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2011. – 19 с.

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

НОВЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЛЕКЦИЯХ ПО ФИЗИКЕ

В процессе совершенствования учебного процесса остро стоит проблема преподавания блока физико-математических дисциплин. Курсы физики обеспечивает формирование профессиональных компетенций, студентам необходимы системные и фундаментальные знания по данной дисциплине. Для достижения высокого уровня знаний и обеспечения требуемых профессиональных компетенций необходимо пересмотреть организацию учебного процесса, в частности, содержание и формы проведения лекций. Именно в университете готовят специалистов, и поэтому крайне важно использовать все возможности для улучшения качества образования.

Один из пунктов ФГОС определяет, что реализация компетентного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разборов конкретных ситуаций, различного рода тренингов) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Представляет интерес рассмотреть возможность применения новых образовательных технологий на лекциях и выяснить результативность, полезность и целесообразность подобных занятий.

Сегодня к лекции как традиционному методу педагогической деятельности предъявляются новые требования. В современных условиях она должна найти свое место. Ее роль заключается в повышении творческого потенциала аудитории, активизации мышления, в создании условий, когда возможно общение в непринужденной обстановке, где главное - доверие и открытость, наличие собственной позиции, желание выслушать и понять позицию другого человека. Речь идет о моделировании в аудитории не только техники мышления, но и техники понимания. Одна из новых форм лекции сегодня - лекция «вдвоем», представляющая собой работу двух лекторов, читающих лекцию по одной и той же теме и взаимодействующих на проблемно-организованном материале, как между собой, так и с аудиторией. Лекция «вдвоем» близка к традиционной. Роли лекторов должны быть распределены: или дополняют друг друга, или отражают различные точки зрения. Цель – активизация аудитории. Область применения – скучные, спорные темы. Одним из лекторов может быть студент. Ос-

тальные студенты так же будут вовлечены, так как им будет предоставлено право выбора: чье изложение материала больше помогло им в освоении темы. Для проведения совместной лекции студенту нужно дополнительно проработать материал. Для этого он составляет конспект и план, согласовывая их с преподавателем. В ходе работы были проведены нескольких лекций по разным разделам физики для потока 2-11, 2-12 ИФФ ИГЭУ зимой (весной) 2016–17г.г. О результатах опыта можно судить по опросу студентов после лекции и во время экзамена.

Анализ лекции осуществлялся по трем направлениям: 1) как вида деятельности преподавателя. Здесь учитывались содержание и структура этой деятельности, использование различных способов управления поведением студентов; 2) как вида деятельности студентов: выявление уровня мотивации, интереса и динамики их проявления, определение психического состояния студентов; 3) как совместной деятельности преподавателя и студентов: контакт, отношения между преподавателем и студентами, согласованность активности, взаимопонимание и т.д.

Основные критерии оценки лекции таковы: 1) содержание лекции (научность, соответствие современному уровню научных знаний по данной проблеме, приемы активизации познавательной активности студентов, межпредметные и внутрипредметные связи, широта используемой информации, наличие задания для самостоятельной работы); 2) методика чтения лекции (структура и логика изложения материала, следование плану, доступность разъяснения основных понятий, доказательность и аргументированность, приемы установления обратной связи, механизм подведения итогов лекции); 3) руководство работой студентов (наличие приемов привлечения внимания, обучение студентов навыкам конспектирования, создание комфортной обстановки); 4) лекторские данные (знание и свободное изложение материала, эмоциональность, выразительность и культура речи, внешний вид, умение устанавливать контакт с аудиторией); 5) результативность лекции (информационная ценность лекции, воспитательный аспект, достижение целей лекции).

Итак, лекция выступает основной формой сообщения учебного материала, но в учебном процессе могут использоваться разные виды лекций. Для активизации учебно–познавательной деятельности студентов и управления их вниманием на лекции преподаватель может использовать как традиционные лекции, так и лекции–вдвоем.

О.М. Солунина, А.В. Юлов, студ.; рук. Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ФИЗИЧЕСКОМ ПРАКТИКУМЕ

Поставить эксперимент для подтверждения или опровержения гипотез бывает достаточно трудно, не менее важно провести грамотную обработку данных опыта. Применение численных методов при обработке позволяет с большей точностью получить результаты и построить графики зависимостей, нежели построение на миллиметровом листе «на глаз».

Учебной программой предусмотрены лабораторные работы по физике. Целесообразно применить известные методы для обработки опыта. В лабораторных работах: «Изучение температурной зависимости сопротивления металла и полупроводника», «Эффект Холла. Определение концентрации носителей тока в полупроводниках», «Баллистический метод в лабораторном практикуме», «Изучение нечерных тел» – можно применить метод наименьших квадратов (НК). Например, данные опыта предлагается применить для нахождения температурного коэффициента сопротивления металла α_t , ширины запрещенной зоны ΔE и концентрации носителей зарядов n в исследуемом полупроводнике.

Целью работы является построение экспериментальных прямых после обработки методом НК и нахождение различных величин опыта.

Метод НК заключается в том, что на основе экспериментальных данных вычисляются коэффициенты линейного уравнения, по которому строится прямая, аппроксимирующая или, иначе, усредняющая результаты эксперимента. В данной работе рассматривалось три уравнения:

1) зависимость логарифма сопротивления полупроводника от $\frac{1}{T}$

$$\ln R_{\text{пп}} = \ln R_{0\text{пп}} + \frac{\Delta E}{2k} \cdot \frac{1}{T},$$

$R_{0\text{пп}}$ – значение сопротивления полупроводника при $t = 0^\circ\text{C}$,
 $k = 1,38 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$,

2) зависимость напряжения Холла от величины магнитной индукции

$$U = K \cdot B, K = \frac{I}{e n d},$$

I – сила тока в пластинке, e – заряд электрона, n – концентрации носителей зарядов в исследуемом полупроводнике, d – толщина пластинки полупроводника;

3) зависимость сопротивления проводника от температуры (рис. 1)

$$R_{\text{np}}(t) = R_{0\text{np}}(1 + \alpha_t t),$$

$R_{0\text{np}}$ – значение сопротивления металлического проводника при $t = 0^\circ\text{C}$.



Рис.1. График зависимости сопротивления проводника от температуры

Результатом исследования являются графики экспериментальных прямых для каждой из зависимостей и составление формул для нахождения следующих величин:

1) температурного коэффициента сопротивления металла α_t

$$\alpha_t = \frac{m \cdot \sum_{i=1}^m (R_{\text{np}i} \cdot t_i) - \sum_{i=1}^m t_i \cdot \sum_{i=1}^m R_{\text{np}i}}{\sum_{i=1}^m R_{\text{np}i} \cdot \sum_{i=1}^m t_i^2 - \sum_{i=1}^m (R_{\text{np}i} \cdot t_i) \cdot \sum_{i=1}^m t_i}$$

m – число измерений, t – температура по шкале Цельсия;

2) ширины запрещенной зоны ΔE

$$\Delta E = \frac{m \cdot \sum_{i=1}^m (\ln R_{\text{ni}} \cdot \frac{1}{T_i}) - \sum_{i=1}^m \ln R_{\text{ni}} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{T_i}}{m \cdot \sum_{i=1}^m (\frac{1}{T_i})^2 - \sum_{i=1}^m \frac{1}{T_i} \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{T_i}} \cdot 2k,$$

T – температура по шкале Кельвина;

3) концентрации дырок n в исследуемом полупроводнике

$$n = \frac{l \cdot \sum_{i=1}^m B_i^2}{e \cdot d \cdot \sum_{i=1}^m B_i \cdot U_i}$$

Метод НК прост в применении, более точен при построении экспериментальных зависимостей и занимает меньше времени, в сравнении с методом, предлагаемым в указаниях к выполнению лабораторных работ, если вести обработку с использованием компьютерных пакетов таких, как Excel, Mathcad. Так же использование данных программ позволяет существенно упростить вычисления и позволяет произвести расчеты экспериментов при большом количестве экспериментальных точек.

Дальнейшее исследование может получить развитие и быть применено к обработке экспериментальных данных других лабораторных работ, в которых прослеживаются функциональные зависимости.

Д.Ю. Брезгин, студ., рук. Е.В. Смельчакова, к.ф.-м.н, доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОЕМКОСТИ СИММЕТРИЧНЫХ БАТАРЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ МЕТОДОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОЧЕК С ОДИНАКОВЫМИ ПОТЕНЦИАЛАМИ

В электрических схемах приборов и других технических устройств распространены участки с батареями конденсаторов, обладающих симметрией. Предлагаемый метод позволяет вычислять емкости таких участков. Точки с равными потенциалами позволяют модифицировать соединение конденсаторов и получить простую эквивалентную схему. Разработаны примеры:

1. С правильными многоугольниками (рис.1).

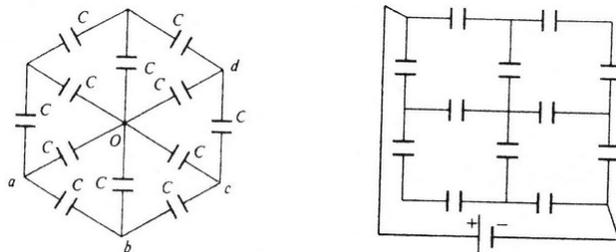


Рис.1

2. С «лишними ветками» (рис.2).

3. Произвольные случаи (рис.3).

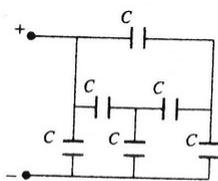


Рис.2

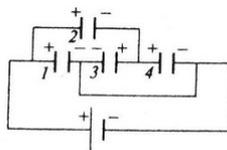


Рис.3

Расчет симметричных батарей подобным методом проводится и для соединений резисторов.

Библиографический список

1. Иванов А.Е., Иванов С.А. Электродинамика. М.: КНОРУС, 2016. 574 с.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физик. Т.3. Электричество. М.: Наука, 2002.
3. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С., Казаковцева В.А., Цведицкая Т.С. Задачник по физике. М.: Наука, 2002.

А.А. Бротова, студ.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, Иваново)

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ДИФРАКЦИЯ НА ОДНОЙ ИЛИ НЕСКОЛЬКИХ ЩЕЛЯХ»

Дифракция – это отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн. Явление дифракции изначально объяснялось с помощью принципа Гюйгенса: каждая точка, до которой доходит волна, служит центром вторичных волн, а огибающая вторичных волн дает положение волнового фронта. Френель дополнил принцип Гюйгенса идеями, позволяющими определять амплитуды лучей. Принцип Гюйгенса-Френеля: световая волна, возбуждаемая каким-либо источником, может быть представлена суперпозицией когерентных вторичных волн, излучаемых фиктивными источниками.

Для исследования явления дифракции был использован математический процессор MathCad. Идея работы была заимствована из [1]. Параметры численного эксперимента задаются в интерактивном режиме. Расчетные формулы с соответствующими комментариями оформлены в виде отчета по проделанной работе. Результаты расчетов представлены в виде цветных графиков, демонстрирующих результаты моделирования. В работе рассмотрены случаи дифракции при прохождении плоской волны сквозь щель (рис. 1) или несколько щелей (рис. 2). По принципу Гюйгенса-

Френеля точки щели являются вторичными источниками волн, колеблющимися в одной фазе, т.к. плоскость щели совпадает с фронтом падающей волны. В фокальной плоскости линзы будет наблюдаться система дифракционных максимумов, разделенных темными промежутками дифракционных минимумов (рис. 3), с распределением интенсивности света, показанным на рис. 4. Если на пути распространения

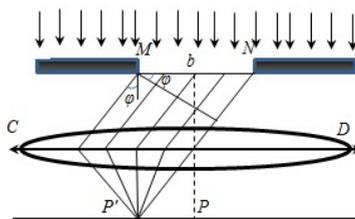


Рис. 1. Дифракция на одной щели

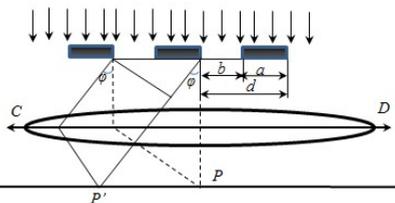


Рис. 2. Дифракция на двух щелях

плоской волны поставить экран с двумя параллельными щелями ($N=2$) одинаковой ширины b , то на фокальной плоскости линзы будет наблюдаться дифракционная картина (рис. 5) с распределением интенсивности света, представленным на рис. 6.

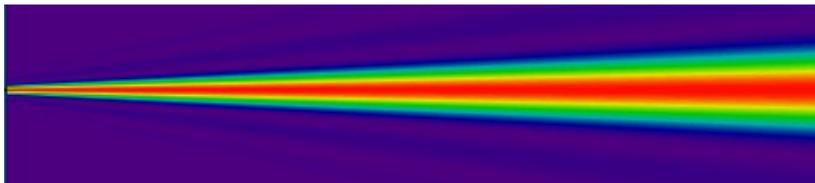


Рис. 3. Картина дифракции на одной щели (в плоскости y - z)

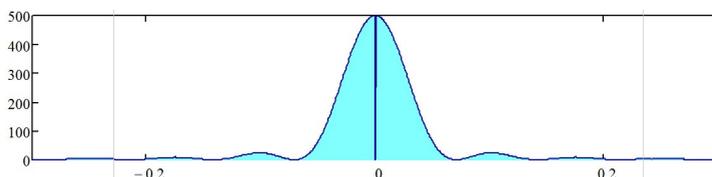


Рис. 4. Интенсивность света на экране при дифракции на одной щели

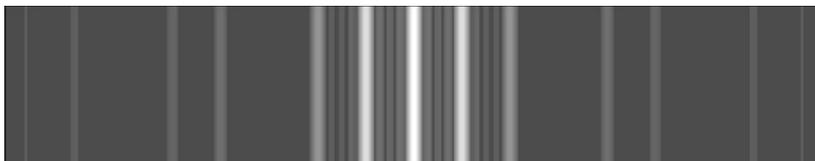


Рис. 5. Картина дифракции двух щелей (в плоскости x - y)

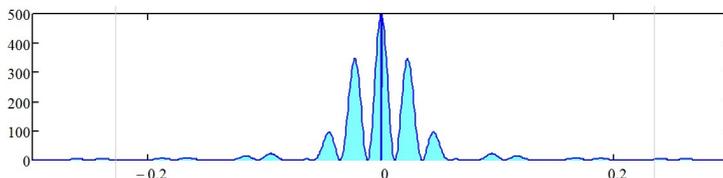


Рис. 6. Интенсивность света на экране при дифракции на двух щелях

Созданный таким образом виртуальный тренажер предполагается использовать на лабораторных работках по физике (часть, 3: «Оптика»). В настоящее время идет процесс доработки, отладки и внедрения в учебный процесс виртуального лабораторного комплекса.

Библиографический список

1. Тихоненко А.В. Компьютерный практикум по оптике. Задания: учеб. пособ. – Обнинский гос. техн. ун-т атомной энергетики., 2003. – 54с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НА ТОНКИХ ПЛЕНКАХ В СРЕДЕ MATHCAD

Использование современных компьютерных технологий позволяет существенно расширить возможности понимания физических эффектов. В частности, одной из актуальных проблем совершенствования качества учебного процесса является разработка виртуальных тренажеров, позволяющих визуализировать эффекты, о которых студенты имеют лишь теоретические представления. Наилучшим образом для этих целей подходит математический процессор MathCad, позволяющий оформить математические расчеты в привычном виде, сопроводив расчеты развитыми визуальными средствами. В частности, в данной работе представлен результат моделирования явлений отражения и преломления света, а также интерференции на тонких пленках, изучаемой в курсе физики технического вуза. Моделирование осуществляется по методике, изложенной в [1].

Интерференцией называется явление наложения световых волн, в результате которого возникает устойчивая во времени картина чередования максимальных и минимальных значений интенсивности I света. Интерференционная картина возникает в некоторой области пространства, если в каждой точке этой области складываются две когерентные волны. Один из характерных случаев интерференции света

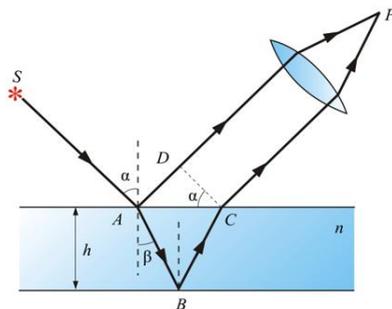


Рис. 1. Интерференция на тонкой пленке

возникает при отражении двумя поверхностями плоскопараллельной пластинки, когда точка наблюдения P находится в бесконечности, то есть наблюдение ведется либо глазом, аккомодированным на бесконечность, либо на экране, расположенном в фокальной плоскости собирающей линзы. На рис. 1 показана одна из многочисленных пар интерферирующих волн в виде параллельных лучей.

На рис. 2, 3 и 4 показаны результаты вычислений, представленные в виде графиков и видимой картины интерференции. Параметры численного эксперимента могут быть заданы произвольным образом.

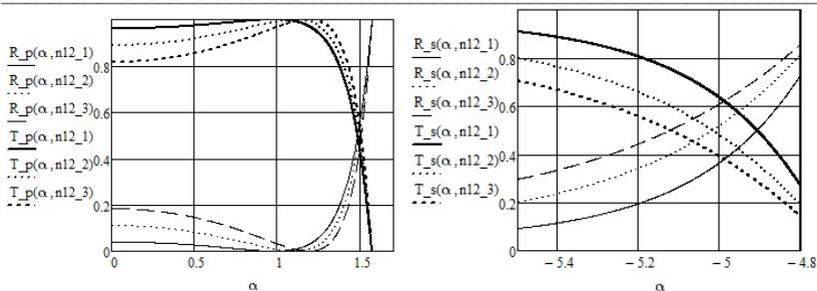


Рис. 2. Графики зависимости коэффициентов зеркальной компоненты (индекс p) и диффузной компоненты (индекс s) коэффициентов отражения R и прохождения T от угла падения α при разных показателях преломления $n12$

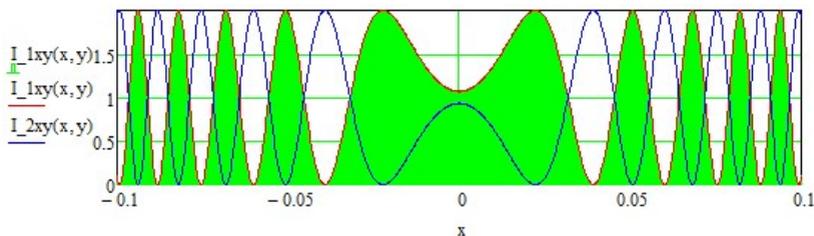


Рис. 3. Изменение интенсивности отраженного света I_1 и преломленного света I_2 вдоль координаты x

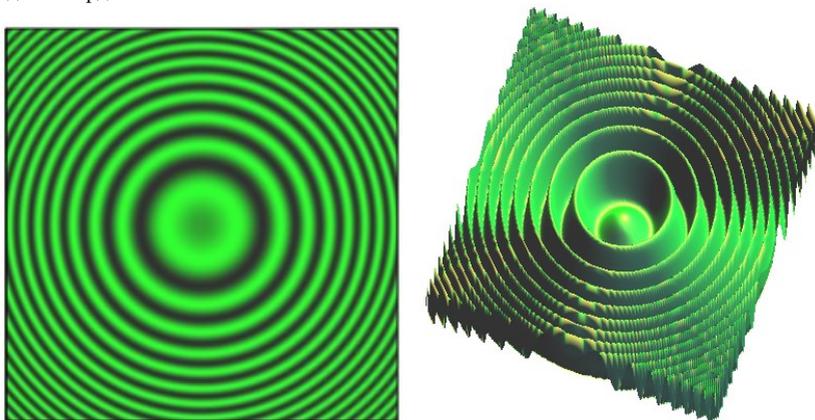


Рис. 4. Картина интерференции на тонкой пленке

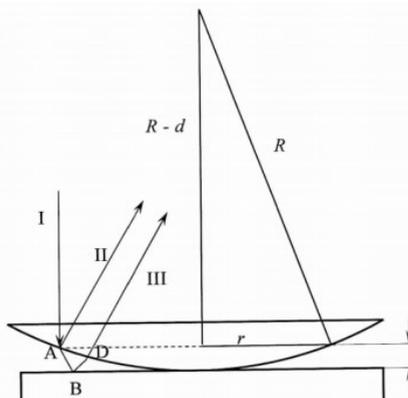
Библиографический список

1. Тихоненко А.В. Компьютерный практикум по оптике. Задания: учеб. пособ. – Обнинский гос. техн. ун-т атомной энергетики, 2003. – 54с.

Д. Рыдзев, студ.; Ю. Каулина, студ.;
рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, Иваново)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕЦ НЬЮТОНА В СРЕДЕ MATHCAD

Интерференцией света называется перераспределение интенсивности света в пространстве при наложении двух или более световых волн: в одних местах происходит усиление освещенности, в других, наоборот, ослабление. Наблюдение интерференции света возможно лишь в том случае, когда складываемые световые волны когерентны. Во всех интерференционных схемах получение когерентных световых волн достигается путем



расщепления световых волн, идущих от одного источника, на две (или более) части. При наложении двух когерентных волн в области перекрытия наблюдается интерференционная картина в виде чередующихся светлых и темных полос.

Одним из частных случаев интерференции являются Кольца Ньютона – кольцеобразные интерференционные максимумы и минимумы, появляющиеся вокруг точки касания слегка изогнутой выпуклой линзы и плоскопараллельной пластины при прохождении света сквозь линзу и пластину. Кольца Ньютона возникают, если направить свет на линзу, которая выпуклой стороной соприкасается с плоской поверхностью хорошо отполированной пластинки. При этом образуется воздушная прослойка между поверхностями линзы и пластинки, толщина которой h постепенно увеличивается от центра к краям. Световые пучки II и III, отраженные от нижней и верхней границы этой воздушной прослойки, будут интерферировать между собой.

Для исследования колец Ньютона была создана компьютерная модель в среде MathCad по методике, изложенной в [1]. Результаты расчета визуализируются с помощью двумерных и трехмерных графиков (рис. 2 – 4). Имеется возможность изменять параметры линзы, количество и интенсивность точечных источников света.

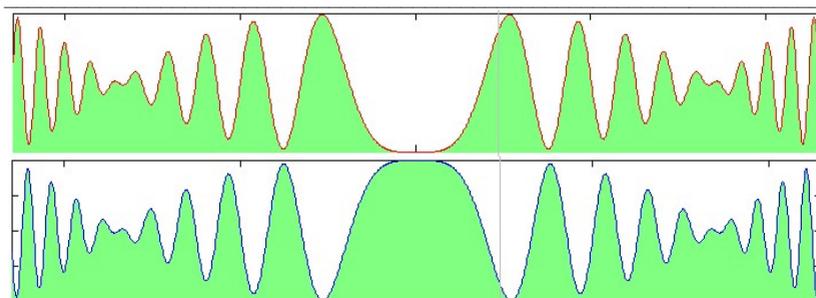
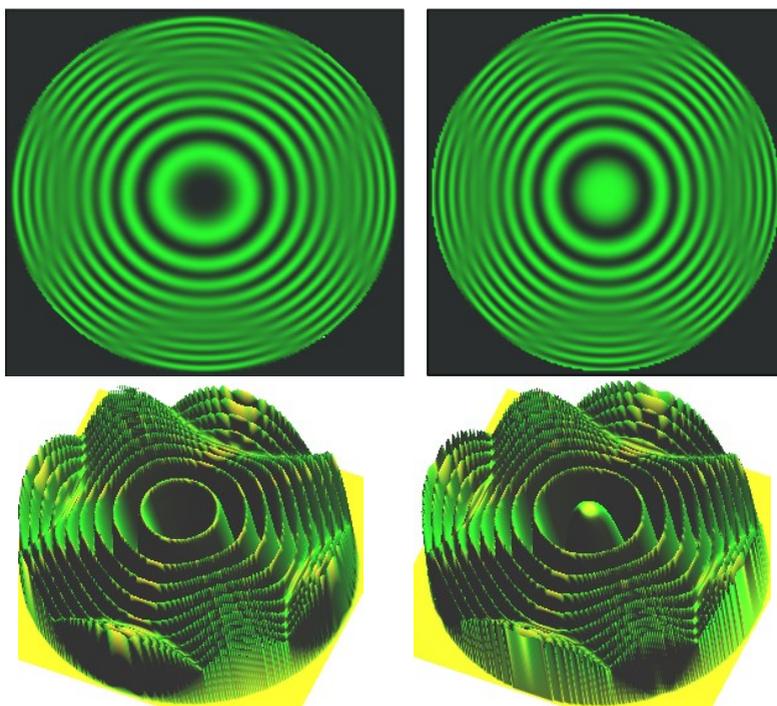


Рис. 2. Изменение интенсивности отраженного света и проходящего света



а) б)
Рис. 3. Картина интерференции от двух точечных источников : а – отраженный свет; б – проходящий свет

Библиографический список

1. Тихоненко А.В. Компьютерный практикум по оптике. Задания: учеб. пособ. – Обнинский гос. техн. ун-т атомной энергетики., 2003. – 54с.

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

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ПО ОПТИКЕ НА БАЗЕ ПАКЕТА MSOFFICE

Пакет MSOffice является одним из наиболее популярных прикладных пакетов, обеспечивающий широкий спектр возможностей для автоматизации численных исследований физических процессов.

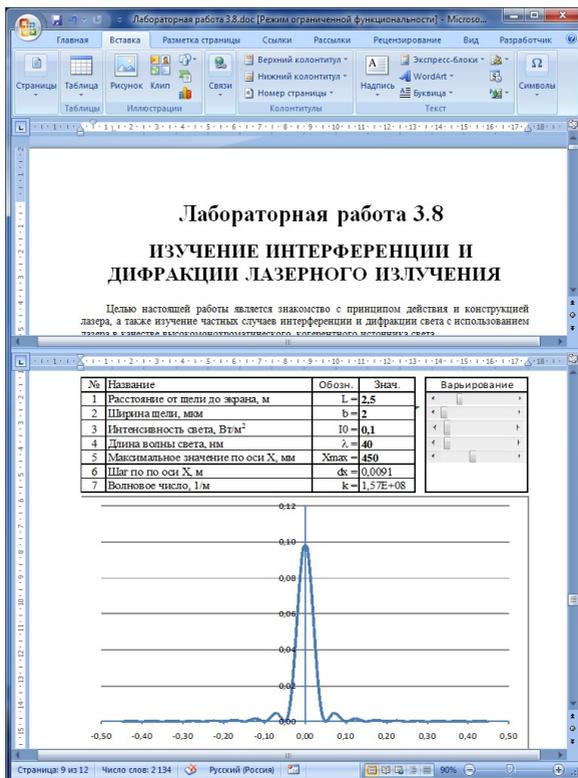
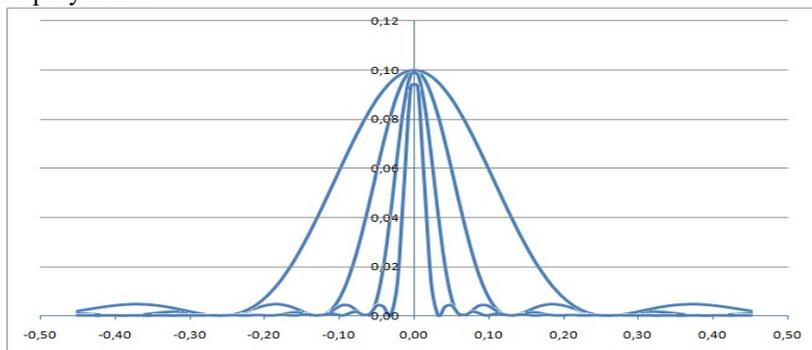


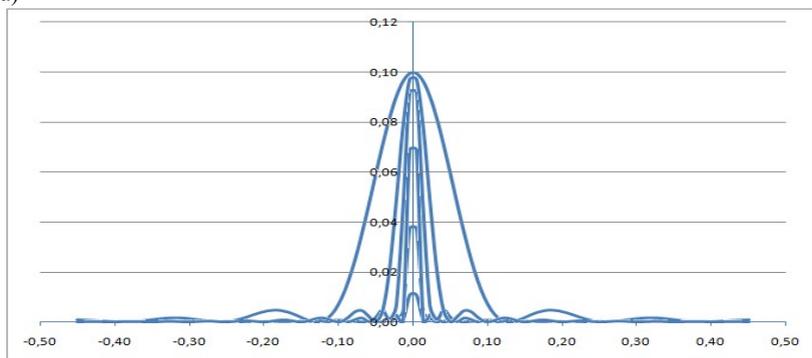
Рис. 1. Электронный отчет по лабораторной работе в среде MSWord с использованием расчетных возможностей MSeXcel

Особенно интересен в этом смысле табличный процессор MSeXcel, обеспечивающий пользователя функционалом численных вычислений, которые могут быть оформлены в виде таблиц. Кроме того, так как все компоненты MSOffice могут легко комбинироваться друг с другом, то

можно совместить возможности текстового процессора MSWord (например, по оформлению отчета по выполненной работе) с вычислительными возможностями MSExcel (рис. 1). Использование интерфейсных возможностей пакета MSOffice позволяет в реальном времени визуально оценить влияние исходных данных исследуемой задачи на результат.



а)



б)

Рис. 2. Изменение интерференционной картины при изменении ширины щели (а) и длины волны света (б)

Например, на рис. 1 представлен ряд кривых интенсивности света в разных координатах экрана, полученных при дифракции монохроматического света на одной щели монохроматического света при изменении ширины щели и длины волны. Изменение параметров осуществляется с помощью полосы прокрутки, после чего фиксируется изменение кривой интенсивности света. В настоящее время осуществляется разработка комплекта лабораторных работ по оптике на основе предложенной технологии численного эксперимента.

*Е. Авдеева, студ.; рук. И.В. Неверов, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново).*

РАСТУЩИЙ ЛЕД ИЗЛУЧАЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ!

Установлено, что лед имеет двенадцать структурных модификаций, переходящие одна в другую за счет полиморфных превращений при изменении давления и температуры. Обычный лед имеет гексагональную решетку, в которой атомы кислорода выстроены упорядочено, образуя правильные шестиугольники, а атомы водорода расположены хаотично. Поэтому лед обладает необычными свойствами. Например, он легче расплава, имеет на поверхности тонкий квазижидкий слой, характеристики которого отличаются от характеристик льда, и воды. Лед плавится под действием механической нагрузки. Лед обладает уникальным сочетанием свойств, характерных для полупроводников и диэлектриков: термоэлектрический, фотопластический, псевдопьезоэлектрический и ряд других эффектов.

Некоторые процессы, связанные с динамикой ледяных масс и протеканием фазовых превращений с участием льда, сопровождаются генерацией электромагнитного излучения. Так, при сходе ледников, снежных лавин, распространении трещин и даже перед этим возникают всплески радиоизлучения в среднечастотном диапазоне. Импульсное радиоизлучение в полосе частот $\sim 10^4 - 10^6$ Гц возникает при кристаллизации воды, водных растворов и некоторых других веществ, что связано, по-видимому, с газовыми разрядами в промежутках между краями трещин, которые зарождаются в твердой фазе вблизи фронта кристаллизации. Подобные процессы вызывают криолюминесценцию, сопутствующую быстрому замораживанию растворов.

При кристаллизации воды и водных растворов на плоской фазовой границе формируется двойной электрический слой, состоящий из примесных ионов. Он вызывает разность потенциалов между твердой и жидкой фазами до сотни вольт. Фазовая граница кристалл–расплав морфологически неустойчива по отношению к образованию выступов и разрастанию их в боковые ветви, которые формируют дендритную поликристаллическую структуру. Представляется, что неравномерное движение морфологически неустойчивой и электрически активной фазовой границы лед–вода способно вызвать электромагнитную эмиссию (ЭМЭ). В этом случае параметры последней должны нести информацию об эволюции неравновесной структуры твердой фазы.

Потенциал нестационарного электрического поля вблизи кристаллизующейся пробы воды измеряется обычно с помощью плоского ем-

костного зонда. Наведенный полем сигнал подается на широкополосный усилитель, а аналого-цифровой преобразователь и соответствующая компьютерная программа позволяли наблюдать сигнал на дисплее компьютера. С помощью этой методики измеряют собственную ЭМЭ, возникающую при росте льда в переохлажденной воде. Наблюдаются сигналы двух типов: I типа в полосе частот $\sim 10^1$ – 10^2 Гц и сигналы II типа в полосе частот $\sim 10^3$ – 10^6 Гц. Сигналы I типа связаны непосредственно с формированием ледяных зерен, их столкновением, образованием боковых ветвей и отражают нестационарный характер динамики кристаллизации в данных тепловых условиях. Импульсы же II типа связывают с вторичными процессами, сопровождающими процесс кристаллизации – развитием ростовых трещин, трением и т.п.

Становятся понятными некоторые явления атмосферного электричества. Для типичных размеров капель в облаках ($\sim 10^{-6}$ – 10^{-4} м) интервал характерных частот в спектре ЭМЭ, вызванной кристаллизацией капель, можно оценить в $\sim 10^2$ – 10^5 Гц. Наложение большого числа случайных импульсов ЭМЭ, обусловленных стохастической кинетикой кристаллизации переохлажденных капель в атмосферных условиях, порождает фликкершум, способный объяснить атмосферные радиопомехи в области средних и длинных волн.

Неравновесная межфазная разность потенциалов возникает при замерзании широкого класса диэлектриков. Поэтому корреляции сигналов ЭМЭ с кинетикой кристаллизации и некоторыми вторичными процессами скорее всего могут быть универсальны и стать основой для разработки дистанционного исследования морфологически неустойчивого фронта кристаллизации, бесконтактного контроля роста кристалла диэлектрика и выявления ростовых трещин, мониторинга геофизических объектов, содержащих большие массы льда и снега.

Среди последних известны явления неустойчивости при распространении фронтов диффузионного пламени, несмешиваемых вязких жидкостей, неустойчивости, вызванные химической реакцией и ударной ионизацией на поверхности твердого тела, диффузионной агрегации частиц, разрушения аморфных пленок, переупаковки горных пород, роста популяции бактерий и т.д.

Проблема отбора глобальных морфологий неравновесного роста остается открытой. Поэтому обозначилось новое актуальное направление, состоящее в экспериментальном изучении кинетики и морфологии неравновесного роста, особенно в области больших скоростей. Последнее определяется, в частности, интересом к дендритному росту не только в металлургии, но и, например, в медицине, где форма дендритов некоторых кристаллов используется для диагностических целей.

*В.А. Анохина, студ.; рук. И.В. Неверов, доц.;
Е.А. Крестниковская, преп. (ИГЭУ, ИвПЭК, г.Иваново),*
**ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ ЛИНЕЙКА: ВЧЕРА,
СЕГОДНЯ, ЗАВТРА**

Объект исследования: логарифмическая линейка. Цель исследования: выяснение прошлого, настоящего и будущего логарифмической линейки. Задачи исследования: изучить историю создания линейки; провести опрос студентов, представителей старшего поколения и продавцов канцелярских магазинов; проанализировать итоги опроса; подготовить мастер-класс по теме исследования. Методы исследования: работа с библиографическими источниками; анкетирование; методы математической статистики. Гипотеза исследования: прогресс не предал логарифмические линейки забвению; у них есть не только богатое прошлое, но и настоящее, и будущее.

Было выяснено:

1) автор идеи упростить и ускорить работу с логарифмическими таблицами; изобретатель удобной для пользования логарифмической линейки (было предложено использовать две одинаковые шкалы, скользящие одна вдоль другой).

2) виды линеек: прямоугольные и круговые (дисковые);

3) многофункциональность, позволяющая применять их различным специалистам: инженерам, геодезистам, летчикам, бухгалтерам, менеджерам, а так же студентами (активно использовалась инженерами с 1775 г. до конца 70-х годов 20 века);

4) работе с логарифмической линейкой до начала 1980-х годов обучали в школе, то есть она долгие годы оставалась самым массовым и доступным прибором индивидуального вычисления.

Было проведено анкетирование в колледже ИвПЭК 144 студентов, 10 представителей старшего поколения (преподавателей, комендант здания, вахтер) и 3 продавцов магазинов канцтоваров.

Студенты 1-х курсов отвечали на следующие вопросы: что такое логарифмическая линейка, как она выглядит, пользовались ли вы ей когда-нибудь, знаете ли вы, для чего она предназначена, есть ли данный предмет у вас дома, хотели бы вы научиться пользоваться ей, знаете ли вы, кто ее создал, почему она так называется, смогли бы вы описать этот предмет, не видя его?

Анализ анкет показал, что большая часть студентов практически ничего не знают об этом устройстве. Поэтому на большую часть вопросов был отрицательный ответ. Но показав им эту линейку, некото-

рые студенты ответили: «Да, возможно мы когда-то ее видели», а некоторые, что играли ею в детстве (38 положительных ответов).

Старшему поколению задавалось два вопроса: «что такое логарифмическая линейка» и «умеете ли вы ей пользоваться». На первый вопрос получено 100% положительных ответов. На второй вопрос 9 человек из 10 ответили, что в школе умели, но сейчас не помнят.

Опрос продавцов в канцелярских магазинах показал, что они не знают об объекте нашего исследования и в продажу она не поступала.

Будущее логарифмической линейки заключается в том, что ее принцип можно использовать в наручных часах: производители некоторых марок (Breitling, Citizen, Orient) выпустили модели со встроенной логарифмической линейкой, выполненной в виде вращающихся колец со шкалами вокруг циферблата. Их достоинство – можно сразу, в отличие от микрокалькулятора, получить информацию, соответствующую табличной форме представления (например, таблицу расхода топлива на пройденное расстояние, перевода миль в километры, подсчет пульса, определение скорости поезда и тому подобное).

Практическая значимость исследования:

1. В ходе работы были развиты навыки познавательной, учебно-исследовательской деятельности, навыки разрешения проблем; способность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания. Проявлена способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников, а так же умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников, разрешать конфликты.

2. Был проведен мастер-класс среди желающих по обучению работы на логарифмической линейке.

3. Материалы работы могут быть использованы на занятиях по математике и физике.

Вывод.

В результате исследования полностью подтвердилась гипотеза: не так много людей старшего поколения и подросткового возраста знают о логарифмической линейке, которая с XVII по конец XX века служила людям, пока не было изобретено устройство под названием калькулятор. Как пользоваться логарифмической линейкой, в наше время знают и помнят немногие, и с уверенностью можно утверждать, что число таких людей будет снижаться.

**С.С. Вахромеев, П.А. Воронцов студ.; рук. И.В. Неверов, доц.,
Е.А. Крестниковская, преп. (ИГЭУ, ИвПЭК, г.Иваново)**
МАШИНА РУБА ГОЛДБЕРГА (ПРОЕКТ)

Актуальность проекта. «Машина Руба Голдберга» – чрезвычайно сложное, громоздкое и запутанное устройство, выполняющее очень простые функции (рис. 1). Концепция такого устройства появилась в начале XX века. Одним из первых, кто додумался рисовать подобные механизмы, был Руб Голдберг – американский художник-карикатурист, получивший образование инженера. Технически сложное устройство, работающее по принципу домино и выполняющее в итоге простое действие, в 21 веке нашло достойное применение. За сто лет идея увлекла представителей многих профессий на создание своей машины и получила воплощение не только в карикатурах, но и в мультипликации, кинематографе, в рекламе, на телевидении, в компьютерных и настольных играх. В 1949 году в США возникла традиция соревнований по постройке машин Голдберга. С 1988 года конкурс стал национальным. В России данная идея не получила ни должного внимания, ни развития. Но, кто однажды увидел машину Голдберга, влюбляется в нее сразу же. Тот, кто хотя бы один раз собрал машину Голдберга, становится увлеченным.

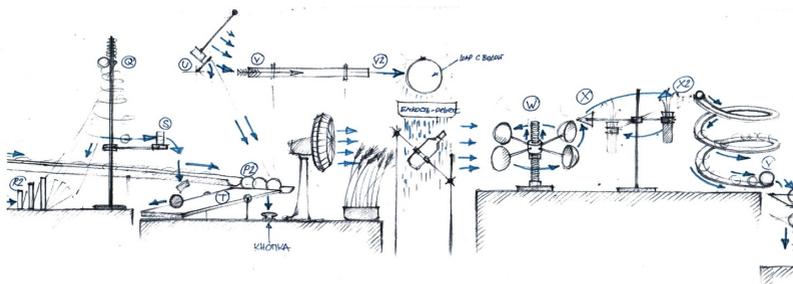


Рис.1. Примерная схема реализации машины Гольдберга

Изучение принципа машины Голдберга и процесс ее создания позволяет глубже понять законы механического движения. Визуализация различных видов движения представляет собой отличный способ формирования представления о законах Классической механики.

В данной работе рассмотрены различные аспекты, связанные с понятием «машина Голдберга»: исторический, социологический, физический, философский, практический. Продуктом данного проекта яв-

ляется механизм, с десятью или более отдельными шагами, начиная от запуска, заканчивая конечным действием.

Цель проекта: изготовление наглядного пособия для демонстрации различных видов механического движения на уроках физики.

Задачи проекта:

1. Изучить биографию Руба Голдберга.
2. Изучить историю применения машины Голдберга.
3. Провести социологический опрос среди различных возрастных групп.
4. Изучить физические основы и принцип действия машины Голдберга.
5. Изучить виды механического движения.
6. Изучить принципы и законы действия простых механизмов.
7. Изучить различные виды ударов.
8. Изучить законы сохранения импульса и энергии и их применения к ударам.
9. Определить задачу для выполнения машиной и функциональные элементы конструкции.
10. Выбрать необходимые материалы для изготовления.
11. Изготовить модель машины Голдберга.
12. Представить проект на конференциях различного уровня и вида (очных, заочных, Интернет и т.п.).

Работа над данным проектом способствовала не только повышению у учащихся интереса к изучению физики, но и формированию у студентов колледжа таких компетенций, как

- принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность;
- использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

Библиографический список

1. <http://trendclub.ru/blogs/futurodrom/6493>
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Машина_Голдберга
3. <http://www.mirf.ru/funny/chto-takoe-mashina-goldberga>
4. http://www.netlore.ru/Goldberg_Machines - из истории
5. <https://www.rubegoldberg.com>
6. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1828063>
7. <http://www.lki.ru/text.php?id=5410>
8. <http://ru.wikihow.com/создать-машину-Руба-Голдберга-самому>

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 8. Атомные электрические станции

Гатауллина А.Р., Чурсин С.С. Изучение нейтронно-физических параметров дисперсионного топлива на основе интерметаллидной матрицы	3
Андреев И.Н. Исследование нейтронно-физических параметров активной зоны реактора ИВГ.1М; рук. Чертков Ю.Б.	4
Кнышев В.В., Украинец О.А., Зорькин А. Компенсация напряжений топливного элемента реактора с эпитепловым спектром в сверхдлинной кампании; рук. Беденко С.В.	6
Украинец О.А., Иванова А., Роман Матиас Родриго. Особенности использования многогрупповых подходов в задачах ядерной и радиационной безопасности; рук. Беденко С.В.	7
Юдин А.В., Митин И.В., Баринов А.А. Экспериментальное исследование гидродинамической аналогии процессов смешения потоков теплоносителя методами пространственной кондуктометрии и контактной термометрии; рук. Хробостов А.Е.	8
Рязанов А.В., Чистяков О.А., Баринов А.А. Экспериментальные исследования смешения потоков в водо-водяном реакторе для создания верификационной базы; рук. Хробостов А.Е.	10
Питык А.В. Накопление и кристаллизация борной кислоты в активной зоне при аварийном режиме работы ВВЭР; рук. Морозов А.В.	12
Le Thi Dieu Hien Эффекты выгорания материала радиатора ионизационной камеры деления; рук. Кутень С.А	14
Маковкин С.А., Морару Е.Д. Определение коэффициентов реактивности методом компенсации в ходе переходного процесса; рук. Семенов В.К.	16
Яшин И.М., Нечаев Д.А. Определение интегральной и дифференциальной характеристик регулирующей группы методом компенсации реактивности группы эффектами реактивности; рук. Семенов В.К.	18
Петухова У.С. Расчет температурного поля твэла в ПК ANSYS; рук. Горбунов В.А.	19
Мальцев Н.А., Гришков А.Н. Исследование зависимости точности моделирования ТПН от количества численных экспериментов; рук. Лоншаков Н.А.	22
Галата Д.А. Применение теплового моста в конструкции ТВЭЛа; рук. Горбунов В.А.	23
Груздев С.В., Скворцов И.А. Анализ эффективности комбинирования ГТУ и энергоблоков АЭС с ВВЭР-1200; рук. Ильченко А.Г.	25
Соловьев И.М. Водородно-энергетический комплекс на основе энергоблока с ВВЭР-1200; рук. Ильченко А.Г.	27
Балалаев А.В. Влияние неравномерности зеркала испарения на эффективность сепарации в парогенераторе ПГВ-1000М; рук. Горбунов В.А.	29

Содержание

Нестерец Д.И., Чечуй М.В. Разработка и составление развернутой тепловой схемы первого контура энергоблока ВВЭР-1000; рук. Булавкин Г.В.	30
Чечуй М.В., Нестерец Д.И. Разработка и составление развернутой тепловой схемы второго контура энергоблока ВВЭР-1000; рук. Булавкин Г.В.	32
Черкашин И.Р. Применение быстродействующих редукционных установок с гидроприводом сброса пара в конденсатор; рук. Андрианов С.Г.	34
Фадеева М.С. Тепловое поле в стержне с внутренними источниками теплоты; рук. Андрианов С.Г., Горбунов В.А.	36
Кирдяшкина А.В. Основные результаты разработки КОС по технологической системе деаэрационной установки питательной воды энергоблока ВВЭР-1000; рук. Булавкин Г.В.	38
Терентьев Е.И. Аккумуляция тепловой энергии на АЭС; рук. Ильченко А.Г.	40
Щепин С.А. Основные результаты разработки КОС по технологической системе дожига водорода энергоблока ВВЭР-1000; рук. Булавкин Г.В.	42
Попов Н.М. Перегрев пара на АЭС с ВВЭР-1200 при использовании предвключенных парогенераторов; рук. Ильченко А.Г.	44
Галата Д.А., Петухова У.С. Бинарный цикл АЭС с низкокипящим рабочим телом; рук. Ильченко А.Г.	46
Железов Н.С., Разуваев Н.О. Исследование аварийных режимов работы энергоблока ВВЭР-1000 с исходным событием в первом контуре; рук. Булавкин Г.В.	48
Разуваев Н.О., Железов Н.С. Исследование аварийных режимов работы энергоблока ВВЭР-1000 с исходными событиями во втором контуре; рук. Булавкин Г.В.	50
Дровников В.Д., Усманов Р.Т. Создание виртуальных моделей систем безопасности энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000; рук. Вольман М.А.	52
Ларионов С.В., Поляк М.В., Попов Н.М. Симуляция определения интегральной и дифференциальной характеристик групп ОР СУЗ на функционально-аналитическом тренажере на номинальном уровне мощности реактора; рук. Семенов В.К.	53
Черняев Н.А., Окулова П.Н. Моделирование работы реактметра на функционально-аналитическом тренажере; рук. Семенов В.К.	55
<i>Секция 9. Теплообмен в промышленных установках</i>	
Ракитин А.С. Выбор рабочей температуры обмоток ВТСП трансформатора; рук. Волков Э.П.	58
Яковлева Н.П. Оптимизация технологического процесса на линии «изложница - нагревательная печь»; рук. Лукин С.В.	60
Акимова М.А., Потехин А.Е. Применение фрактальной модели слоя твердых бытовых отходов для исследования его гидравлических характеристик; рук. Колибаба О.Б.	62
Артемьева В.А., Латыпова Ю.М. Исследование процесса окислительного пиролиза твердых бытовых отходов; рук. Габитов Р.Н.	64

Скворцов И.А., Волков И.Е. Расчет температурного поля в слое органического сырья; рук. Горинов О.И.	66
Григорьев А.А., Коршунов Д.М. Термообработка акриловой дисперсии АК-215 в производстве теплоизоляционных покрытий; рук. Сокольский А.И.	67
Егорова Е.С. Исследование эффективности мокрой очистки доменного газа; рук. Долинин Д.А.	68
Забавина Н.М., Панкратова А.В. Оценка энергоэффективности рабочих агентов (фреонов) тепловых насосов; рук. Нагорная О.Ю.	70
Зернова В.Г., Латыпова Ю.М. Пиролизная установка для переработки твердых бытовых отходов; рук. Колибаба О.Б.	72
Исмаилов Р.М. Расчет выхода и состава газа в процессе термической переработки органических веществ; рук. Горинов О.И.	74
Малинин Н.А., Пронин К.А. Теплотехнический расчет барабанной сушилки; рук. Сокольский А.И.	75
Муратова Т.В. Использование программного комплекса ANSYS для моделирования процесса сушки твердых бытовых отходов; рук. Габитов Р.Н.	77
Петров И.Д. Применение тепловых насосов для теплоснабжения здания; рук. Долинин Д.А.	79
Павлов А.А., Ставровская В.А. Моделирование течения доменного газа в ГУБТ на основе ANSYS CFX; рук. Нагорная О.Ю.	80
Семенов А.С., Коротаева Н.М. Применение фрактальной модели слоя твердых бытовых отходов для исследования его гидравлических характеристик; рук. Колибаба О.Б., Долинин Д.А.	81
Уткина А.А. Разработка систем автономного теплоснабжения на примере корпуса «Г» ИГЭУ; рук. Долинин Д.А.	83

Секция 10. Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Балашова Е.А. Системнологическое обнаружение техногенных опасностей, возникающих при использовании водорода для охлаждения турбогенератора ТВВ-320-2; рук. Чернов К.В.	84
Жаравина Е.А. Анализ особенностей функционирования службы охраны труда атомного объекта; рук. Овсянников Ю.М.	85
Булдакова А.Д. Системнологическое обнаружение техногенных опасностей, возникающих при эксплуатации подстанции «УВА»; рук. Чернов К.В.	87
Мусикова А.Ю. Интегральные показатели допустимого уровня профессионального риска; рук. Пышненко Е.А.	88
Шаулова А.А. Анализ показателей профессионального риска для электромонтёра по испытаниям и измерениям электрооборудования; рук. Пышненко Е.А.	90
Логачева А.Е. Современный подход к расчету освещенности на рабочем месте; рук. Овсянников Ю.М.	92
Марычева А.Д. Современный подход к расчету звукового поля на местности; рук. Овсянников Ю.М.	94

Содержание

Лисина А.С. Оценка техногенных воздействий, создаваемых трансформатором ТЦ-630000/500; рук. Чернов К.В.	96
Пухова Ю.Н. Происшествия в системе водородного охлаждения турбогенератора ТВФ 63-2; рук. Чернов К.В.	98
Федина А.А. Применение модели индивидуальных порогов действия загрязнителей для прогнозирования риска; рук. Пышненко Е.А.	99
Леткова А.М. Применение системы управления обучением Moodle для разработки электронного учебного курса; рук. Пышненко Е.А.	101
Питков Е.В. Воздействие элегаза на окружающую среду и биологические объекты; рук. Мельцаев И.Г.	103
Павлов М.А. Генномодифицированные организмы – добро или зло; рук. Мельцаев И.Г.	105
Гулина С.В. Анализ показателей профессионального риска для аппаратчика химводоочистки ИвТЭЦ - 2; рук. Пышненко Е.А.	107
Буйлова С.И. Моделирование опасных факторов пожара в помещении интегральным методом.; рук. Пышненко Е.А.	109
Копасов А.А. О возможности использования масел из растительного сырья вместо трансформаторного масла; рук. Попов Г.В.	111
Борисова М.Н. Управление персоналом как стимулирование работы с соблюдением техники безопасности; рук. Горбунов А.Г.	111
Рачкова К.А. Анализ жизнедеятельности населения Ивановской области и разработка мероприятий по её улучшению; рук. Попов Г.В.	113
Тимофеева Л.А. Разработка эклектичного учебника по терроризму; рук. Попов Г.В.	114
Чернова А.С. Анализ состояния охраны окружающей среды в Ивановской области; рук. Соколов А.К.	115
Лёвкина Н.В. Разработка заданий для тестирования знаний по лабораторным занятиям курса "Экология"; рук. Соколов А.К.	117
Орлова Н.М. Совершенствование методов оценки световой среды на рабочем месте; рук. Горбунов А.Г.	119
Павлова А.О. Профессиональный риск; рук. Горбунов А.Г.	120
Трунова А.С. Управление охраной труда на предприятии; рук. Горбунов А.Г.	122
Ревенко К.Е., Чурсин С.С. Изучение процесса миграции радионуклидов на поверхность источника альфа-излучения в зри посредством измерения плотности потока частиц от мазковых проб; рук. Кузнецов М.С.	124
Самойлов А.М. Оценка безопасности функционирования силового трансформатора на основе результатов хроматографического анализа; рук. Попов Г.В.	125
Тарасова О.С., Николаев Р.Д. Автоматизированный учёт медицинских осмотров работников; рук. Рогожников Ю.Ю.	126
Балашова Е.А. О влиянии времени года и типа реки на процесс разбавления сточных вод; рук. Соколов А.К.	128
Тарасова О.С. Оценка влияния скорости ветра на процесс рассеивания выбросов; рук. Соколов А.К.	131

Трунова А.С. О способах представления приземной концентрации газов SO ₂ и NO ₂ карте местности; рук. Соколов А.К.	133
Буйлова С.И. Расчет эффективности очистки двух центробежных циклонов, установленных последовательно; рук. Соколов А.К.	135
Филиппова П.А. Статистический анализ дорожно-транспортных происшествий в ЦФО России; рук. Есина М.Г., Хонгорова О.В.	138

Секция 11. Моделирование физических процессов

Козловский А.Л. Направленная модификация металлических наноструктур; рук. Кадыржанов К.К.	140
Ерзунов К.А. Придание фотокаталитической активности полиэфирной ткани с помощью поверхностного модифицирования наночастицами диоксида титана; рук. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Кузьмин С.М.	142
Прохоров И.А. Использование наночастиц диоксида титана, допированного металлами, для придания полиэфирной ткани Повышенной фотокаталитической активности; рук. Кумеева Т.Ю., Пророкова Н.П., Кузьмин С.М.	144
Комар Д.И. Отклик спектрометра с кристаллом NaI(Tl) на нейтронное излучение; рук. Кутень С.А.	146
Комар Д.И. Эталонные поля гамма-излучения с энергиями от 4 до 10 МэВ; рук. Кутень С.А.	148
Гуревич А. Д. Использование геометродинамики для объяснения строения атома и элементарных частиц; рук. Шипко М. Н.	150
Крестьянинова О.В. Специфика электронной эмиссии структурированных водных фильтров; рук. Шипко М. Н.	151
Альбещенко М.Н., Демидова Е.А. Установка для исследования вязкости газов; рук. Дмитриев М.В.	152
Исламова Г.Н. Сравнение моделей расчета обтекания пористых тел; рук. Соловьева О.В., Соловьев С.А.	154
Исламова Г.Н. Влияние конструктивных особенностей на скорость химической реакции в аппарате псевдооживленного слоя; рук. Соловьева О.В., Соловьев С.А.	156
Балич Е.В. Расчет тепловых процессов генератора методом электротепловой аналогии в среде MatLab; рук. Капустин А.Г.	158
Тамьярова М.В. Технология моделирования электротехнических систем в MatLab Simulink с использованием полевых моделей; рук. Тихонов А.И., Гусенков А.В.	160
Корнев И. А. Расчет систем с динамической структурой с использованием комбинирования моделей; рук. Тихонов А.И.	162
Фадеева М.С. Анализ магнитного поля однородного намагниченного цилиндра в COMSOL MULTIPHYSICS; рук. Шмелева Г.А.	164
Коротков Е.А., Халецкий В.И. Численное решение уравнения теплопроводности в пакете COMSOL MULTIPHYSICS 5.2; рук. Шмелева Г.А.	166

Содержание

Шаров И.Е., Митрофанова Е.С. COMSOL MULTYPHISICS 5.2A в физическом практикуме; рук. Прохорова Н.В.	168
Трусаков Г.К., Катаев М.В. Виртуальный лабораторный стенд в практикуме по электричеству и магнетизму; рук. Тихонов А.И., Прохорова Н.В.	169
Митин А.Д. Новые образовательные технологии на лекциях по физике; рук. Шмелева Г.А.	171
Солунина О.М., Юлов А.В. Компьютерная обработка экспериментальных данных в физическом практикуме; рук. Шмелева Г.А.	173
Брезгин Д.Ю. Расчет емкости симметричных батарей конденсаторов методом использования точек с одинаковыми потенциалами; рук. Смельчакова Е.В.	175
Бритова А.А. Разработка виртуальной лабораторной работы «Дифракция на одной или нескольких щелях»; рук. Тихонов А.И.	176
Киселева А.И., Казначеева А.В. Исследование интерференции на тонких пленках в среде MathCad; рук. Тихонов А. И.	178
Рыдзев Д., Каулина Ю. Численное моделирование колец Ньютона в среде MathCad; рук. Тихонов А. И.	180
Старостина В.М. Разработка принципов создания виртуальных тренажеров по оптике на базе пакета MSOffice; рук. Тихонов А. И.	182
Авдеева Е. Растущий лед излучает электромагнитные волны!; рук. Неверов И.В.	184
Анохина В.А. Логарифмическая линейка: вчера, сегодня, завтра; рук. Неверов И.В., Крестниковская Е.А.	186
Вахромеев С.С., Воронцов П.А. Машина Руба Голдберга (проект); рук. Неверов И.В., Крестниковская Е.А.	188

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

**ДВЕНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ЭНЕРГИЯ-2017»**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
Том 2

*Печатается в авторской редакции
Составитель Лонишаков Н.А.*

Подписано в печать 07.03.2017. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л.
Тираж экз. Заказ №
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина»
153003, Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ.