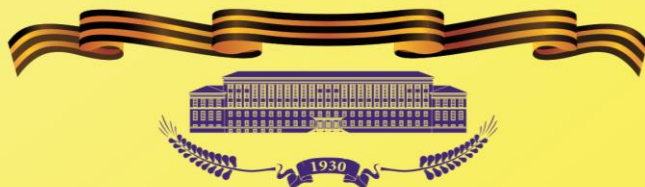


70-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ ПОСВЯЩАЕТСЯ



ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

ЭНЕРГИЯ-2015

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

**21-23 апреля 2015 г.
г. Иваново**

ТОМ 2



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина»
Объединенный институт высоких температур Российской Академии Наук
Российский национальный комитет СИГРЭ (Молодежная секция)
Академия электротехнических наук РФ

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

«ЭНЕРГИЯ-2015»

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

г. Иваново, 21-23 апреля 2015 г.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ТОМ 2

ИВАНОВО

ИГЭУ

2015

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

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

//Десятая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2015»: Материалы конференции. В 7 т. Т. 2 – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2015. – 232 с.

Сборник материалов международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых отражает основные направления научной деятельности вузов России и стран СНГ 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.

ISBN 978-5-00062-071-7

ISBN 978-5-00062-073-1 (Т.2)

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель оргкомитета: ТЮТИКОВ В.В., проректор по научной работе.

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

Члены научного комитета: Плетников С.Б. – декан ТЭФ; Андрианов С.Г. – декан ИФФ; Сорокин А.Ф. – декан ЭЭФ; Егоров В.Н. – декан ЭМФ; Кокин В.М. – декан ИВТФ; Карякин А.М. – декан ФЭУ; Гофман А.В. – рук. МС РНК СИГРЭ; Попель О.С. – заведующий лабораторией ОИВТ РАН.

Ответственный секретарь: Ведерникова И.И. – отв. за НИРС ЭМФ

Секретарь: Вольман М.А. – отв. за НИРС ИФФ.

Координационная группа: Маршалов Е.Д., Смирнов Н.Н., Иванова О.Е., Ильченко А.Г., Шадриков Т.Е.

СЕКЦИЯ 9

ЭКОНОМИЧНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

*Председатель – к.т.н., доц. А. Г. Ильченко
Секретарь – инженер Н.А. Лоншаков*

*Н.И. Хохлов, студ.; рук. В.И. Белозеров, к.т.н., доц.;
А.И. Перегуда, д.т.н., проф.*

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА ШАДР

Первичный преобразователь расхода в канальном ядерном энергетическом реакторе РБМК это шариковый датчик расхода (ШАДР) и магнитно-индукционный преобразователь (МИП). Вторичный преобразователь – транзисторный измерительный блок расходомера (ТИБР). Эти три прибора составляют комплект расходомера ШТОРМ-32М, применяемого для измерения расхода в каналах контура МПЦ реактора РБМК-1000.

Расходомеры шариковые ШАДР-32М, ШАДР-01-32МР и ШАДР-8А предназначены для измерения расходов воды, не содержащей механических и газовых примесей в технологических каналах и каналах СУЗ реакторов РБМК-1000.

В технической документации указанные расходомеры разделены на 4 группы:

- Не выработавшие временной ресурс (25000 ч.) и пригодные для дальнейшей эксплуатации (ГРУППА 1).
- Выработавшие временной ресурс (25000 ч.) ресурс и пригодные для дальнейшей эксплуатации (ГРУППА 2).
- Выработавшие временной ресурс (25000 ч.) и не пригодные для дальнейшей эксплуатации (ГРУППА 3).
- Не выработавшие временной ресурс (25000 ч.) и не пригодные для дальнейшей эксплуатации (ГРУППА 4).

Нами были обработаны статистические данные для каждой группы отдельно. Были посчитаны среднее значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации, который являясь относительной характеристикой, показывает насколько велико рассеивание по сравнению со средним значением измеряемого параметра.

В дальнейшем будем рассматривать две группы датчиков: группа датчиков, которые выработали установленный ресурс и были признаны пригодными для дальнейшей эксплуатации и группа датчиков ШАДР - 32М, которые выработали установленный ресурс и были не признаны пригодными для дальнейшей эксплуатации. Выбор этих групп датчиков диктуется тем, что датчики, которые выработали установленный ресурс и были признаны пригодными в процессе функционирования однозначно переходят в группу датчиков, которые выработали установленный ресурс и были признаны не пригодными для дальнейшей эксплуатации. Очевидно, вторая группа датчиков являются наиболее возможными «кандидатами» отбраковки.

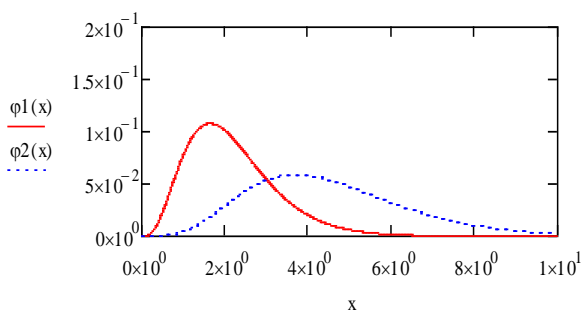


Рисунок 1. Графики плотностей распределения для 2 групп датчиков.

Графики плотностей распределения, для рассмотренных выше двух групп расходомеров, представлены на рисунке 1. Из рисунка видно что графики функций пересекаются в одной точке А. Единственность точки пересечения плотностей распределения обеспечивается их унимодальностью. Изменение в величине А указывает на переход из одной группы в другую.

Библиографический список

1. **Иванов И.Н.** Исследование метрологических характеристик шариковых расходомеров повышенной надежности -. Сборник научных трудов НИИ "Теплоприбор", 1987.
2. **Ллойд Э., Леберман У.** Справочник по прикладной статистике(под. Редакцией Ю.Н. Тюрина). М.: Финансы и статистика.-Том 1, 2. 1989.

3. Малашенин И.И., Перегуда А.И. Расчет и оптимизация надежности системы аварийной защиты ядерных реакторов. - М., Энергоатомиздат, 112 с.

*Н.В. Чубко, аспирант; рук. А.Н. Шмелёв, д.т.н., проф.
(НИЯУ МИФИ, г.Москва)*

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ, ОХЛАЖДАЕМЫХ СВИНЦОМ С ДОМИНИРУЮЩИМ СОДЕРЖАНИЕМ ИЗОТОПА ^{208}Pb

На данный момент среди быстрых реакторов большее внимание получили реакторы с натриевым и со свинцовым теплоносителями. С точки зрения нейтронно-физических свойств натриевый теплоноситель лучше свинцового, но с точки зрения безопасности существенно ему уступает. Поэтому для улучшения этих свойств в качестве альтернативы рассматривается теплоноситель на основе радиогенного свинца, с доминирующим содержанием изотопа ^{208}Pb . [1]

Радиогенный свинец – это свинец, образующийся в результате радиоактивного распада тория и урана. В результате нескольких альфа и бета-распадов торий-232 превращается в стабильный изотоп ^{208}Pb . С одной стороны, изотоп ^{208}Pb , будучи тяжелым нуклидом, является слабым замедлителем нейтронов как при упругом рассеянии во всей области реакторных энергий из-за его большого атомного веса, так и при неупругом рассеянии быстрых нейтронов из-за высоко расположенных первых уровней возбуждения ядра. С другой стороны, изотоп ^{208}Pb характеризуется чрезвычайно малым сечением поглощения нейтронов в широком диапазоне энергий. При использовании ^{208}Pb стало возможным создать более просторную решетку ТВС и повысить роль естественной циркуляции.

Характеризуясь рекордно низким захватом нейтронов, ^{208}Pb как это не покажется странным, по существу может выполнять роль прекрасного замедлителя (но только с очень малой степенью замедления).

Как известно [2], сочетание свинцового теплоносителя и более плотного нитридного топлива позволяет достичь следующих благоприятных изменений в безопасности быстрых реакторов:

1. При КВ активной зоны (КВА) чуть выше единицы (например, КВА ≈ 1.04) запас реактивности на выгорание топлива может быть снижен до уровня, не превышающего эффективную долю запаздывающих нейтронов. Как следствие, достигается детерминистическое исключение аварий, связанных с разгоном мощности на мгновенных

нейтронах из-за ошибок операторов или отказов оборудования.

2. Крупные выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду при повреждении корпуса реактора и защитной оболочки АЭС исключаются на детерминистическом уровне.

3. Свинец слабее замедляет нейтроны, чем натрий. Поэтому аварийное удаление свинца из активной зоны в меньшей мере ужесточит нейтронный спектр, и, как следствие, изменение реактивности будет ниже, чем в случае натрия.

Однако этим общие преимущества использование свинца не исчерпываются. Дело в том, что есть природный, или "обычный", свинец, с вполне определенным изотопным составом (1.4% ^{204}Pb , 24.1% ^{206}Pb , 22.1% ^{207}Pb и 52.4% ^{208}Pb), а есть так называемый "радиогенный" свинец, образующийся в урановых, ториевых и уран-ториевых рудах, изотопный состав, которого существенно зависит от рудного месторождения (см. табл. 1)

Таблица 1 - Изотопный состав радиогенного свинца и "обычного" свинца

Страна месторождения	Доли изотопов, %			
	^{204}Pb	^{206}Pb	^{207}Pb	^{208}Pb
Бразилия	0.005	6.03	0.455	93.51
Австралия	0.038	5.44	0.972	93.55
США	0.025	9.068	1.127	89.78
Канада	0.01	10.2	1.86	87.93
Украина	0.02	6.04	0.94	93.00
Обычный свинец	1.4	21.4	22.1	52.4

^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb являются конечными продуктами ми цепочек радиоактивного распада соответственно ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th . Поэтому изотопный состав радиогенного свинца существенным образом зависит от состава руды и от возраста место" рождения. Радиогенный свинец, извлеченный из ториевых или уран-ториевых руд с малой долей урановой фракции, содержит главным образом ^{208}Pb . В табл. 1 приведены изотопные составы радиогенного свинца в монацитах Бразилии [3], Австралии, США, Канады [4] и Украины [5].

Можно видеть, что ^{208}Pb является основным изотопом радиогенного свинца в этих месторождениях. Радиогенный свинец с высоким содержанием ^{208}Pb представляет особый интерес по следующим причинам.

Изотоп ^{208}Pb обладает уникальными нейтронно-физическими свойствами. Ядро ^{208}Pb является дважды магическим с замкнутыми нейтронными и протонными оболочками. Уровни возбуждения ядра ^{208}Pb находятся в области более высоких энергий, чем уровни возбуждения других изотопов свинца. Поэтому ^{208}Pb слабее замедляет

нейтроны при их неупругом рассеянии, а слабое замедление нейтронов при их упругом рассеянии вызвано просто большой массой ядра ^{208}Pb . Изотоп ^{208}Pb обладает рекордно низким сечением радиационного захвата нейтронов, причем малые сечения сохраняются от тепловой точки до энергий в несколько десятков кэВ.

Это значит, что использование радиогенного свинца с высоким содержанием ^{208}Pb в качестве теплоносителя быстрых реакторов может улучшить их нейтронно-физические характеристики. Слабое поглощение нейтронов изотопом ^{208}Pb позволит использовать уран-плутониевое топливо с меньшей долей плутониевой фракции, а слабое замедление нейтронов приведет к снижению спектральной составляющей плотностного эффекта реактивности. В результате разработчики получают определенный ресурс в улучшении нейтронно-физических параметров реактора, и, что более важно, в улучшении их безопасности. В настоящей работе приведены результаты нейтронно-физического анализа эффективности использования свинца-208.

Расчёты были произведены для быстрого реактора БРЕСТ со свинцовым теплоносителем. Согласно известным данным относительно реактора БРЕСТ[1], была смоделирована трёхмерная модель элементарной ячейки твэла и произведён её нейтронно-физический расчёт. За основу к расчётам взяты четыре различные топливные композиции, и для каждой произведён нейтронно-физический расчёт, как с природным свинцом, так и со ^{208}Pb (природный свинец и ^{208}Pb обладают отличными друг от друга нейтронно-физическими свойствами). Различные топливные композиции взяты с той целью, чтобы максимально объективно оценить полученный в ходе расчётов результат. Расчёты проводились для двух разных геометрий, а именно: бесконечной среды и среды конечных размеров (табл. 2). В ней ΔK_1 – изменение эффективного коэффициента размножения за счёт перехода с природного свинца на ^{208}Pb , ΔK_2 – изменение эффективного коэффициента размножения за счёт изменения плотности природного свинца на 20%, ΔK_3 – изменение эффективного коэффициента размножения за счёт изменения плотности ^{208}Pb на 20 %.

Таблица 2 - Изменение эффективного коэффициента размножения за счёт изменения плотности ^{208}Pb

Топливо	ΔK_1	ΔK_2	ΔK_3
PuN-UN	-0.0382	0.0057	-0.0019
PuO ₂ -UO ₂	-0.0482	0.0074	-0.0004
UO ₂	-0.0377	0.0012	-0.0047
UN	-0.0245	0.0003	-0.0041

Все необходимые расчёты проводились в модулях KENOVI и NEWT входящих в состав программного комплекса SCALE.

Для анализа эффективности использования свинца-208 в качестве теплоносителя была решена задача пополнения нейтронных библиотек SCALE данными по изотопам свинца, отсутствующими в оригинальных библиотеках. Групповые константы были получены из файлов оцененных ядерных данных JENDL-3.2.

Проведенными расчетами подтверждено, что ^{208}Pb , как теплоноситель, обладает свойствами, положительно сказывающимися на нейтронно-физические характеристики реактора. Для всех рассмотренных видов топлива при замене природного свинца на ^{208}Pb увеличивается коэффициент размножения и запас по плотностному коэффициенту реактивности.

В докладе будут рассмотрены другие положительные стороны влияния перехода от “обычного” свинца к ^{208}Pb , которые позволят сделать более просторную решетку ТВЭЛов и повысить роль естественной циркуляции. Также изучение коррозионного поведения в свинце промышленной и экспериментальной стали и изыскание возможности ее защиты, от коррозионного воздействия.

Библиографический список

1. Д.В. Сорокин, И.Н. Кривошеин. Нейтронно-физический расчетный анализ эффективности использования свинца-208 в качестве теплоносителя в быстрых реакторах .
2. В. А. Апсз, Г.Г. Куликов, А.Н. Шмелёв, А. М. Сорокин. О возможности улучшения нейтронно-физических и тепло-гидравлических параметров энергетических быстрых реакторов при использовании радиогенного свинца в качестве теплоносителя. 2010 г.
3. Godoy J.M., Godoy M.L., Aronne C.C.// Journal of Brasilian Chemical Society. 2007.
4. Neir A.O., Tompson R.W., Murphey B.F.// Physical Review. 1941
5. Каталог изотопных дат пород украинского щита. Киев: Наукова думка, 1978

*М.А. Вольман, асп.; рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЕ РЕАКТОРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ТРЕНАЖЕРЕ-ИМИТАТОРЕ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С ВВЭР-1000

Безопасный пуск и последующая эксплуатация ядерного реактора возможны только при знании его нейтронно-физических характеристик с точностью, удовлетворяющей требованиям правил ядерной безопасности и теплотехнической надежности активной зоны. В существующих вузовских программах и соответствующих учебниках реак-

торные измерения затрагиваются довольно поверхностно. Знакомство с техникой физического эксперимента и овладение ей со студенческой скамьи является одной из важнейших задач при подготовке специалистов и может быть осуществлено по средствам симуляции нейтронно-физических реакторных измерений на тренажерах-имитаторах энергоблока АЭС.

Нами разработаны и внедрены методика и программы по симуляции реакторных измерений. В основу разработанного комплекса симуляции реакторных физических экспериментов положены существующие руководящие документы (РД) [1, 2], адаптированные нами для имитаторов, в качестве которых используются Функционально-аналитический тренажер (ФАТ) и полномасштабный тренажер (ПМТ) энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320). Широкие возможности ФАТ позволяют проводить эксперименты над активной зоной, моделировать различного рода штатные и аварийные ситуации, а мобильность и удобство при работе на персональном компьютере делают возможность эффективно использовать ФАТ в учебном процессе. ПМТ имеет идентичное программное обеспечение в дополнении к полномасштабной модели реального блочного щита управления.

В круг разработанных вопросов входят следующие эксперименты:

- моделирование работы реактиметра на ФАТ;
- определение температурного, барометрического и плотностного коэффициентов реактивности на минимально контролируемом уровне мощности реактора, на энергетических уровнях мощности реактора;
- определение дифференциальных и интегральных эффективностей групп органов регулирования системы управления и защиты (ОР СУЗ) и коэффициента реактивности по концентрации борной кислоты в реакторе на минимально контролируемом уровне мощности;
- определение эффективности аварийной защиты реактора и эффективности наиболее эффективного ОР СУЗ;
- определение мощностного коэффициента и мощностного эффекта реактивности при увеличении мощности реактора от минимально контролируемого уровня до одного процента номинальной величины.

Библиографический список

1. **Методики** расчета нейтронно-физических характеристик по данным физических экспериментов на энергоблоках атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000: Руководящий документ РД ЭО 0151-2004 / Концерн «Росэнергоатом». – М., 2005. – 101 с.
2. **Типовые** программы и методики проведения физических экспериментов на энергоблоках атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000: Руководящий документ РД ЭО 0150-2004 / Концерн «Росэнергоатом». – М., 2005. – 273 с.

*В.А. Дунаев, студ.; Н.А. Лоншаков, инженер;
рук. В.А. Горбунов, д.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В 2013 году ОАО «Концерн Росэнергоатом» успешно прошел сертификацию на соответствие требованиям международного стандарта ISO 50001:2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению».

Основным результатом внедрения системы энергоменеджмента в концерне стала разработка и утверждение энергетической политики в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001:2011. Действие энергетической политики распространяется на все подразделения ОАО «Концерн Росэнергоатом» и его филиалы - действующие атомные станции и систему деловых отношений концерна с партнерами. Обязательства концерна в области энергоэффективности и энергосбережения распространяются на экономию электрической и тепловой энергии, водных ресурсов на собственные нужды при соблюдении установленного уровня безопасности.

В связи с этим, целью работы является поиск путей повышения эффективности работы оборудования АЭС с помощью программного обеспечения NeuroSolutions с последующим оформлением решения в Visual C++ и применением программного комплекса в повышении эффективности режимов работы оборудования АЭС.

Принятым показателем эффективности работы энергоблоков АЭС является коэффициент использования установленной мощности (КИУМ), который зависит от многих факторов.

Использование нейросетевых технологий в процессе анализа эффективности работы конкретного энергоблока дает возможность выявить эффективные режимы работы турбоустановки и другого оборудования, что повлияет на увеличение КИУМ. Для атомных станций кроме системного показателя энергетических характеристик используется и ряд целевых и локальных показателей энергетических характеристик (отношение расхода электрической, тепловой на выработку электрической и тепловой энергий и ряд других).

Обучение нейросетевые модели помогут анализировать показатели энергетических характеристик АЭС. Для обучения моделей использу-

ются эксплуатационные данные с реального энергоблока: давление, температура теплоносителя и т.д.

Апробация нейросетевого моделирования была успешно проведена в ИГЭУ для создания модели газовой утилизационной бескомпрессорной турбины (ГУБТ-25), ОАО «Северосталь» и паровой турбины ПТ-12-34/10 М, «Калужский турбинный завод».

Нейросетевая модель может определять изменение выходных параметров: мощности, коэффициента полезного действия от режимных параметров работы турбины.

Наиболее эффективно нейросетевое моделирование использовать для приводных турбин турбопитательного насоса (ТПН) блоков КЛнАЭС, у которых изменение режимных параметров происходит в широком диапазоне. В настоящее время создается программное обеспечение на основе нейросетевого моделирования, с последующей верификацией модели на часть экспериментальных данных, и в дальнейшем предполагается передача этой модели для выбора рациональных режимов эксплуатации установок (паровых приводных турбин и питательных насосов).

Использование предложенной нейросетевой модели позволит:

1. Повысить энергетическую эффективность эксплуатации установки паровой приводной турбины и питательного насоса.
2. Разработать режимные карты работы турбины.
3. Получить нормы расхода энергии на работу установки паровой турбины и питательного насоса.

Библиографический список

1. Горбунов В.А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». – Иваново, 2011.
2. Шульга И. Эффективность использования мощности. /И. Шульга// журнал Атом-эксперт. – 2013. - №5.

*М.А. БУГРОВ асп.; рук. А.Г. ИЛЬЧЕНКО, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЭС С ВВЭР-1000 ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Имеющийся положительный опыт совмещения газового и парового цикла на ТЭС с утилизацией теплоты уходящих газов газотурбинного агрегата в тепловой схеме паровой турбины может быть использован для повышения эффективности блоков АЭС. Включение в работу га-

зовой турбины параллельно с паровой способствует не только получению дополнительной мощности на АЭС, но и увеличению тепловой экономичности всего энергоблока.

Возможны следующие способы использования теплоты уходящих газов на АЭС:

- установка парогазовых теплообменников для организации начального и промежуточного перегрева пара основного цикла.
- установка газовой турбины для нагрева питательной воды вместо подогревателей высокого давления.

Организация дополнительного газового цикла на АЭС может быть реализована как на действующих энергоблоках путём проведения реконструкции тепловой схемы 2-го контура, так и на строящихся и проектируемых станциях.

В данной работе рассмотрено использование газотурбинной установки в составе тепловой схемы ПТУ К-1000-60/3000 энергоблока с ВВЭР-1000. Рассматривались варианты с использованием теплоты уходящих газов газовой турбины для организации промежуточного перегрева пара в газопаровом теплообменнике (вместо паро-парового подогревателя) и вариант с замещением регенеративных подогревателей высокого давления газовой турбиной. При этом температуры промперегрева и питательной воды сохраняются на проектном уровне: 250 и 217 °С соответственно. Анализ рынка предлагаемых газотурбинных установок показал, что для условий турбоустановки К-1000-60/3000 по своим характеристикам наиболее подходят ГТУ Ansaldo V94.2K (производство компании Siemens) и Mitsubishi M701F4.

Для использования с системой промежуточного газопарового перегрева может быть рекомендована газовая турбина Ansaldo V94.2K, а для использования с системой газовой турбины для нагрева питательной воды может быть использована ГТУ Mitsubishi M701F4.

Ниже приведены некоторые результаты расчетов тепловой схемы парогазового блока К-1000-60/3000 + ГТУ.

Характеристики ядерного парогазового блока.

В конденсационном режиме электрическая мощность энергоблока ВВЭР-1000 составляет 1012,5 МВт, что соответствует значению КПД турбоустановки по выработке электроэнергии 33,75 %.

1. Режим замены ПВД газовой турбиной. Газовая турбина Mitsubishi M701F4.

При замене всех ПВД газовой турбиной электрическая мощность паровой турбины повышается до ~ 1099 МВт. Суммарная

электрическая мощность парогазового блока составит 1430 МВт в зимнее и 1403,5 МВт в летнее время.

При этом достигаются значения КПД по выработке электроэнергии соответственно равные 37,45 % (зимний период) и 37,18 % (летний период)..

2. Режим парогазового промежуточного перегрева. Газовая турбина Ansaldo V94.2K.

При замене паро-парового перегревателя на газопаровой электрическая мощность ПТУ увеличивается до ~ 1089 МВт. Суммарная электрическая мощность блока составит 1281,2 МВт в зимнее и 1275,1 МВт в летнее время. При этом КПД по выработке электроэнергии составляют 36,38 % (в зимний период) и 36,33 % (летний период).

Режим парогазового перегрева представляет больший интерес, так как позволяет добиться значительного увеличения мощности при увеличении температуры пара за газопаровым перегревателем (ГПП). При этом не только увеличивается мощность турбоустановки, но и улучшаются условия её работы. При увеличении температуры промперегрева, процесс расширения в ЦНД смещается вправо, что приводит к снижению влажности на выходе из цилиндра и, соответственно, более надёжной работе лопаточного аппарата. Для примера приведены результаты расчётов (для летнего периода) тепловой схемы парогазовой установки при использовании ГТУ 2xAlstom GT 13E2 с температурой перегрева пара за ГПП 350°C.

При замене паро-парового перегревателя на газопаровой электрическая мощность ПТУ увеличивается до ~ 1171 МВт. Суммарная электрическая мощность блока достигает 1539,5 МВт, а КПД по выработке электроэнергии достигает 38,47 %.

Некоторые оценки экономической эффективности внедрения газотурбинных установок на парогазовых АЭС приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Оценка экономической эффективности парогазовых АЭС с ГТУ

Величина	АЭС с ВВЭР-1000	Парогазовая АЭС с ГТУ		
		1. Mitsubishi M701F4	2. Ansaldo V94.2K	2*. 2xAlstom GT 13E2
Эл.мощность, МВт	1012,5	1414	1279	1540
Стоимость строительства, млн. руб	130 000	140 500	136 350	142 300
Годовая выработка электроэнергии, млн.кВт*ч/год	7 590	10 620	9 600	11 560
Стоимость вырабатываемой электроэнергии, руб./(кВт*ч)	1,00	1,067	1,045	1,072
Стоимость природного газа, млн.руб./год	-	955	620	1 210
Чистая годовая прибыль, млн.руб./год	7 590	10 375	9 410	11 180
Срок окупаемости, лет	17,13	13,54	14,49	12,73

Таким образом, использование парогазовых технологий на АЭС позволит получить значительное увеличение мощности, что в целом повышает эффективность парогазовых АЭС. При работе паровой турбины на номинальных параметрах, замена ПВД на газовойдяной подогреватель позволяет получить большую мощность паровой турбины.

В то же время, схема с газопаровым перегревателем более перспективна. Так, при увеличении температуры за перегревателем до 350°C мощность паровой турбины увеличивается на 15%. Однако переход на повышенные температуры требует применения более жаропрочных лопаток первых ступеней.

Библиографический список

1. **Цанев С.В.**, Бузов В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов/Под ред. С.В.Цанева – М.: Издательство МЭИ, 2002 – 584 с.,ил.
2. **Тепловые** и атомные электрические станции: Справочник/Под. общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.ил. – (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 3).
3. **Каталог** газотурбинного оборудования, 2008.

*М.М. Иванова, студ.; рук. А.М. Терехова, ст. преп.
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ, г. Обнинск)*

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОГЕННОГО СВИНЦА В РЕАКТОРАХ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ СО СВИНЦОВО- ВИСМУТОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Для снижения капитальных затрат на строительство атомных станций, а также повышения уровня безопасности, планируется использовать инновационные ядерные технологии. К таким реакторам можно отнести реакторы на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем. Одним из видов таких теплоносителей является эвтектика свинец-висмут.

В качестве модели для исследования решено было взять реактор РБЕЦ-М (реактор быстрый естественной циркуляции со свинцово-висмутовым теплоносителем). Реактор трехзонный. Топливо состоит из смешанного нитрида урана и плутония с разным составом в каждой топливной зоне.

Низкое поглощение нейтронов и слабое замедление изотопа свинца 208 (радиогенного свинца, являющейся продуктом радиоактивного распада тория) позволяют предположить улучшение нейтронно-

физических характеристик у реактора при замене свинца с природным обогащением, на свинец 208.

Расчет показал, что при замене теплоносителя происходит значительное увеличение эффективного коэффициента размножения нейтронов на начало и на конец топливной кампании. В данном реакторе кампания составляет 1800 сут. Кроме того, в зоне с высоким и средним обогащением топлива потоки нейтронов уменьшаются, а в зоне с низким обогащением топлива поток увеличивается. Это влияет на изменении изотопного состава в этих зонах.

Библиографический список

1. **Иванова М.М.**, Колесов В.В., Терехова. А.М., Особенности кампании реактора со свинцово-висмутовым теплоносителем, - М.: Сборник аннотаций. 12-я Курчатовская молодежная научная школа, 2014. - 19 с.

2. **Иванова М.М.**, Терехова. А.М., Сравнение нейтронно – физических характеристик реактора на быстрых нейтронах со свинцово – висмутовым теплоносителем при изменении изотопного состава свинца, - Обнинск: Сборник аннотаций. X международная молодежная научно – практическая конференция «Будущее атомной энергетики», 2014. – 23 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОЙ ПОДАЧИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В ПАРОГЕНЕРАТОРЫ ЭНЕРГБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

Работа посвящена актуальной проблеме интенсификации и повышения мотивации обучения и придания ему практической направленности. В ней реализован начальный этап разработки КОС: проведены исследования по назначению, функции, структуре и принципиальной схеме технологической системы аварийной подачи питательной воды в парогенераторы энергоблока ВВЭР-1000 (система ТХ).

Система аварийной подачи питательной воды в парогенераторы энергоблока ВВЭР-1000 предназначена для подачи питательной воды в парогенераторы в аварийных режимах работы энергоблока, связанных с обесточиванием блока, сейсмическими воздействиями и нарушением нормальной подачи питательной воды в парогенераторы.

В стационарном режиме работы блока система эксплуатируется в режиме ожидания или режиме опробования канала системы. При этом оборудование и арматура находятся в исправном состоянии, электри-

ческие схемы собраны, в рабочем состоянии находятся система КИП и сигнализации. К насосным агрегатам подведена охлаждающая вода, а баки заполнены обессоленной водой до номинального уровня. Система аварийной подачи питательной воды в парогенераторы должна быть введена в режим ожидания на этапе подготовки РУ к пуску при повышении средней температуры теплоносителя в I контуре до 150 С. В случае необходимости аварийные питательные насосы (АПЭН) включаются в работу по программе ступенчатого пуска или по импульсу понижения уровня питательной воды на определенную величину в любом из парогенераторов. Одновременно с подачей импульса на запуск аварийных питательных насосов включаются в работу регуляторы, установленные на напорных трубопроводах подачи питательной воды в парогенераторы. В аварийном режиме, насосы ТХ подают питательную воду не менее чем в три парогенератора с учетом разрыва напорного трубопровода одного из насосов. Продолжительность работы системы ТХ в аварийных режимах и количество работающих каналов системы определяются конкретной ситуацией на блоке.

Система состоит из трех независимых каналов. Каждый канал обеспечивает подачу химобессоленной воды не менее чем в два парогенератора. Каждый АПЭН подключен к своему баку ХОВ. Однако, для возможности работы насоса из смежных баков все три бака соединены между собой трубопроводами с запорной арматурой. Два аварийных питательных насоса включены в схему таким образом, что каждый из этих насосов снабжает водой по два парогенератора. Третий АПЭН подает воду во все четыре парогенератора, причем на подводе к двум парогенераторам арматура открыта (“не отключенные” парогенераторы - ПГ-2 и ПГ-4), а к двум другим парогенераторам арматура закрыта, (“отключенные” парогенераторы - ПГ-1 и ПГ-3). На каждом трубопроводе подачи питательной воды к парогенератору установлены регулирующий и обратный клапаны. Регулирующие клапаны перед ПГ-1 и перед ПГ-3 управляются регулятором уровня воды. Регулирующие клапаны перед ПГ- 4 и перед ПГ-2 управляются либо регулятором уровня воды, либо регулятором расхода воды в зависимости от уровня в ПГ и расхода на него. Подшипники насосов и воздухоохладители двигателя охлаждаются технической водой группы А.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по данной технологической системе предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы аварийной подпитки парогенераторов. 03.ТХ.ПЭ.0012.44 Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы аварийной подпитки парогенераторов. 03.ТХ.ЭС.0025.44. Калининская АЭС.

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ
РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ
ВОДЫ КАК ВРАЩАЮЩЕГОСЯ РЕЗЕРВА
МОЩНОСТИ ЭНЕРГБЛОКА ВВЭР-1000**

Современные мощные паротурбинные установки (ПТУ) обладают развитой системой регенеративного подогрева питательной воды (РППВ). В регенеративные подогреватели направляется до (30 – 40)% общего расхода пара, проходящего регулируемые клапаны ЧВД [1].

Временное отключение регенеративных отборов пара – один из простых способов быстрого получения дополнительной мощности [1,2]. При этом пар, ранее поступавший в подогреватели, направляется в проточную часть последующих ступеней турбины, вырабатывая дополнительную мощность. Помимо рассмотренного прямого увеличения мощности за счет пара регенеративных отборов, при их отключении отсекаются паровые объемы подогревателей и трубопроводов, инерция которых уменьшает скорость набора нагрузки при открытии регулируемых клапанов турбины [3].

Результаты исследований по возможностям длительной перегрузки турбоагрегатов сверх номинальной мощности свидетельствуют, что частичное отключение регенерации возможно при больших нагрузках [1].

Можно выделить два основных способа отключения регенеративных отборов.

Один из них – это направление основного конденсата или питательной воды в обвод регенеративных подогревателей. Уменьшение теплообмена в регенеративном подогревателе приводит к прекращению конденсации пара и повышению давления, вследствие чего прекращается поступление пара в подогреватель и увеличивается мощность турбины. Указанный способ отключения регенерации обладает значительной инерцией, обусловленной паровыми объемами, а также

аккумуляцией тепла в металле подогревателей и находящейся в них воде. Возможны также значительные скорости изменения температуры труб подогревателей, недопустимые по условиям прочности [1,4].

Отмеченные обстоятельства заставляют отдать предпочтение другому способу, а именно: непосредственному прекращению подачи пара в регенеративные подогреватели. Для реализации такого отключения могут быть использованы обратные клапаны регенеративных отборов [1,3,4,5]. На трубопроводах регенеративных отборов установлены обратные клапаны типа КОС (клапан обратный с сервомотором), предохраняющие турбину от разгона паром регенеративных отборов при сбросах нагрузки. Поскольку КОС расположены непосредственно возле турбины, то при их принудительном закрытии отсекается большая часть емкостей паропроводов и регенеративных подогревателей. Рабочей средой для гидроприводов КОС является конденсат, отбираемый после конденсатных насосов второй ступени (КН-2) с давлением до 25 бар. Это обеспечивает быстрое действие КОС в сторону закрытия до (0,4 – 1) сек. Движение обратных клапанов в сторону открытия происходит с меньшей скоростью, клапан полностью открывается за (4 – 8) сек. Следует отметить, что при использовании способа принудительного закрытия КОС не нарушается нормальный режим работы парогенераторов, деаэраторов и питательных насосов [1].

Учитывая вышеприведенное, в данной работе с использованием ФАТ и ПМТ энергоблока ВВЭР-1000 проведены исследования по изменению электрической мощности ПТУ К-1000-60/3000 при отключении и последующем подключении регенеративных подогревателей воздействием на КОС их паропроводов.

Библиографический список

1. **Иванов В.А.** Режимы мощных паротурбинных установок. Л.: «Энергия», 1971.
2. **Пивень В.Д.**, Богданов В.К., Ганжерли Э.И. и др. Автоматизация энергетических блоков. Л.: «Энергия», 1965.
3. **Гиршфельд В.Я.**, Бахусов В.Н. Влияние емкостей системы регенерации на приемистость турбоустановки. «Теплоэнергетика», 1964, №8.
4. **Сидоров М.Н.**, Бардмесер В.А., Лобас И.Ш. Экспериментальная проверка эффективности повышения приемистости паротурбинных установок воздействием на систему регенерации. «Энергомашиностроение», 1969, №8.
5. **Кириллов И.И.**, Иванов В.А. Итоги и основные проблемы отечественного паротурбостроения. «Известия вузов. Энергетика», 1967, №10.

*А.М. Теплов, студ.; Д.А. Медников, студенты;
рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛЬ ДВУХТОЧЕЧНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКСИАЛЬНЫХ КСЕНОНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В АЗ

По ксеноновой составляющей реактивности реактор обладает положительной обратной связью. В переходных режимах при снижении мощности происходит увеличение отравления, а при увеличении мощности – снижение отравления и высвобождение дополнительной реактивности. В том и другом случае для поддержания реактора в критическом состоянии требуется вмешательство системы регулирования. В реакторах с неравномерным распределением нейтронного поля возможно возникновение ксеноновых колебаний и волн. Действительно, если в некотором объеме активной зоны произошло локальное возрастание нейтронного потока, то это приведет к увеличению выгорания ксенона и освобождению новой реактивности и т.д. Для поддержания реактора в критике система регулирования введет в зону поглощающие стержни и изменит реактивность всей зоны. Концентрация ксенона во всей зоне, за исключением области возмущения, начнет возрастать, а в области возмущения будет продолжать падать, а потом начнет расти. Так как реактор остается на прежнем уровне мощности, то в примыкающем к области возмущения объеме она будет падать. Такое взаимодействие системы регулирования с активной зоной приведет к тому, что область с переменной концентрацией ксенона будет перемещаться по активной зоне с периодом примерно сутки. Это является причиной появления ксеноновых колебаний. Если размеры зоны невелики, то можно говорить о ксеноновых колебаниях.

Наша работа посвящена анализу ксеноновых аксиальных колебаний. В основу анализа положена математическая модель реактора с сосредоточенными параметрами с учетом одной группы запаздывающих нейтронов и учетом температурной обратной связи по топливу и теплоносителю.

Ксеноновые колебания в активной зоне ВВЭР, обусловленные периодическими отклонениями от равновесного распределения йода, ксенона и плотности потока нейтронов в различных ее участках, условно можно разделить на аксиальные, диаметральные и азимутальные. При этом аксиальные ксеноновые колебания являются наиболее распространенными и вызываются изменениями:

- положения группы органов регулирования (ОР) системы управления и защиты (СУЗ) реактора при его постоянной мощности;
- мощности реактора при неизменном положении ОР СУЗ;
- одновременно положения группы ОР СУЗ и мощности реактора.

В зависимости от состояния активной зоны аксиальные ксеноновые колебания могут быть затухающими, незатухающими (с постоянной времени затухания $\tau_{кс}$, стремящейся к бесконечности) и расходящимися (с отрицательной величиной $\tau_{кс}$).

При достаточно большой амплитуде эти колебания могут привести к повышению коэффициентов неравномерности энерговыделения по объему активной зоны, а следовательно, к увеличению линейной нагрузки на тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) топливных кассет и соответственно к снижению запаса до кризиса теплообмена. Последнее, в свою очередь, может явиться причиной нарушения теплотехнической надежности ТВЭЛов, их разгерметизации.

Библиографический список

1. Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. И.: 2009.

*Р.Р. Шакиров, студ.; рук. В.К. Семенов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФИЦИЕНТОВ РЕАКТИВНОСТИ НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ МОЩНОСТИ РЕАКТОРА И ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Качество регулирования и надежность работы любого реактора зависит от правильности определения коэффициентов реактивности.

Изменение реактивности реактора при малых возмущениях определяется выражением:

$$\Delta\rho = \left(\frac{\partial\rho}{\partial T}\right)\Delta T_B + \left(\frac{\partial\rho}{\partial T}\right)\Delta T_u + \left(\frac{\partial\rho}{\partial p}\right)\Delta p_1 + \left(\frac{\partial\rho}{\partial H}\right)\Delta H \quad (1)$$

Зная значения температурного, барометрического коэффициентов реактивности, а также изменение реактивности в зависимости от положения ОР СУЗ, можно проанализировать поведение реактора при любом возмущении, воздействующем на него.

Для получения коэффициентов реактивности использовался функционально-аналитический тренажер реактора ВВЭР-1000. На нем проводились опыты, при которых путем разного рода воздействия на первый и второй контур энергоблока имитировались возмущения реактора, обусловленные различными причинами:

1. Возмущение изменением положения ОР СУЗ при $P_1 = \text{const}$. В этом случае для определения коэффициентов реактивности использовалось уравнение:

$$\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right) \Delta T_{\text{вых}} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial N}\right)_{A3} \Delta N_T + \left(\frac{\partial \rho}{\partial H}\right) \Delta H = 0 \quad (2)$$

Возмущение изменением температуры на выходе из реактора при $P_1 = \text{const}$ и $N_{\text{суз}} = \text{const}$:

$$\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right) \Delta T_{\text{вых}} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial N}\right)_{A3} \Delta N_T = 0 \quad (3)$$

Возмущение изменением давления в первом контуре при $N_{\text{суз}} = \text{const}$

$$\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right) \Delta T_{\text{вых}} + \left(\frac{\partial \rho}{\partial N}\right)_{A3} \Delta N_T + \left(\frac{\partial \rho}{\partial p}\right) \Delta p_1 = 0 \quad (4)$$

Решая полученную систему уравнений, находят соответствующие коэффициенты реактивности.

Для проверки правильности полученных значений, была создана программа в среде СИ++, в которую была заложена математическая модель кинетики горячего реактора с учетом шести групп запаздывающих нейтронов, которая определяется следующей системой нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\rho - \sum_{j=1}^6 \beta_j}{\tau_m} N + \sum_{j=1}^6 \lambda_j N_j \quad (5)$$

$$\frac{dN_j}{dt} = \frac{\beta_j}{\tau_m} N - \lambda_j N_j, \quad j = 1..6 \quad (6)$$

$$m_u c_u \frac{dT_u}{dt} = N - kF(T_u - T_B) \quad (7)$$

$$m_B c_B \frac{dT_B}{dt} = kF(T_u - T_B) - \gamma_B c_B G(T_B - T_B(0)) \quad (8)$$

$$\rho = \delta \rho(t) + \alpha_1 (T_u - T_u(0)) + \alpha_2 (T_B - T_B(0)) \quad (9)$$

Константы уравнений взяты из альбомов действующих реакторов, а коэффициенты реактивности (α_1, α_2) получены путем решения системы уравнений (2 – 4).

Программа решает эту систему из 10 дифференциальных уравнений и в результате выдает в численном или графическом виде зависимости:

- 1) $N(t)$ -мощность реактора;
- 2) $T_u(t)$ -температура топлива;
- 3) $T_v(t)$ -температура воды;
- 4) $\rho(t)$ - реактивность.

Совпадение зависимостей параметров, полученных с помощью программного моделирования и результатов эксперимента на ФАТе, свидетельствуют о достоверности коэффициентов реактивности, полученных в результате опыта. Это также говорит о том, что в тренажер заложена верная математическая модель, соответствующая реальным физическим процессам.

Библиографический список

1. Семенов В.К. Кинетика ядерных реакторов. Методические материалы для проведения компьютерного лабораторного практикума. Иваново: ИГЭУ. 2013 г.
2. Семенов В.К. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. Иваново: ИГЭУ. 2009 г.
3. Семенов В.К. Вольман М.А. Реакторные измерения. Методические материалы для проведения компьютерного лабораторного практикума. Иваново: ИГЭУ. 2014 г.

*Карпеш А.А., Арсенов П.В., Полозкова Е.Н., магистранты;
рук. Д.Н. Солнцев, к.т.н., доц.
(НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО МАССООБМЕНА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В РАЙОНЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАНАЛОВ ТВСА РЕАКТОРОВ ВБЭР

Для обеспечения электроэнергией и потребностей в теплоснабжении коммунально-бытовых и промышленных предприятий в АО «ОКБМ Африкантов» разработан проект реакторной установки средней мощности ВБЭР с водо-водяным реактором блочного типа и развитыми системами пассивной безопасности.

В реакторах типа ВБЭР используются бесчехловые ТВСА каркасной конструкции. В состав конструкции ТВСА входят такие элементы, как

силовой каркас, пучок твэлов, направляющие каналы, дистанционирующие и перемешивающие решетки, головка и хвостовик. Применение перемешивающих решеток позволяет повысить интенсивность процессов теплообмена в активной зоне реактора и турбулизовать поток в пределах отдельных ячеек, что положительно сказывается на надежности и безопасности энергоблока в целом.

Для оценки влияния перемешивающей решетки на поток теплоносителя в НГТУ им. Р.Е. Алексеева был проведен комплекс экспериментальных исследований. Цель работы заключалась в определении локальных гидродинамических и массообменных характеристик потока теплоносителя в модели фрагмента ТВСА для реакторной установки ВБЭР за перемешивающей решеткой в области направляющего канала.

Экспериментальный стенд представляет собой разомкнутый контур, через который прокачивается воздух. Исследования локального массообмена осуществлялось методом трассера [1]. Данный метод основан на регистрации поперечного потока массы по некоторой переносимой субстанции. В качестве примеси выбран пропан, поскольку он обладает наиболее близкими к воздуху свойствами.

Экспериментальная модель представляет собой фрагмент ТВСА реактора ВБЭР, включающая в себе шестьдесят имитаторов твэлов и один имитатор направляющего канала. Поперечное сечение экспериментальной модели разбивалось на элементарные ячейки. Трассер подавался до перемешивающей решетки, после чего отслеживалось его распространение по экспериментальной модели за перемешивающей решеткой.

Проведенными исследованиями было установлено, что:

а) в области стандартных ячеек существуют направленные конвективные течения, обусловленные соответствующим расположением дефлекторов;

б) в области направляющего канала происходит снижение интенсивности процессов массопереноса. Это обусловлено отсутствием турбулизирующих дефлекторов перемешивающей решетки в этих ячейках;

в) поток теплоносителя,двигающийся в область НК из стандартных ячеек, разделяется на две части. Одна часть, обогнув НК, продолжает распространяться в первоначальном направлении. Вторая часть, попав в соседний ряд ячеек, направляется в противоположную сторону из-за воздействия перемешивающей решетки.

На основании полученных экспериментальных данных была создана база данных для программ детального поячейкового расчета активных зон реакторов ВВЭР с ТВСА.

Библиографический список

1. **Дмитриев С.М.**, Бородин С.С., Легчанов М.А., Солнцев Д.Н., Сорокин В.Д., Хробостов А.Е. Экспериментальные исследования гидродинамических и массообменных характеристик потока теплоносителя в ТВСА ВВЭР// Атомная энергия, том 113, выпуск 5, стр 252-256, ноябрь 2012

*Илютина Е. М., Игнатов Е. Д., Табекин А. А.;
рук. А.Е. Хробостов, к.т.н., доц.
(НГТУ им. Р. Е. Алексева, г. Нижний Новгород)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДИСТАНЦИОНИРУЮЩИХ РЕШЕТОК С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ДЕФЛЕКТОРОВ НА ТЕЧЕНИЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В РАЙОНЕ НАПРАВЛЯЮЩЕГО КАНАЛА ТВС-КВАДРАТ РЕАКТОРА PWR

В настоящее время в АО «ОКБМ Африкантов» разработаны тепло-выделяющие сборки ТВС-КВАДРАТ для активной зоны реакторов типа PWR. Особенностью конструкции данных сборок является применение перемешивающих дистанционирующих решеток (ПДР) и дополнительно устанавливаемых перемешивающих решеток, задачей которых является выравнивание температур (энтальпий) по сечению сборок, повышение запасов до кризиса теплоотдачи и др. Для данных целей в решетках используются турбулизирующие дефлекторы. Оптимальная конструкция применяемых дефлекторов требует поиска вариантов, обеспечивающих наиболее благоприятное сочетание таких параметров, как интенсивность перемешивания, гидравлические потери и запасы до кризиса теплоотдачи [1].

Для исследования локальных характеристик гидродинамики теплоносителя в ТВС-КВАДРАТ реактора типа PWR в НГТУ был построен экспериментальный стенд, представляющий собой аэродинамический разомкнутый контур, через который прокачивается воздух. В него входит экспериментальная модель, вентилятор высокого давления, измерительный комплекс и регулирующая арматура [2].

Экспериментальная модель выполнена с коэффициентом геометрии

ческого подобия $K_g=4,2$. Исследуемые пояса ПДР выполнены в виде пластинчатых решеток, состоящих из взаимно перпендикулярных рядов пластин и восьмигранных ячеек, выполняющих функцию дистанционирования твэл-имитаторов. Верхние кромки пластин ПДР снабжались дефлекторами различной конструкции. Были исследованы дефлекторы следующих типов: «косой гиб», «прямой гиб» и «обратный гиб».

Экспериментальные исследования локальных гидродинамических характеристик потока теплоносителя, заключающиеся в измерении направления и величины скорости, статического и полного давлений внутри трубного пучка в стандартных ячейках и области направляющего канала (НК), выявили следующее.

1. За любым из исследуемых типов дефлекторов образуется вихревое течение, которое прекращается на расстоянии $\Delta l/d_r=3\text{ч}5$ за дефлекторами типа «косой гиб» и «обратный гиб», и на расстоянии $\Delta l/d_r=10\text{ч}12$ за дефлекторами типа «прямой гиб».

2. Затухание поперечных скоростей за ПДР с дефлекторами типа «косой гиб» и «прямой гиб», происходит на расстоянии $\Delta l/d_r=14\text{ч}15$, а за ПДР с дефлекторами типа «обратный гиб» на расстоянии $\Delta l/d_r=24$.

3. В ячейках НК, где дефлекторы направляют теплоносителя в аналогичные ячейки данной области, за всеми из исследуемых типов дефлекторов, в части, прилежащей непосредственно к направляющему каналу, возникает вихрь, который затухает на расстоянии $\Delta l/d_r \approx 3$ от перемешивающей дистанционирующей решетки.

4. В ячейках НК, где дефлекторы направляют поток в стандартные ячейки, за ПДР с дефлекторами типа «косой гиб» и «прямой гиб» возникает вихрь с длиной затухания $\Delta l/d_r \approx 5\text{ч}8$ от решетки. При постановке решетки с дефлекторами типа «обратный гиб», вихрь в этой же области затухает через $\Delta l/d_r \approx 14$ от ПДР.

По результатам исследований локальной гидродинамики теплоносителя в районе направляющего канала выявлено, что в данной области для создания конвективных течений целесообразно на ПДР ТВС–КВАДРАТ устанавливать дефлекторы типа «обратный гиб». Данный выбор обусловлен тем, что за ПДР с дефлектором типа «обратный гиб» отмечена наибольшая длина затухания возмущений.

Библиографический список

1. **Бородин С.С.,** Бородина В. Е., Илютина Е. М. и др. Экспериментальные исследования влияния дистанционирующих решеток на течение теплоносителя в ТВС реактора КЛТ-40С. // Труды XIII Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки», стр. 304 - 305, 2014г., Нижний Новгород.
2. **Бородин С. С.,** Бородина В. Е., Илютина Е. М. и др. Экспериментальные исследо-

вания локального массообмена теплоносителя в ТВС реактора КЛТ 40С в нестандартный ячейках области вытеснителя. // Труды XIX Нижегородской сессии молодых ученых, Технические науки, стр. 201 - 204, 2014г., Нижний Новгород.

*В.В. Галчинская, студ.; рук. В.Г. Работаев, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПО ТЕЧЕНИЮ ЖИДКОСТИ В ЭЛЕМЕНТАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рабочим телом в оборудовании АЭС как первого, так и второго контура является жидкая текучая среда. Для полного представления процессов, протекающих в данном оборудовании, важно знать основополагающие законы течения жидкостей (несжимаемых – вода и растворы и сжимаемых – водяной пар).

Для удобного получения знаний в данной сфере разрабатывается компьютерная обучающая программа по изучению течения жидкости в элементах энергетического оборудования. В состав программы включены теоретические данные с иллюстративным материалом, демонстрационные модули (разработанные с помощью мультимедийных приложений), а также контрольные вопросы по предлагаемым темам, которые позволяют оценить степень усвоения изученного материала.

Исходными материалами для данной программы стали теоретические основы механики жидкости и газа, которые в свою очередь разделяются на два раздела: теоретические вопросы МЖГ и прикладные вопросы гидрогазодинамики.

Общетеоретические вопросы МЖГ включают в себя следующие разделы.

1. Введение.
 2. Основные понятия.
 3. Кинематика жидкости.
 4. Основные уравнения МЖГ.
 5. Основы гидростатики.
 6. Одномерные течения идеальной сжимаемой жидкости.
 7. Потенциальные течения идеальной несжимаемой жидкости.
 8. Сверхзвуковые течения идеальной сжимаемой жидкости.
 9. Движение вязкой жидкости.
 10. Основы теории пограничного слоя.
- Прикладные вопросы гидрогазодинамики:

1. Истечение капельной жидкости.
2. Истечение газов из суживающихся и расширяющихся сопл.
3. Истечение газов из непрофилированных отверстий.
4. Течение капельной жидкости в трубах.
5. Течение в лабиринтовых уплотнения.
6. Течение в диффузорах.
7. Течение газа в турбинных решетках.
8. Течение двухфазных сред.

При разработке компьютерной обучающей программы по течению жидкости в элементах энергетического оборудования планируется рассмотреть течение рабочей жидкости в реакторах, парогенераторах, теплообменниках и турбине.

Библиографический список

1. Зарянкин А.Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей. – М.: МЭИ Издательский дом МЭИ, 2014.– 590 с.

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

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛНОГО ОБЕСТОЧИВАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА ПРОЕКТА АЭС-2006

Вопросы безопасности для работы АЭС являются не просто очень важными, а приоритетными. В развитии концепции безопасности можно выделить несколько этапов, отражающих эволюцию приоритетов в ходе развития атомной энергетики.

I этап – надежность оборудования, безаварийность – минимизация экономических потерь.

II этап – внедрение специальных мер и систем для обеспечения безопасности (ОПБ-73, 82).

III этап – разработка концепции глубокоэшелонированной защиты, учет тяжелых аварий, управление авариями (ОПБ-88).

IV этап – гарантированное управление аварией.

Сейчас мы находимся на IV этапе, поэтому обязаны уделить внимание подобным запроектным режимам, что будут описаны ниже.

Моделирование аварийных режимов осуществлялось на базе программного комплекса «РАДУГА-ЭУ» [1]. Характеристики реакторной установки и систем безопасности принимались по проектным данным энергоблока №1 НВАЭС-2 [2,3].

«РАДУГА-ЭУ» – это полномасштабный моделирующий комплекс программ инженерной точности, позволяющий моделировать динамику реакторной установки (включая расчет трехмерной кинетики нейтронов в покассетном двухгрупповом диффузионном приближении), а также динамику разветвленных теплогидравлических сетей.

Развитие аварийных режимов на программном комплексе «РАДУГА-ЭУ» велось около суток (80 тыс. с.) модельного времени. В результате чего были получены графики процессов, протекающих в различных элементах энергоблока.

Режим полного обесточивания с отказом резервных дизельных электростанций без потерь теплоносителя.

Запроектный аварийный режим с потерей всех источников переменного тока и отказом РДЭС является одним из опаснейших сценариев для любого энергоблока. Требуется обеспечить необходимый отвод остаточных тепловыделений от подкритичного реактора с помощью пассивных систем безопасности и не допустить повреждения активной зоны (а.з.) реактора. Ключевую роль в этом сценарии играет система пассивного отвода тепла (СПОТ). В целях упрощения модели СПОТ работа регулирующего устройства не учитывается, принят режим расхолаживания.

Режим средней течи теплоносителя (Ду100) с напорного холодного участка циркуляционной петли №3 с наложением полного обесточивания и отказом всех РДЭС.

Этот запроектный аварийный режим является ещё более опасным сценарием, чем предыдущий. Здесь при разгерметизации первого контура (средняя течь с эквивалентным диаметром Ду100), а именно холодного напорного участка циркуляционной петли №3, происходит и полное обесточивание блока с отказом резервных дизель-генераторов. Поэтому требуется не только обеспечить необходимый отвод остаточных тепловыделений, но и не допустить осушения а.з. и её дальнейшего повреждения. Для этого в проекте предусмотрены пассивные системы залива а.з. первой и второй ступеней, которые, наряду со СПОТ, будут предотвращать развитие сценария в худшую сторону. В целях упрощения модели СПОТ работа регулирующего устройства не учитывается, принят режим расхолаживания.

Выводы.

Для СПОТ критерием выполнения системой заданных функций является:

- обеспечение автоматического включения системы в работу по пассивному принципу, не требующему подвода электроэнергии от внешних источников или вмешательства оператора;

• мощность тепловода на трех из четырех имеющихся циркуляционных петель не менее 2% номинальной тепловой мощности реактора.

Для систем гидроемкостей (пассивная часть САОЗ) первой и второй ступеней критерием выполнения системой заданных функций является:

• обеспечение необходимого расхода борного раствора с концентрацией борной кислоты 16 г/кг в а.з. реактора;

• обеспечение необходимого запаса борного раствора в течение не менее суток с момента аварии.

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод об удовлетворительном выполнении пассивными системами безопасности своих функций в рассмотренных запроектных аварийных режимах.

Библиографический список

1. Кавун О. Ю. САПР отрасли. Программы и программные комплексы, применяемые при проектировании ЯЭУ. Примеры применения и верификации конечно-разностных схем при разработке программ: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2005. – 106 с.

2. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Нововоронежская АЭС-2. Энергоблок №1. Глава 4. «Реактор». ФГУП «Атомэнергопроект». Москва, 2007 г.

3. Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Нововоронежская АЭС-2. Энергоблок №1. Глава 12. «Системы безопасности». ФГУП «Атомэнергопроект». Москва, 2007 г.

*Н.О. Алейник, студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА КОС ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА №3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Разрабатываемая компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для получения знаний и умений по функционированию системы предупреждения и ликвидации аварий оборудования ПТУ К-1000-60/3000 (система SA).

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

Высокий уровень автоматизации технологических процессов и технологических защит и блокировок турбинного оборудования предполагает отсутствие вмешательства в работу автоматических устройств во время аварии. В то же время, персонал обязан представлять ход развития аварии и логику действия автоматики для осуществления контроля и своевременного принятия управления на себя в случае отказа автоматических устройств.

При возникновении аварии оперативный персонал должен немедленно принять меры к ее ликвидации и сообщить о ней НС ТЦ. НС ТЦ немедленно посылает на место аварии СМТО для уточнения обстановки или определяет ее сам и извещает НС АС (ЗНСО АС), начальника ТЦ или его заместителя.

Оперативным руководителем по ликвидации аварии в цехе, не угрожающей выходом из строя оборудования и не нарушающей технологический процесс работы блока в целом, является НС ТЦ.

Оперативным руководителем при ликвидации аварии, могущей привести к выходу из строя основного оборудования или нарушению технологического процесса в целом, является НС АС.

Во время ликвидации аварий сменный персонал ТЦ и сменный персонал других цехов должен находиться на своем рабочем месте, независимо от того, на каком участке создано аварийное положение, усилить наблюдение за показаниями КИП и работой оборудования, контролировать срабатывание защит и блокировок, не вмешиваясь в их работу. В случае отказа срабатывания защит и блокировок выполнить необходимые операции дистанционно или по месту. Отключать защиты в аварийной ситуации запрещается.

Покидать рабочее место разрешается: по распоряжению оперативного руководителя по ликвидации аварии; при опасности для жизни; для оказания первой помощи пострадавшему при несчастном случае.

Присутствие лиц в ТО, не участвующих в ликвидации аварии, воспрещается. Лица, не входящие в состав вахты, но имеющие право присутствовать в ТО при аварийном положении, не имеют права, независимо от их служебного положения, отвлекать оперативный персонал разговорами или расспросами.

При возникновении аварии дежурный персонал обязан: на основании показаний КИП и по внешним признакам работы оборудования составить общее представление о том, что и где произошло; немедленно принять меры по устранению опасности для людей и оборудования вплоть до отключения последнего, в остальных случаях принять меры по восстановлению нормальной работы оборудования; отметить характер и места повреждения; на каждом этапе ликвидации аварии до-

кладывать непосредственному начальнику о результатах своих действий, по возможности немедленно, не дожидаясь опроса; действовать быстро и точно, но без торопливости, помня, что поспешное необдуманное действие может только усугубить развитие аварии.

После изучения материала при помощи КУП обучаемый должен быть способен описать систему SA и ее компоненты в соответствии с нормативной и эксплуатационной документацией.

Библиографический список

1. **Эксплуатационная** инструкция по предупреждению и ликвидации аварий оборудования ПТУ К-1000-60/3000. 03.SA.ПЭ. 0026.44. Калининская АЭС.

*Н.О. Алейник, студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ГИДРОИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ВТОРОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКА № 3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Разрабатываемая компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для получения знаний и умений по функционированию технологической системы гидроиспытаний трубопроводов и оборудования ПТУ К-1000-60/3000 (система UB). Качество и уровень исполнения обучающей программы непосредственно влияет на эффективность восприятия заложенной в ней информации, что определило основные требования к выбору оболочки и написанию самой программы, а именно: простота в использовании; наглядность и информативность; интуитивный интерфейс. возможность промежуточного и итогового контроля. Всем этим требованиям удовлетворила среда «HTML» в частности язык разметки гипертекста «XML» с дополняющей программой «Macromedia Flash».

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

Система гидроиспытаний предназначена для обеспечения провер-

ки на плотность и прочность элементов трубопроводов и оборудования машзала после монтажа или ремонта, а также во время технического освидетельствования на параметры, оговоренные в рабочих программах.

В состав системы гидроиспытаний трубопроводов и оборудования второго контура входят: трехплунжерный кривошипный насос, приводимый в действие электродвигателем через клиноременную передачу; предохранительный пружинный клапан, защищающий оборудование от недопустимого превышения в нем давления при проведении гидравлических испытаний; регулирующий дроссельный клапан ручного действия, обеспечивающий требуемое программами гидроиспытаний пробное давление в системах и оборудовании второго контура; трубопроводы и запорные дренажные вентили.

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

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы гидроиспытаний трубопроводов и оборудования ПТУ К-1000-60/3000. 03.УЕ.ПЭ. 0024.44. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы гидроиспытаний оборудования и трубопроводов. 03.УЕ.ЭС.0041. 44. Калининская АЭС.

*М.Ю. Никитин, студ.; рук. М.А. Вольман, ассистент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СИМУЛЯЦИЯ АВАРИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОБЛОКА АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000 НА ФУНКЦИОНАЛЬНОМ АНАЛИТИЧЕСКОМ ТРЕНАЖЕРЕ

Основой благополучного развития ядерной энергетики, на фоне признания обществом ее заслуг и перспектив, является безопасная эксплуатация существующих энергоблоков. Известно, что в трех наиболее крупных авариях на коммерческих АЭС (Чернобыльская АЭС, СССР; Три Майл Айленд, США; Фукусима Дайичи, Япония) ошибки персонала, хотя и не были единственной причиной аварии, являлись в то же время решающими. Персонал должен хорошо знать свою установку, её слабые места и недостатки и быть подготовленным

к действиям в непредвиденных обстоятельствах без недопустимого риска. Для этого, начиная с вуза, должна быть организована эффективная подготовка будущего персонала АЭС.

В связи со всем выше перечисленным актуальным представляется цель представляемой работы, а именно создание методики симуляции аварийных процессов энергоблока с реактором ВВЭР-1000 на функциональном аналитическом тренажере путем адаптации инструкций по действиям оперативного персонала АЭС в аварийных состояниях энергоблока для последующего ее использования в вузовской подготовке. В ходе достижения этой цели были решены следующие задачи: обзор тренажерной подготовки персонала на АЭС; анализ существующих инструкций для оперативного персонала; их адаптация для студентов с последующим изменением структуры документа и его дополнением для большей информативности, моделирование разобраных режимов на функциональном аналитическом тренажере.

Разработанная в итоге методика может быть использована в рамках занятий студентов на функциональном аналитическом тренажере, а затем и на полномасштабном тренажере энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000.

*Н.А. Лоншаков, М.Н. Мечтаева, студенты,
рук. В.Г. Шошин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

В данной работе представлены результаты разработки программного комплекса теплового расчета паровой турбины, включающего в себя следующие этапы:

- 1) ориентировочный расчет;
- 2) построение проточной части цилиндра турбины;
- 3) детальный расчет;
- 4) расчет турбины на переменный режим работы.

Часть программ, входящих в комплекс тепловых расчетов паровых турбин, были созданы в рамках дипломных работ выпускников предыдущих лет [1,4].

Взаимодействие между всеми этапами расчета организовано на программном и информационном уровне.

Программа ориентировочного расчета служит для предварительного расчета заданного цилиндра паровой турбины.

Результатом работы с программой является список рассчитываемых параметров, графическое изображение структурной схемы турбины и h-s диаграмма расширения пара в цилиндрах. Процесс ориентировочного расчета может вестись как при работе непосредственно с программой, так и при работе в интерактивном учебном пособии.

Программа для построения проточной части цилиндра позволяет пользователю:

- непосредственно строить эскиз проточной части;
- на любом этапе построения сохранять изображение проточной части для дальнейшей загрузки и редактирования;
- по результатам построения предусмотрена печать как графической, так и числовой информации по проточной части.

Исходными данными для программы детального расчета паровой турбины являются результаты ориентировочного расчета и построения проточной части цилиндра турбины.

Основными результатами детального расчета являются:

- значения термодинамических параметров;
- схематичное изображение процесса расширения пара в каждой ступени;
- эскиз проточной части цилиндра;
- изображение треугольников скоростей каждой ступени.

В программе расчета турбины на переменный режим работы предусмотрен расчет как одного цилиндра многоцилиндровой турбины, так и расчет всей турбины на переменный режим работы с заданием состава ПТУ, типа парораспределения, типа турбины. Возможен отдельный расчет регулирующей ступени на переменный режим работы. При этом задается тип регулирующей ступени и режим открытия клапанов.

Исходными данными для работы программы являются результаты детального расчета

Вся необходимая информация для расчета представлена в интерактивном учебном пособии, которое объединяет в себя все этапы теплового расчета. Учебное пособие содержит в себе руководства пользования программами и подпрограммами, методики расчета, справочные данные. Также в учебном пособии организована связь между отдельными этапами расчёта, как на логическом, так и на программном уровне.

Программы и подпрограммы написаны с использованием языка С# [2,3]. Функциональные возможности данного языка программирования позволяют наиболее полно решить поставленные задачи.

Интерактивное учебное пособие создано в виде справки с помощью программы Help and Manual 6.

При наличии минимального количества начальных данных, созданное интерактивное учебное пособие, интегрированное с комплексом расчетных программ, позволяет провести полный тепловой расчет цилиндра паровой турбины, не прибегая к дополнительным источникам информации.

Библиографический список

1. **Гришин А.Л.**, Хлестаков А.В., *Дипломная работа: Разработка интерактивной программы предварительного расчета паровой турбины. ИГЭУ. 2014.*
2. **Нейгел К.**, Ивсен Б., Глинн Дж., Уотсон К., *C# 4.0 и платформа NET 4.0. Киев: Диалектика, 2011 – 1440 с.*
3. **Рихтер Дж.** CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.0 на языке C#. – 3-е изд. – СПб.: Питер 2012. – 928 с.
4. **Татакин А.В.**, *Дипломная работа: Програма расчета на переменный режим турбины с сопловым парораспределением. ИГЭУ.2014.*

*Д.Ф. Воробьев, слушатель ФПК; рук. М.А. Вольман, асс.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ (СПОТ 30) В ПРОЕКТЕ АЭС-2006

11 марта 2011 года произошла авария на АЭС Фукусима-1 (7-ой уровень по шкале INES), в результате которой землетрясение и удар цунами вывели из строя внешние средства электроснабжения и дизельные генераторы, что привело к отказу всех систем аварийного и нормального охлаждения активной зоны.

Проект реакторной установки Mark-1 был разработан в середине 1960-х годов, когда практика применения в проекте систем пассивной безопасности, не была общепринятой. С тех пор были пересмотрены некоторые моменты в обеспечении безопасности АЭС и реакторной установки в частности, в том числе при проектных и запроектных авариях с полной потерей собственных нужд. Разработаны пассивные системы безопасности, выполняющие свои функции даже в условиях отсутствия электроснабжения. Рассмотрим принцип работы одной из таких систем, системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ 30).

Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки относится к техническим средствам преодоления ЗПА и предназначена для дли-

тельного (автономный режим - не менее 24 часов) отвода тепла от защитной оболочки при запроектных авариях.

Система обеспечивает снижение и поддержание в заданных пределах давления внутри защитной оболочки и отвод конечному поглотителю тепла, выделяющегося под защитную оболочку, при запроектных авариях, включая аварии с тяжелым повреждением активной зоны.

Функционирование системы основывается на пассивных принципах. Выбранная конструкция системы обеспечивает ее полностью автономную и без участия оператора работу в течение, как минимум, 24 часов. В период от 24 часов до 72 часов предполагается использование для функционирования системы (подпитки баков аварийного отвода тепла) мобильного оборудования и резервных запасов воды, находящихся на площадке, давление внутри защитной оболочки поддерживается в заданных пределах без управляющих действий автоматики и участия оператора, а также подвода электроэнергии.

Производительность системы выбрана, исходя из условий наиболее вероятных сценариев запроектных аварий рассматриваемых в проекте, и состоит из 4 полностью независимых один от другого каналов производительностью 4x33,3%.

Каждый канал включает в себя:

- четыре теплообменника-конденсатора;
- локализирующую арматуру;
- трубопроводы.

Теплообменники-конденсаторы расположены по периметру на внутренней стенке контейнента над отметкой 49,3 м. Каждый теплообменник-конденсатор имеет площадь теплообмена 75 м², а общая площадь поверхности теплообмена каждого канала составляет 300 м².

Теплообменники-конденсаторы каждого канала соединительными трубопроводами подключены к бакам аварийного отвода тепла, входящим в состав системы пассивного отвода тепла через парогенераторы. На теплообменниках-конденсаторах установлены предохранительные мембраны, предотвращающие переопрессовку контура в случае аварийного закрытия отсечной арматуры.

Тепло из контейнента отводится за счет конденсации пара на теплообменниках-конденсаторах, от которых путем естественной циркуляции теплоносителя передается в баки аварийного отвода тепла. Отвод тепла к конечному поглотителю от баков аварийного отвода тепла осуществляется путем выпаривания воды в баках в течение как минимум первых 24 часов от начала аварии.

Объем охлаждающей воды каждого канала составляет 538 м³. Баки выполнены в виде облицованной железобетонной конструкции и размещаются в кольцевой обстройке наружной оболочки здания реактора на отметке 59,930 м.

Тепловая мощность системы выбрана из учета обеспечения снижения и поддержания в заданных проектом пределах давления внутри защитной оболочки при запроектных авариях, включая аварии с тяжелым повреждением активной зоны.

Для обеспечения работоспособности системы в период после 24 часов предполагается использование, для подпитки баков аварийного отвода тепла системы СПОТ ПГ охлаждающей водой, мобильного оборудования и резервных запасов воды, находящихся на площадке.

СПОТ 30 была спроектирована в соответствии с постфукусимскими требованиями МАГАТЭ. СПОТ 30 выполняет свои функции в соответствии с принципом глубокощелочной защиты и планировании защитных мероприятий.

Библиографический список

1. Андрущечко С.А., Афров А.М., Васильев Б. Ю., Генералов В.Н., Косоуров К.Б., Семченков Ю.М., Украинцев В.Ф. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000.
2. http://www.atomproekt.com/resources/5649768047832721a78ee9e1277e356/AES-2006_2011_RU_site.pdf

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

РАЗРАБОТКА КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МАСЛОАППАРАТНОЙ БЛОЧНОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ЭНЕРГОБЛОКА №3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Разрабатываемая компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для получения знаний и умений по функционированию технологической системы маслоаппаратной блочной насосной станции энергоблока ВВЭР-1000.

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

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

Маслоаппаратная блочной насосной станции (БНС) предназначена для приема чистого масла из цистерны в бак запаса чистого масла; подачи масла из бака запаса чистого масла в маслованны циркуляционных насосов (ЦН 1- 4 (VC10D01-04)) и насосов технической воды неотвественных потребителей (НТВН (VB20D01,02)); сбора и подачи загрязненного масла в бак отработанного масла и откачки его в автоцистерну. Бак запаса чистого масла OUR10B02 ($V=2,5 \text{ м}^3$) предназначен для приемки свежего масла из цистерны и создания запаса масла, равного 20% емкости системы смазки. Бак отработанного масла OUR10B01 ($V=2,5 \text{ м}^3$) предназначен для приемки отработанного масла из маслованн насосов или создания запаса масла, равного 20% емкости системы смазки. Насос перекачки чистого масла (OUR10D02) предназначен для подачи чистого масла из бака UR10B02 (или UR10B01, через объединяющую линию) в маслованны ЦН 1 – 4 или НТВН. Насос перекачки отработанного масла (OUR10D01) предназначен для откачки масла из бака UR10B01 (или UR10B02, через объединяющую линию) в автоцистерну. Для опробования насоса и для регулирования давления в напорной линии при заполнении маслованн смонтирована рециркуляция насоса OUR10D02.

Основные технические характеристики маслонасосов БНС [1]:

1. Тип маслонасоса – Ш 5-25-3,6/14Б1;
2. Производительность – $3.6 \text{ м}^3/\text{ч}$;
3. Напор – $0,4 \text{ МПа}$;
4. Мощность – $0,4 \text{ кВт}$;
5. Вес насоса – 19 кг ;
6. Частота вращения ротора – 1430 об/мин. ;
7. Напряжение электропитания – 380 В .

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

Библиографический список

1. Инструкция по эксплуатации маслоаппаратной БНС №3. 03.UR.ПЭ. 0035.44. Калининская АЭС.
2. Эксплуатационные схемы технологической системы маслоаппаратной БНС №3. 03.UR.ЭС.0044.44. Калининская АЭС.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

Как известно, 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;
- четыре вертикальных колонки типа ДП-1600-А по две на каждый деаэраторный бак;
- двенадцать импульсно-предохранительных устройств коллектора греющего пара деаэраторов;
- 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 химобессоленной 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 ПГ (**RY**);
- система конденсата СВО (**RV**).

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по данной технологической системе предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

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

*Ф.А. Сперанский (ДЯРБ МЧС, г. Минск); рук. С.А. Кутень канд.
физ.-мат. наук (НИИ ЯП БГУ, г. Минск)*

МОНТЕ-КАРЛО МОДЕЛЬ РЕАКТОРА ТИПА ВВЭР-1200 ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ АЛЬБЕДО ОТРАЖАТЕЛЕЙ

В процессе лицензирования при строительстве АЭС в соответствии с законодательством необходимо выполнять независимую экспертизу обосновывающих безопасность документов, представленных проектировщиком.

Разработана Монте-Карло модель активной зоны реактора типа ВВЭР-1200 с радиальным и аксиальным гомогенными отражателями. В модели задано профилирование активной зоны различными типами ТВС-2М на основе картограммы стационарной загрузки, предполагаемой к реализации на Белорусской АЭС [1]. Создана программа в пакете Mathematica, позволяющая подготавливать входной файл для транспортного кода MCNP [2] при выполнении расчёта нейтронно-физических характеристик активной зоны реактора.

Описание периодического заполнения активной зоны тепловыделяющими сборками (ТВС) и самих ТВС твэлами в MCNP производится при помощи специального «решёточного языка», где определяется система координат (для данной активной зоны косоугольная с углом 60° между осями).

Блок материальных параметров среды в файле Mathematica позволяет изменять характеристики материалов по всему файлу MCNP, эффективно описывать материалы в карте данных, задавать положение источников (ядерного топлива). Блок геометрических данных позволяет менять размеры некоторых ключевых компонентов активной зоны и отражателей.

В модели твэла/твэга и ТВС (рис. 1А) граница верхнего аксиального отражателя начинается на высоте столба топлива, а материальная среда представляется в виде гомогенной смеси веществ, её заполняющих (рис. 1Б) Она разделена на три слоя: первый слой длится до блока направляющих каналов ТВС и имеет высоту 22.2 см, второй слой высотой 4.5 см занимает расстояние от верхних заглушек твэлов/твэгов до головки ТВС, третий слой от отбойной решётки ТВС до начала обечайки нижней длиной 5.5 см.

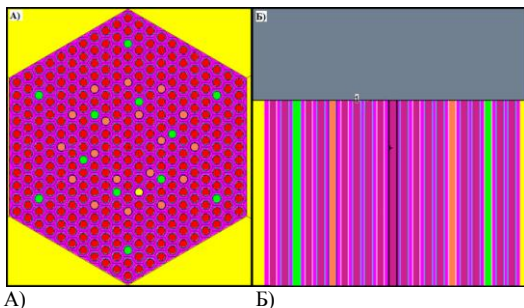


Рис. 1. Сечение плоскостью xu ТВС типа Z33Z2 или Z49A2 ТВС Z40D (А); ТВС, окружённая водой, и первый слой верхнего аксиального гомогенного отражателя (Б)

Аналогичная методика использована в [3] при вычислении двух-групповых диффузионных констант соответствующих отражателей.

Предварительный расчёт, выполненный для модели с одной ТВС, загруженной в центральную ячейку активной зоны, демонстрирует значение альбеда 0.641 на верхнем отражателе, для спектра быстрых нейтронов, что коррелирует с ВВЭР-1000 [4, стр.58]. Результаты вычислений могут быть уточнены при использовании их в качестве граничных условий в кинетическом нейтронном коде DYN3D путём

сравнения результатов вычисления расчётного поля с восстановленным распределением в периферийных областях активной зоны.

Библиографический список

1. ОКБ «ГИДРОПРЕСС», ПООБ Белорусской АЭС, Блок 1, гл. 4 «Реактор».
2. **Briesemeister J.F., ed.** «MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code». Los Alamos National Laboratory Report LA-12625-M, Version 4B (March 1997).
3. **Loetsch T., Khalimonchuk V.; Kuchin, A.** Proposal of a benchmark for core burn up calculations for a VVER-1000 reactor core, 2009; 57 p; 19. AER Symposium on VVER Reactor Physics and Reactor Safety; Varna (Bulgaria); 21-25 Oct 2009; INIS-BG--1279; 44 figs., 143 tabs., 23 refs.
4. **Ivanov B.D., Ivanov K.N.** VVER-1000 Coolant Transient Benchmark. Phase I (V1000CT-1), Vol.3 Summary Results of Exercise 2 on Coupled 3-D Kinetics/Core Thermal-hydraulics, OECD, Pennsylvania State University 2007.

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

РАЗРАБОТКА КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРОМКОНТУРА ОХЛАЖДЕНИЯ ОТБОРОВ ПРОБ ЭНЕРГОБЛОКА № 3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Разрабатываемая компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для получения знаний и умений по функционированию системы промконтуров охлаждения отборов проб блока ВВЭР-1000 (система VK). КОС состоит из компьютерного учебного пособия (КУП), представляющего собой обучающую часть с тестовой частью контроля знаний и локального ситуационного тренажера по эксплуатации системы (ЛСТ), представляющего собой «блок навыков и умений». КУП разработан на основании первоисточника [1] 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 VK, а также ее эксплуатация в основных нормальных режимах работы, а именно: подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт.

Система промконтуров охлаждения отборов проб предназначена для обеспечения охлаждения холодильников отбора проб.

В состав системы промконтуров охлаждения отборов проб входят: компенсационный бак промконтуров; охладитель промконтуров; три насоса промконтуров, предназначенные для подачи охлаждающей сре-

ды к холодильникам отбора проб; КИП, средства автоматики и дистанционного управления; трубопроводы и арматура.

Охладитель промконтур представляет собой кожухотрубный теплообменник вертикального типа, основными узлами которого являются: корпус, трубная система и верхняя водяная камера. Корпус охладителя состоит из цилиндрической обечайки, к нижней части которой приварено штампованное эллиптическое днище, а к верхней части – фланец, для соединения с трубной системой и водяной камерой. В верхней части корпуса расположены патрубки подвода и отвода охлаждающей воды, а в днище – патрубок слива охлаждаемой воды. Трубная система состоит из трубной доски, каркаса и теплообменных трубок U-образной формы, заключенные в кожух. Для предохранения трубной системы от разрушающего действия водяного потока на корпусе кожуха приваривается отбойный щит. Водяная камера, разделенная перегородкой на два отсека, снабжена патрубками для подвода и отвода охлаждающей воды. В охладителе охлаждающая вода движется по трубкам, а охлаждаемая вода через штуцер в верхней части корпуса поступает в межтрубное пространство, разделённое секторными перегородками.

Насосный агрегат КМ-100-80-160 состоит из центробежного насоса и специального двигателя с удлиненным концом вала, на фланцевом щите которого жестко крепятся корпусные детали. Проточная часть насоса состоит из корпуса, прикрепленного к фланцу промежуточного фонаря, закрытого крышкой, и рабочего колеса, насаженного на удлиненный вал двигателя. Уплотнение вала – мягкий сальник. Для предотвращения износа вала под сальниковой набивкой на нем имеется защитная втулка.

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

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации технологической системы промконтур охлаждения отборов проб энергоблока №3. 03.ВК.ПЭ. 0031.42. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы технологической системы промконтур охлаждения отборов проб энергоблока №3. 03.ВК.0043.ЭС.0044.42. Калининская АЭС.

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

РАЗРАБОТКА КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКА №3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Разрабатываемая компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для получения знаний и умений по функционированию системы противопожарного водоснабжения энергоблока № 3 Калининской АЭС (система УJ).

КОС состоит из компьютерного учебного пособия (КУП), представляющего собой обучающую часть с тестовой частью контроля знаний и локального ситуационного тренажера по эксплуатации системы (ЛСТ), представляющего собой «блок навыков и умений». КУП разработан на основании первоисточника [1] 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 УJ, а также ее эксплуатация в основных нормальных режимах работы, а именно: подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт.

Система противопожарного водоснабжения предназначена для подачи воды на тушение пожара в главном корпусе (ГК), резервной дизельной электростанции (РДЭС), береговой насосной станции второй очереди (БНС-3), а также лабораторно-бытовом корпусе (ЛБК). В систему УJ входят: три насоса подачи воды на пожаротушение (ПН) УJ10D01, D02, D03 типа 20А-18х3; два насоса поддержания постоянно-го давления пожарной воды (ПНПД) УJ20D01, D02 типа К-90/85; два водовода Ду300 подачи воды от БНС-3 в МЗ, ДО и ЭЭУ; сеть наружного противопожарного водовода; сеть внутреннего противопожарного водопровода МЗ, ДО, ЭЭУ; сеть противопожарного водопровода БНС-3; сеть внутреннего противопожарного водоснабжения РО, ЛБК, РДЭС, СК; установка АПТ с автоматической или дистанционной (ручной) подачей распыленной воды.

Насосные агрегаты УJ10D01, D02 D03, УJ20D01, D02 расположены в здании БНС-3. Насос УJ10D01, D02, D03 артезианского типа марки 20А-18х3 - центробежный, вертикальный, трехступенчатый, с осевым подводом жидкости, предназначен для перекачивания холодной воды с температурой до 35 °С, с содержанием твердых взвешенных частиц не

более 0,1 % по весу. Насос UJ20D01, D02 типа К-90/85 - консольный, одноступенчатый, с осевым подводом воды, предназначен для перекачивания воды с температурой до 85 град. Агрегаты расположены на отм.-10,9 м, а ось всасывающего патрубка - на отм.-10,2 м.

Сеть противопожарного водопровода запитана от насосов ПН и ПНПД двумя водоводами Ду300, выходящими из БНС-3. Выполнено резервирование сетей противопожарной воды второй очереди АЭС от сетей первой очереди двумя перемычками Ду300 в районе ПГ-92, с установкой задвижек с ручным приводом.

К наружным сетям противопожарного водопровода подключены ПГ, с установкой разделительных задвижек, которые позволяют выделять ремонтные участки с отключением не более пяти ПГ.

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

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации технологической системы противопожарного водоснабжения энергоблока №3. 03.УJ.ПЭ. 0025.44. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы технологической системы противопожарного водоснабжения энергоблока №3. 03.УJ.ЭС.0044.44. Калининская АЭС.

*А.А. Ерин, слушатель ФПК; рук. М.А. Вольман, ассистент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ПАРОГЕНЕРАТОРЫ (СПОТ ПГ) В ПРОЕКТЕ АЭС-2006

Несмотря на все предпринимаемые меры, направленные на предотвращение аварий, во время эксплуатации АЭС не исключена вероятность их возникновения. По этой причине проектом АЭС-2006 предусмотрены дополнительные системы, позволяющие прекратить развитие аварии или уменьшить ее последствия. Одной из таких систем является система пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ ПГ).

СПОТ ПГ предназначена для длительного отвода остаточного тепла активной зоны конечному поглотителю через второй контур и функционирования при следующих запроектных авариях:

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

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

СПОТ ПГ состоит из 4 полностью независимых один от другого каналов производительностью 4х33,3% системы, подключенных к паровому и водяному объемам соответствующих ПГ. Каждый канал СПОТ ПГ включает:

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

Функционирование СПОТ ПГ осуществляется за счет естественной циркуляции теплоносителя второго контура через теплообменники аварийного расхолаживания (ТОАР).

ТОАР предназначены для передачи тепла от парогенераторов к запасу охлаждающей воды, находящейся в баке аварийного отвода тепла (БАОТ). Теплообменные секции ТОАР находятся под уровнем воды ($H = 5,8$ м) в нижней части БАОТ. Площадь наружной теплопередающей поверхности трубки каждой секции ТОАР составляет $14,1 \text{ м}^2$, а общая теплопередающая поверхность каждого из четырех каналов СПОТ ПГ составляет 239 м^2 .

Баки аварийного запаса воды (БАОТ) выполнены в виде железобетонной облицованной нержавеющей сталью конструкции и расположены в отдельных помещениях кольцевой обстройки здания реактора над отметкой +59,850. Полный водяной объем БАОТ каждого канала составляет 600 м^3 (при $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$).

На опускном трубопроводе каждого канала СПОТ ПГ перед парогенератором параллельно друг другу установлены «большой» и «малый» пусковые клапаны. Пусковые клапаны обеспечивают

автоматическое подключение СПОТ ПГ в соответствующий режим расхолаживания. В режиме ожидания пусковые клапаны закрыты.

Время выхода системы на максимальную мощность после полного открытия «малых» клапанов составляет 80 с, «больших» клапанов 40 с.

Максимальная мощность одного канала СПОТ ПГ при открытии «большого» клапана и температуре воды в БАОТ $T_{\text{баот}} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 52 МВт, а при открытии «малого» клапана - 28 МВт.

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

Библиографический список

Андрущечко С.А., Афров А.М., Васильев Б. Ю., Генералов В.Н., Косоуров К.Б., Семченков Ю.М., Украинцев В.Ф. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000.

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

ВЫБОР АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОСТОВСКОЙ (ВОЛГОДОНСКОЙ) АЭС ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ В АВАРИЙНЫХ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Данная проблема занимает важное место в жизни человечества. Она включает в себя поиск и использование альтернативных (нетрадиционных) источников энергии. Данная проблема является актуальной в наше время, именно не своевременное использование альтернативного источника электроэнергии может привести, как правило, к катастрофическим последствиям на АЭС. Ярким примером служит крупномасштабная авария на АЭС (Фукусима-1), расположенной в Японии в городе Окумах[1]. Вышедшие из строя внешние средства электропитания и резервные дизельные генераторы, явились причиной не работоспособности всех систем нормального и аварийного охлаждения и, тем самым, привело к расплавлению активной зоны реакторов на энергоблоках 1, 2 и 3 в первые дни развития аварии.

Цель работы: выявить альтернативный источник электроэнергии, который сможет обеспечить собственные нужды станции, при полном обесточивании АЭС.

Волгодонская атомная электростанция — расположена в Ростовской области России в 12 км от города Волгодонска на берегу Цимлянского водохранилища. Электрическая мощность трех действующих энергоблоков составляет 3000 МВт. Волгодонск – город, расположенный на юге страны. Город находится в зоне с континентальным климатом с умеренно холодной, малоснежной зимой и очень тёплым и солнечным летом. Средняя температура июля +23,6°С. Среднегодовая температура составляет +9,3 °С. Санитарно-защитная зона Ростовской АЭС составляет 3 км, зона наблюдения – 30 км.

В ходе исследований, были сделаны выводы, что самым оптимальным источником энергии альтернативным, для данной местности, является солнечная электроэнергия. Солнечные батареи могут обеспечить собственные нужды станции при необходимости (полного обеспечения станции). А в остальное время солнечные батареи будут параллельно с АЭС вырабатывать электроэнергию.

Библиографический список

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_на_АЭС_Фукусима-1

*А.И. Сахибгариев, П.С. Толстик, студенты; Г.В. Разоренов, магистрант; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

СТРАТЕГИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОДЛЕНИЮ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

В России идёт активное развитие атомной энергетики. Одной из основных задач при максимальном варианте развития атомной энергетики является продление назначенного срока службы энергоблоков атомных электрических станций (АЭС).

Стратегия и подходы к ПЭС в разных странах разные. Например, в США создана и работает группа по изучению возможности продления срока эксплуатации блоков АЭС на 80 лет. Германия находится в состоянии «атомного выхода» (старые станции дорабатывают проектный срок, новые – не строятся).

Работы по продлению сроков эксплуатации действующих энергоблоков атомных станций в России были развернуты во исполнение "Программы развития атомной энергетики Российской Федерации на

1998-2005 гг. и на период до 2010 г.", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 21 июля 1998 г. № 815. "Программой деятельности Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" на долгосрочный период (2009-2015 годы)", утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2008 г. № 705, предусмотрено продление сроков эксплуатации действующих энергоблоков атомных станций.

Целевая функция стратегии ПСЭ везде формулируется как достижение оптимальных соотношений: затраты – безопасность – выгода и включает:

- обеспечение приемлемого уровня безопасности;
- определение и обоснование технического состояния и остаточного ресурса «незаменимых» элементов на дополнительный срок эксплуатации энергоблока;
- экономическая целесообразность и эффективность эксплуатации энергоблока в дополнительный период.

В общем случае деятельность по ПСЭ энергоблока подразделяется на два основных этапа:

- I. выполнение работ с целью оценки технической возможности, безопасности и экономической целесообразности ПСЭ - комплексное обследование энергоблока;
- II. подготовка энергоблока к дополнительному сроку эксплуатации, включающая:

- дополнительные обследования и обоснования остаточного ресурса, незаменимых и невосстанавливаемых элементов энергоблока, для которых техническое состояние и ресурсные характеристики не были определены (обоснованы) при комплексном обследовании.

Основные результаты обоснования безопасности энергоблоков при ПСЭ содержат отчеты по углубленной оценке безопасности (ОУОБ), соответствующие рекомендациям МАГАТЭ по оценке безопасности действующих АЭС, в которых обоснована безопасность длительной эксплуатации (до 45 лет) энергоблоков I поколения и показана эффективность выполненной модернизации энергоблоков в рамках подготовки к ПСЭ. Отчеты по результатам комплексного обследования и по оценке безопасности энергоблока являются основой для работ II этапа ПСЭ энергоблоков, перед началом которого формируется инвестиционный проект.

На завершающей стадии II этапа осуществляется подготовка документов для получения лицензии, и разрабатываются сопровождающие программы на период ДСЭ.

В 2014 году лицензию Ростехнадзора на продление срока эксплуатации энергоблока №1, проработавшего 30 лет, получила Калининская АЭС, она будет действовать до 28 июня 2025 года. Проект продления сроков эксплуатации 4-го энергоблока Кольской АЭС, разработанный ОАО «АТОМПРОЕКТ», позволил получить лицензию Ростехнадзора на продление эксплуатации еще на 25 лет.

Ввиду того, что себестоимость 1 кВт.ч. дополнительно выработанного на действующем энергоблоке значительно дешевле, чем на вновь построенном, то перспективной программой предусмотрено продление сроков эксплуатации всех работающих энергоблоков.

Заключение. Стратегическая важность ПСЭ энергоблоков АЭС вынуждает правительства многих стран инвестировать в нормативное обеспечение НИОКР, способствовать достижению его общественной приемлемости и развивать международное сотрудничество.

Таким образом, деятельность по ПСЭ энергоблоков АЭС в мире приобрела характер глобальной тенденции, при этом во многих развитых странах определена цель – достижение 60-летнего срока службы энергоблоков АЭС.

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы борного концентрата. 03.ТВ.ПЭ.0020.42 Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы аварийной подпитки парогенераторов. 03.ТВ.ЭС.0013.42. Калининская АЭС.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СДУВОК ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

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 профессио-

нальной деятельности выпускников кафедры АЭС ИГЭУ, что убедительно подтверждено практикой

Реализован начальный этап разработки: проведены исследования по назначению, функции, структуре и принципиальной схеме технологической системы очистки технологических сдувок энергоблока ВВЭР-1000 (система TS20).

Система очистки технологических сдувок или система спецгазоочистки предназначена для очистки технологических сдувок перед выбросом их в атмосферу от радиоактивных изотопов йода, ксенона, РБГ, выделяющихся во всех режимах эксплуатации энергоблока.

Система спецгазоочистки состоит из трёх независимых ниток ЗТС21(22,23), каждая из которых может эксплуатироваться в режиме: очистки газов системы дожигания водорода; очистки сдувок баков "грязного" конденсата ЗТВ30В01,02 и сдувок бака оргпротечек.

Каждая нитка состоит из: двух теплообменников TS21(22,23)W01,02; самоочищающегося фильтра TS21(22,23)N01; двух цеолитовых фильтров TS21(22,23)N02,03; четырех фильтров-адсорберов TS21(22,23)N04, 05,06,07; двух газодувок ЗТС21(22,23)D01,02; трубопроводов, арматуры, КИП. Кроме того, каждая нитка имеет собственную систему регенерации цеолитового фильтра TS31(32,33), состоящую из: двух электронагревателей TS31(32,33)W02,03; теплообменника TS31(32,33)W01.

В нормальном режиме две группы находятся в постоянной работе, третья - в резерве (в ремонте). Основная рабочая группа TS21(22,23) работает в режиме очистки газов, поступающих из системы дожигания водорода. Вспомогательная рабочая группа TS22(23,21) работает в режиме очистки сдувок, поступающих из БГК ЗТВ30В01,02, бака организованных протечек, теплообменника организованных протечек и барботера. В период ППР имеется возможность подключения сдувок из гидроемкостей.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по системе дожигания водорода предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы очистки технологических сдувок . 03.TS.ПЭ. 0026.42. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы очистки технологических сдувок .03.TS.ЭС. 0019.42. Калининская АЭС.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОЖИГАНИЯ ВОДОРОДА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

В работе представлены результаты реализации начального этапа разработки компьютерной обучающей системы (КОС) по технологической системе дожигания водорода энергоблока ВВЭР-1000 (система TS10).

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. Она 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 главно-

го 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.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по системе дожигания водорода предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

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.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БОРОСОДЕРЖАЩЕЙ ВОДЫ ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

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.

Реализован начальный этап разработки КОС: проведены исследования по назначению, функции, структуре и принципиальной схеме технологической системы боросодержащей воды энергоблока ВВЭР-1000 (система ТВ30).

Система боросодержащей воды предназначена для: создания запаса и хранения РБК в баках ЗТВ30В01,02; заполнения систем безопасности ЗТQ11,21,31(12,22,32) первого контура; заполнения и подпитки БВ; заполнения и подпитки бака аварийного запаса РБК ГА-201

3ТQ10,20,30В01; заполнения самовсасывающих бачков на всасе насосов 3ТУ21,22,23D01; заполнения гидрозатвора бака 3ТУ20В01; автоматического регулирования уровня в деаэраторе подпитки 3ТК10В01; подачи РБК для переработки на выпарной установке СВО-6; приема теплоносителя первого контура при водообмене в 3ТВ30В01(02); приема РБК при дренировании первого контура, бака аварийного запаса РБК3ТQ10(20,30)В01; БВ; систем безопасности 3ТQ11,21,31(12,22,32); приема РБК из монжюса 3ТВ10В03; приема РБК по линии организованных протечек 3ТУ из ГО; приема РБК из 3ТУ20В01; приема РБК из систем 3UR, 3TH, 3PP (СОДС).

Система боросодержащей воды 3ТВ30 состоит из: насосов боросодержащей воды 3ТВ30D01,02; насоса заполнения первого контура 3ТВ30D03; баков боросодержащей воды 3ТВ30В01,02; трубопроводов, арматуры, КИП.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по данной технологической системе предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы боросодержащей воды. 03.ТВ.ПЭ.0020.42. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы боросодержащей воды. 03.ТВ.ЭС.0015.42. Калининская АЭС.

***В.Е. Бородина, Е.Н. Полозкова, К.С. Коновалов, магистранты;
рук. А.Е. Хробостов, к.т.н., доц.
(НГТУ им. Р.Е. Алексева, г. Нижний Новгород)***

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖКАССЕТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СМЕШАННОЙ АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА ВВЭР – 1000 МЕЖДУ СОСЕДНИМИ ТВСА – Т И ТВСА – 12 PLUS

Актуальной задачей для ГК «Росатом» является увеличение доли присутствия российских компаний на международном рынке. Укрепление позиций невозможно без совершенствования поставляемого

оборудования, в том числе оптимизации конструкции тепловыделяющих сборок (ТВС).

АО «ОКБМ Африкантов» осуществляет разработку и проектирование ТВС для реакторов типа ВВЭР, расположенных как в России, так и за ее пределами. Одним из партнеров предприятия является чешская АЭС Темелин, активная зона первого блока которой эксплуатируется с полной загрузкой из ТВСА–Т.

Конструкция ТВСА–Т характеризуется применением комбинированных дистанционирующих решеток (КДР), состоящих из ячеистой дистанционирующей решетки (ДР) и пластинчатой перемешивающей решетки (ПР) с размещением дефлекторов по схеме «закрутка».

В настоящее время произведена частичная замена ТВСА–Т на более совершенную ТВСА–12 PLUS, которая отличается оптимизированным размещением дистанционирующих решеток и применением перемешивающих решеток с размещением дефлекторов по схеме «поплавная прогонка».

Поскольку оба типа ТВС являются бесчехловыми, перемешивание теплоносителя происходит не только в пределах одной кассеты, но и между соседними топливными сборками. Данное явление необходимо учитывать в процессе оценки и обоснования теплотехнической надежности активной зоны реактора ВВЭР, что обусловило необходимость проведения комплекса исследований межкассетного взаимодействия теплоносителя.

Данные задачи решаются на базе НГТУ им. Р.Е. Алексеева в научно-исследовательской лаборатории «Реакторной гидродинамики» путем моделирования процессов течения потока теплоносителя в ТВС на аэродинамическом стенде. Исследования проводились на модели фрагмента активной зоны реактора ВВЭР, с целью выявления закономерностей межкассетного взаимодействия потока теплоносителя.

Экспериментальные исследования включали в себя следующие этапы:

а) на первом этапе проводились исследования локальных гидродинамических характеристик потока теплоносителя внутри трубного пучка модели, заключающиеся в измерении модуля вектора скорости, полного и статического давлений. Измерения проводились пятиканальным пневмометрическим зондом. Вектор скорости измерялся в характерных зонах как ТВСА, так и межкассетного зазора активной зоны реактора ВВЭР–1000;

б) на втором этапе проводились исследования массообмена теплоносителя с использованием метода диффузии трассера. Трассер подавался в характерные ячейки экспериментальной модели, и далее от-

слеживалось перераспределение трассера в поперечном сечении модели и по ее длине.

Полученные сведения позволили выявить особенности межкассетного взаимодействия теплоносителя в активной зоне реактора ВВЭР-1000.

Результаты исследования межкассетного взаимодействия теплоносителя между соседними ТВСА-Т и ТВСА-12 PLUS приняты для практического использования в АО «ОКБМ Африкантов» при оценке теплотехнической надежности активных зон реакторов ВВЭР, а также включены в базу данных для верификации программ вычислительной гидродинамики (CFD кодов) и детального поячеечного расчета активной зоны реактора ВВЭР.

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА ЭНЕРГОБЛОКА С ВВЭР-1000

В 2011 году 11 марта происходит крупная радиационная авария на АЭС «Фукусима-1» в Японии. Авария на АЭС «Фукусима-1». По существующей информации авария является следствием землетрясения. Но если рассмотреть картину аварии детально, то можно увидеть один немаловажный фактор, в корне повлиявший на сложившуюся ситуацию. Это недостаточная развитость систем аварийной защиты самой АЭС, а именно систем аварийного электроснабжения для расхолаживания. В результате чего, после того как дизель-генераторы системы надежного электроснабжения оказались уничтожены цунами, подача воды в реактор для его расхолаживания оказалась невозможной.

В данной работе представлен вариант модернизации аварийного питания парогенераторов (АПВ) серийных блоков с ВВЭР-1000 атомных станций с помощью внедрения в систему дополнительных аварийных питательных насосов с турбоприводом (АТПН), включенных параллельно основному аварийным питательным электронасосам (АПЭН). Система АПВ предназначена для компенсации потери рабочего тела второго контура при ведении режима аварийного расхолаживания через БРУ-А в атмосферу.

При незапуске или отказе работающего дизель-генератора системы надежного электроснабжения, открывается клапан подачи пара на паропроводе из парогенератора и пар подается на АТПН. Требуемый

расход пара на АТПН устанавливается изменением степени открытия регулирующего клапана перед приводной турбиной. При скорости расхолаживания энергоблока 30 °С/час температура в 150 °С, при которой заканчивается режим пароводяного расхолаживания, достигается примерно за 4,5 часа. При этом давление в парогенераторе достигает величины примерно 0,47 МПа, что вполне достаточно для работы системы.

В качестве турбопривода дополнительного аварийного питательного насоса типа ЦН 150-90 предлагается использовать одноступенчатую противодавленческую турбину мощностью 800 кВт. Выхлоп отработавшего пара производится в атмосферу.

Рассмотрены вариант исполнения одноступенчатой приводной турбины с одно и двухвенечными регулирующими ступенями.

Проведены предварительный и детальный расчеты турбин на номинальный режим для вариантов с начальным давлением соответственно: 10 бар; 8,5 бар; 7,5 бар; 6 бар. Также были проведены расчеты режимов расхолаживания для скоростей 30 и 60 °С/час. Результаты для одного из вариантов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты расчета переменного режима турбины с начальным давлением 6 бар в режиме расхолаживания со скоростью 30 °С/час

Врем, мин	$P_{пт}$, МПа	Q , МВт	$\Delta P_{нас}$, МПа	$N_{нас}$, кВт	$N_{тур}$, кВт	$G_{тур}$, кг/с	P_r , МПа	H_0 , кДж/кг	η_0
1	6,37	94,66	6,51	822,3	856,5	7,45	0,77	128,6	0,858
30	5,08	51,44	5,23	358,5	373,5	5,79	0,61	84,4	0,733
60	3,97	45,7	4,12	250,9	261,3	5,34	0,56	70,3	0,669
90	3,06	42,7	3,21	182,6	190,2	5,02	0,53	59,7	0,608
120	2,32	40,7	2,47	133,9	139,5	4,78	0,51	51,3	0,546
150	1,72	39,2	1,87	97,7	101,7	4,58	0,49	44,3	0,481
180	1,25	38,08	1,4	71,2	74,2	4,43	0,475	38,5	0,414
210	0,89	37,14	1,04	51,4	53,5	4,31	0,463	33,9	0,351
240	0,62	36,35	0,77	37,2	38,7	4,22	0,454	30,1	0,287
260	0,47	35,89	0,62	29,14	31,1	4,17	0,449	28,3	0,252

Как показали проведенные расчеты, все варианты работоспособны и обеспечивают возможность подачи питательной воды в парогенератор в течение всего режима пароводяного расхолаживания при полной потере источников системы надежного электроснабжения. Проведен-

ный вероятностный анализ безопасности для варианта с дополнительной системой показал заметный уровень повышения надежности ее работы. По результатам расчета вероятность невыполнения функции (ВНФ) одного канала модернизированной системы аварийного питания парогенераторов составила 0,0231. Это позволяет сделать вывод, что внедрение привода повышает надежность системы при ИС «Полное обесточивание», по сравнению с системой АПВ только с электроприводом.

Библиографический список

1. Аварийный режим полного обесточивая АЭС (за рубежом) / А. С. Пилаев [и др.] – ЦНИИАтоминформ, 1988. – 40 с.

2. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Методика расчета показателей надежности систем безопасности АЭС (ВАБ-0) на примере САОЗ НД ВВЭР-1000: Учеб. пособие / А. Ю. Токов, В. С. Каекин; – Иваново: ИГЭУ, 1996. – 48 с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ В ПЕРВЫЙ КОНТУР ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

В данной работе проведены исследования по назначению, функции, структуре и принципиальной схеме технологической системы дозирования химических реагентов в первый контур энергоблока ВВЭР-1000 (система ТВ20) с целью создания компьютерной обучающей системы (КОС).

Технологическая система дозирования химических реагентов в первый контур энергоблока ВВЭР-1000 предназначена для хранения и дозирования в теплоноситель первого контура необходимых реагентов с целью поддержания водно-химического режима при нормальной эксплуатации и его изменения в зависимости от режима работы реакторной установки (разогрев, расхолаживание и т.д.). В узле реагентов реакторного отделения (РО) для дозирования в первый контур используются аммиак, гидразингидрат и едкий калий.

Подгруппа аммиака предназначена для хранения и дозирования в первый контур аммиака с целью поддержания концентрации водорода в пределах заданных норм.

Подгруппа гидразингидрата предназначена для хранения и дозирования в первый контур раствора гидразингидрата с целью связывания избыточного кислорода.

Подгруппа едкого калия предназначена для хранения и дозирования в первый контур раствора едкого калия с целью поддержания pH теплоносителя первого контура в заданных пределах.

Узел реагентов РО включает в себя: баки ТВ21,22,23В01; насосы-дозаторы ТВ20D01-05; запорную арматуру, трубопроводы; датчики КИП.

Для дозирования реагентов на всас подпиточных насосов используются одинаковые по конструкции насосы-дозаторы низкого давления $P=1$ МПа (10 кгс/см^2) ТВ20D01-04. Также имеется высоконапорный насос высокого давления $P=24,5$ МПа (250 кгс/см^2) 3ТВ20D05, осуществляющий ввод аммиака непосредственно в напорный трубопровод от подпиточных агрегатов в первый контур. При вводе аммиака в напорный трубопровод от подпиточных агрегатов в первый контур уменьшаются его потери с запирающей водой главных циркуляционных насосов. Направление вращения всех насосов по часовой стрелке со стороны двигателя.

Дозировочный электронасосный агрегат состоит из двигателя, редуктора, регулирующего механизма и гидроцилиндра. Регулирующий механизм предназначен для преобразования вращательного движения приводного вала в возвратно-поступательное движение плунжера, а также для бесступенчатого регулирования длины хода плунжера с контролем по шкале установки подачи.

Регулирование подачи насоса-дозатора ТВ20D05 производится вручную только при остановленном насосе. Вращая эксцентрик относительно шейки вала насоса, можно менять суммарный эксцентриситет, а следовательно, и длину хода плунжера насоса от нуля до максимума.

Баки ТВ21,22,23В01 - ёмкости цилиндрической формы, изготовленные из аустенитной нержавеющей стали. Предназначены для оперативного хранения запасов реагентов: ТВ21В01 объёмом $4,3 \text{ м}^3$ – для пятипроцентного раствора аммиака; ТВ22В01 объёмом $4,3 \text{ м}^3$ – для трёхпроцентного раствора гидразингидрата; ТВ23В01 объёмом $1,4 \text{ м}^3$ – для трёхпроцентного раствора едкого калия.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по данной технологической системе предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нор-

мальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы дозирования химических реагентов в первый контур. 03.ТВ.ПЭ.0021.42. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы дозирования химических реагентов в первый контур. 03.ТВ.ЭС.0014.42. Калининская АЭС.

Л.В. Лепилов, студ.; рук. Г.В. Булавкин, к.т.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИСТИЛЛЯТА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР- 1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

В настоящей работе представлены результаты реализации начального этапа разработки компьютерной обучающей системы (КОС) по технологической системе дистиллята энергоблока ВВЭР-1000.

Система дистиллята (ТН) предназначена для создания необходимо-го запаса дистиллята (не менее 500 м³) в баках ТВ40В01,02 и подачи его насосами ТН21,22,23D01 потребителям реакторного отделения (РО).

Дистиллят подается следующим потребителям РО: в первый контур через ДП ТК10В01 для компенсации медленных изменений реактивности из-за выгорания и шлакования топлива; в первый контур через ДБР ЗТК70В01 для компенсации изменений реактивности при изменениях мощности; в первый контур через ДБР ТК70В01 при проведении разомкнутого водообмена первого контура во время вывода РУ на МКУ; на заполнение системы промконтура (ТФ); на заполнение баков ЗТQ11,21,31В01; на заполнение ББ ЗУР20В01; на заполнение системы отмывки концевых ступеней уплотнений ГЦН; на отмывку отложений бора с концевых ступеней уплотнений ГЦН, при неработоспособности системы ЗТН; на заполнение баков-гидрозатворов ЗТС21,22,23В01 и бака-гидрозатвора ЗТС10В03; на заполнение бака контактной жидкости; на отмывку отложений бора с уплотнений насосов ЗТQ11,21,31D01 и ЗТQ12,22,32D01, ЗТQ13,23,33D01, ЗТК21,22,23D02; на отмывку отложений бора с запоршневой зоны насосов ЗУЕ20D01, ЗУD20D01, ЗУЕ10D01, ЗТQ14,24,34D01; на уплотнения насоса ЗТZ00D01,02; на охлаждение статора насоса

ЗТВ30D03; на продувку датчиков КИП; на систему обнаружения дефектной сборки.

Система дистиллята функционирует во всех режимах нормальной эксплуатации блока, включая пуски и остановки, переходные режимы, а также при авариях, не связанных с разуплотнением первого контура или потерей электропитания собственных нужд.

Принцип работы системы дистиллята следующий: с напора работающего насоса ЗТН21(22,23)D01 дистиллят поступает в общий напорный коллектор, из которого он раздается на потребители РО. В работе постоянно находится один из трех насосов дистиллята. На часть потребителей дистиллят (при необходимости) может подаваться непрерывно, на часть - по мере необходимости.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по данной технологической системе предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы дистиллята 03.ТН.ПЭ. 0015.42. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы дистиллята. 03.ТН.ЭС.0017.42. Калининская АЭС.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БОРНОГО КОНЦЕНТРАТА ЭНЕРГОБЛОКА ВВЭР-1000 КАК ОБЪЕКТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОС

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 профессио-

нальной деятельности выпускников кафедры АЭС ИГЭУ, что убедительно подтверждено практикой

Реализован начальный этап разработки: проведены исследования по назначению, функции, структуре и принципиальной схеме технологической системы борного концентрата энергоблока ВВЭР-1000 (система ТВ10).

Система борного концентрата ЗТВ10 предназначена для создания запаса и хранения борного концентрата в баках ЗТВ10В01,02; подачи его в первый контур насосами ЗТВ10D02-04 при борном регулировании в режиме нормальной эксплуатации и аварийных режимах энергоблока; подачи борного концентрата для очистки на СВО-6 насосом ЗТВ10D01; а также для подачи борного концентрата в баки ЗТQ13,23,33,14,24,34В01 для оперативной корректировки уровня РБК в них.

В составе системы борного концентрата имеется следующее технологическое оборудование: насос борного концентрата ЗТВ10D01; насосы борного концентрата ЗТВ10D02,03,04; баки борного концентрата ЗТВ10В01,02; монжюс борсодержащей воды ЗТВ10В03; трубопроводы, арматура, КИП.

При разработке компьютерной обучающей системы (КОС) по данной технологической системе предполагается создание компьютерного учебного пособия (КУП) на основании [1,2] и локального ситуационного тренажера (ЛСТ), где будут отражены основные режимы нормальной эксплуатации данной технологической системы (подготовка к пуску, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт).

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации системы борсодержащей воды. 03.ТВ.ПЭ.0020.42. Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы системы борсодержащей воды. 03.ТВ.ЭС.0015.42. Калининская АЭС.

Е.Н. Ботько, студ. (БНТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАССИВНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС

Основным назначением атомной электрической станции является производство электрической энергии. При этом важным является соблюдение всех требований по обеспечению ее безопасной эксплуатации. Поэтому на стадии проектирования важно заблаговременно опре-

делить технические меры, направленные на предотвращение или минимизацию последствий аварии, которые могут привести к серьезному повреждению тепловыделяющих элементов активной зоны реактора. Именно для этих целей предусматриваются специальные инженерно-технические системы, которые вступают в работу при каких либо отклонениях от режима нормальной эксплуатации атомной электростанции.

В современных отечественных и зарубежных проектах большое внимание уделяется внедрению пассивных систем безопасности, что существенно повышает уровень общей безопасности ядерной энергетической установки.

В данной работе анализируются технические и функциональные решения пассивных систем безопасности, которые применяются в проекте АЭС-2006. А также рассмотрены варианты использования альтернативных проектных решений.

*Д. В. Седов, асп.; рук. А.Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СТРУЙНЫХ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПО ПРИНЦИПУ ПАРОВОДЯНОГО ИНЖЕКТОРА В СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАЦИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ТЭС И АЭС

Струйные аппараты, работающие по принципу пароводяного инжектора (ПВСА), являются перспективным оборудованием, находящим все более широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Главными их достоинствами являются относительно низкая стоимость и повышенная надежность, вследствие отсутствия движущихся частей и развитой поверхности нагрева, отсутствие недогрева среды, низкая требовательность к ее качеству. В последние годы появляется все больше работ, посвященных применению ПВСА в технологических схемах различных производств, таких как производство сахара [1], применение в качестве компрессоров в парокompрессионных установках [2], применение в транспортных силовых установках.

В настоящее время актуальной является задача использования пароводяных струйных инжекторов в тепловой схеме паротурбинных установок большой мощности. Наиболее подходящем местом в тепловой схеме ПТУ является система регенерации низкого давления, так

как применяемые в настоящее время подогреватели смешивающего и поверхностного типа обладают рядом недостатков, от которых свободны ПВСА. При определенном выборе геометрических и рабочих параметров, можно получать давление на выходе из струйного аппарата больше, чем давление рабочей среды. Таким образом, аппарат выполняет одновременно функции теплообменника и насоса, что позволяет отказаться от применения конденсатных и сливных насосов – наиболее ненадежных элементов системы, перекачиваемых воду, близкую к состоянию насыщения. Применение смешивающих насосов-подогревателей (СНП), работающих по принципу пароводяного инжектора позволит значительно снизить капитальные затраты, затраты на техобслуживание и ремонт, а так же повысить надежность работы. Возможно также увеличение тепловой экономичности турбоустановки.

Точного теоретического описания процессов, протекающих в пароводяных струйных аппаратах, на данный момент не существует. Поэтому расчет струйных аппаратов представляет собой весьма сложную задачу, а применяемые методики расчета базируются, в основном, на экспериментальных данных.

Для оценки эффективности применения ПВСА в системе регенерации низкого давления турбоустановки был проведен расчет турбоустановки К-220-44 для номинального режима работы, при этом сравнивались варианты схем с поверхностными и обычными смешивающими подогревателями с вариантом, использующим СНП [3]. Расчет показал целесообразность применения ПВСА. Выявлен существенный рост экономичности турбоустановки за счет снижения капитальных затрат. КПД установки в проведенном расчете несколько снижается, что обусловлено использованием только трех ступеней подогрева. Очевидно, что в случае увеличения количества ступеней подогрева тепловая экономичность вырастет и, возможно, превысит значение экономичности для системы регенерации турбоустановки с обычными подогревателями. Таким образом, выбор количества и параметров струйных насосов-подогревателей для системы регенерации низкого давления турбоустановки в настоящее время является оптимизационной задачей, открытой для рассмотрения.

Библиографический список

1. **Васильев Д.В.** Парожидкостные струйные аппараты с регулируемой производительностью для тепломассообменных процессов пищевых производств/ диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – СПб, 2007
2. **Марченко В. Н.,** Жиленко Н. А. Струйная термокомпрессорная установка

(СТК):назначение, принцип действия, термодинамическая модель и результаты расчетных исследований параметров рабочего процесса // Вісник Сумського державного університету. — 2004. — № 13(72). — С. 50—60.

3. **Ильченко А.Г.,** Седов Д.В. Обоснование возможности применения струйных насосов-подогревателей в системе регенерации ПТУ //Повышение эффективности энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. 9. – М.: Энергоатомиздат, 2009.

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БАЛАКОВСКОЙ АЭС ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ПРИ ПОЛНОМ ОБЕСТОЧИВАНИИ

В России настоящее время на 10 действующих АЭС. Аварии на АЭС «Фукусима» и Чернобыльской АЭС показывают, какой вред они могут принести.

При полном обесточивании системы предусмотрены источники аварийного электроснабжения автономного электроснабжения: автоматизированные дизельные генераторы и аккумуляторные батареи. На Балаковской АЭС имеются дизельные электростанции АСД-5600 мощностью 5600 кВт и напряжением 6 кВ. Их количество по 3 на каждый энергоблок и они способны работать 240 часов в необслуживаемом режиме. Авария на АЭС «Фукусима» показала, что не всегда они могут помочь. Чтобы их запустить необходимо время, которого в чрезвычайной ситуации может просто не быть.

Установка альтернативного источника питания, который будет постоянно работать в обычном режиме, а при аварии просто вся энергия пойдет на привод насосов для охлаждения реакторов. Это поможет предотвратить такие катастрофы как на АЭС «Фукусима» и поможет сделать атомную энергетику намного безопасней.

Целью моей работы являлось выбрать альтернативные источники для выработки электроэнергии и проанализировать какое должно быть их соотношение, чтобы техногенная авария не вызвала последствий.

Балаковская АЭС — атомная электростанция, расположенная в 8 км от города Балаково Саратовской области, на левом берегу Саратовского водохранилища. Является крупнейшей АЭС в России по выработке электроэнергии, что обеспечивает четверть производства электроэнергии в Приволжском федеральном округе и составляет пятую часть выработки всех АЭС России. Суммарная установленная мощность 4000 МВт[1].

Суммарная мощность аварийного электроснабжения на станции составляет 1,68% (67,2МВт) от общей мощности станции. На один блок приходится 0,42% мощности. Район, в котором расположена Балаковская АЭС, относится к 5-балльной сейсмической зоне с периодом повторения 1 раз в 100 лет и к 6-балльной зоне с периодом повторения раз в 10 000 лет.

Месторасположение станции было выбрано из следующих основных условий: расположения с подветренной стороны по отношению к городу Балаково; хорошей продуваемости; ровного рельефа поверхности земли; глубокого стояния грунтовых вод; размещения в зоне, ограниченной возможностью организации водоохладителя; размещения на малоценных сельскохозяйственных землях (солончаки, овраги и т. п.); выполнения санитарно-защитных зон до окружающих населённых пунктов без их сноса.

Для данной станции с целью обеспечения ее электроэнергией при полном обесточивании, были выбраны ветрогенераторы, т.к. единственное важное требование для них — высокий среднегодовой уровень ветра. Ветрогенераторы строят в местах с высокой средней скоростью ветра — от 4,5 м/с и выше. Мощность ветрогенераторов SWG E-3000 достигает 3 кВт. С помощью карты потенциала ветроэнергетики России была выбрана на территории Балаковской АЭС средняя скорость ветра от 4,5 м/с.

Ветрогенераторы, согласно карте местности, необходимо ставить по берегам островов и вдоль водохранилища. Свободная территория, рядом с которой нет никаких жилых построек это 13,5 км. На таких участках необходимо разместить 2200 ветрогенераторов, которые смогут выдавать электрическую мощность до 1,33 МВт. Это составит 1,98 % от суммарной мощности аварийного электроснабжения станции.

Площадь крыш зданий на территории Балаковской АЭС, которую можно занять солнечными батареями, равна 68800 м². На этой территории можно поставить 35450 батарей. Также можно установить солнечные батареи вдоль дорог, крупных магистралей, тем самым обеспечить и освещение дорог, и выработку электрической энергии. Длина таких дорог 24600 метра. То есть, используя придорожную территорию, можно поставить около 24800 солнечных батарей. Вместе и те и другие источники смогут выработать энергию равную 18,07 МВт. Это обеспечит 26,9% от суммарной мощности аварийного электроснабжения АЭС.

Рядом с Балаковской АЭС располагается Саратовская ГЭС, установленной мощности – 1378 МВт, собственником которой (за исклю-

чением судоходного шлюза) является ОАО «РусГидро». Если бы данная станция входила в филиал концерна ОАО «Концерн Росэнергоатом», то могла бы полностью перекрыть собственные нужды АЭС в случае техногенной аварии. Также это позволило бы оптимизировать график нагрузки электросети за счет использования ГЭС при пиковом потреблении электроэнергии.

Библиографический список

1. <http://balnpp.rosenergoatom.ru>

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

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНО- АККУМУЛИРУЮЩЕЙ ГТУ В ЦИКЛЕ АЭС С ВВЭР-1000

Основным направлением развития мировой и национальной экономики и промышленности во все времена является энергетика. Как известно, на протяжении суток энергосистема испытывает очень серьезные изменения нагрузки сети, наиболее характерные участки которой - дневные пики и ночные провалы. АЭС относятся к станциям, работающим, главным образом, в базовой части графика нагрузок энергосистемы. Как правило, в процессе выработки электроэнергии и передаче её потребителю, не участвуют в регулировании сети. Такой принцип объясняется рядом особенностей управления ядерным реактором.

Ранее в [1] было рассмотрено использование различных схем включения в цикл АЭС с ВВЭР-1000 газотурбиной установки (ГТУ) GT-26 фирмы АBB(Alstom), в которой используется оригинальная тепловая схема с промежуточной камерой сгорания [2]. В данной работе авторы предлагают включить в комбинированную схему с газопаровым перегревателем (ГПП) и газоводяным подогревателем (ГВП) воздушный аккумулятор (ВА) в газовый цикл ГТУ. Использование этой схемы для включения ВА обусловлено тем, что пароводяной контур АЭС в ней работает в нормальном режиме, отдельно от газового. Применение ВА в газовом цикле подразумевает, работу ГТУ только в режиме пиковых нагрузок сети, в режиме ее работы компрессор выключен, работа газовой турбины обусловлена только резервом ВА.

В период «ночного провала» ГТУ отключена, а компрессор включен для подпитки ВА, данное решение способствует уравниванию энергосистемы и повышению эффективности работы станции в пиковом режиме.

Во время работы компрессор нагнетает давление в ВА до 13,1 МПа при расходе 244 кг/с, что обеспечивает надежную подачу воздуха в КС в пиковом режиме. При условии 4-х часовой работы (режим покрытия пиковой части суточного графика электрической нагрузки) ГТУ GT-26 подача воздуха в КС должна составлять не менее 7890 т/сут. Это определяет объем ВА около 66 тыс. куб. м. В результате расчетов возможного применения на практике данной установки электрическая мощность блока АЭС с ВВЭР-1000 в пиковом режиме увеличивается с 960 МВт до 1500 МВт.

В ночной период (9 часов) сам энергоблок АЭС работает в номинальном режиме, однако при этом снижается отпуск электроэнергии внешнему потребителю из-за дополнительного ее расхода на привод компрессора (основного и дожимающего – на схеме не показан). Привод компрессоров может осуществляться от вспомогательной паровой турбины. При этом в ночной период имеет место недоотпуск электроэнергии потребителям. Суточная выработка пиковой мощности блоком АЭС с ВАГТУ составляет 2160 МВт·ч. Термодинамический КПД ПГУ в пиковом режиме увеличивается с 33% до 53%, что в достаточной мере окупает затраты установки ВАГТУ. Увеличение затрат на собственные нужды в ночное время можно компенсировать увеличением выработку электроэнергии на ТЭС, работающих на органическом топливе (в ночной период они, как правило, работают в режимах частичной нагрузки).

Библиографический список

1. **Груздев С.В.** и др. Анализ экономичности парогазовых установок// Девятая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2014»: Материалы конференции.– Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина, 2014 – с.62
2. **Цанев С.В.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. – М.:Издательский дом МЭИ, 2009 – 244с.

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

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ АЭС С ВВЭР В РЕЖИМАХ ОБЕСТОЧИВАНИЯ

Вопросы повышения безопасности АЭС являются в настоящее время особенно актуальными после событий в марте 2011 года на АЭС Фукусима, когда произошло полное ее обесточивание с потерей всех источников надежного электроснабжения. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения при обесточивании энергоблока на современных АЭС используется система аварийного электроснабжения (САЭ), включающая в себя, в том числе, резервные дизель-генераторы (РДГ), которые вводятся в работу по программе автоматического ступенчатого пуска (АСП) при исчезновении напряжения на секции надежного питания. Всего предусматривается по три независимых канала в каждой системе САЭ. Но, как показали события на АЭС «Фукусима-1», этого может оказаться недостаточно.

Предлагаются некоторые варианты, связанные с использованием для подачи аварийной питательной воды в парогенератор (ПГ) и для подачи электроэнергии в систему надежного электроснабжения при полном обесточивании станции воздушных турбин и воздушных аккумуляторов. В одном из вариантов воздушная турбина используется для привода дополнительных аварийных питательных насосов (АПН). Во время работы АЭС воздух компрессором закачивается в специальные емкости – воздушные аккумуляторы (ВА). В случае незапуска или отказа РДГ включается в работу дополнительная система. Воздух из ВА подается теплообменник-перегреватель, где он перегревается паром, сбрасываемым из парогенератора в процессе аварийного расхолаживания блока и подается в воздушную турбину. АПН подает воду из баков аварийного запаса химводоподготовки (БАЗХОВ) в ПГ. В паровоздушном теплообменнике-перегревателе пар конденсируется и его конденсат сливается в расширитель дренажей и затем в дренажный бак. Второй вариант аналогичен первому, но турбины используются только для отвода остаточных тепловыделений без расхолаживания, поддерживая постоянной температуру реакторного контура. В этом варианте требуется существенно меньшая мощность насоса и, соответственно, меньший объем воздушных аккумуляторов. Третий вариант отличается от первого тем, что воздушная турбина используется для подачи электроэнергии в систему аварийного электроснабжения блока.

Начальное давление перед воздушной турбиной выбрано на уровне 2 бар (из конструктивных соображений), а давление в ВА принималось соответственно 4 и 6 МПа. Сама турбина принята одноступенчатой, а температура перед ней повышалась до 260 °С в паровоздушном теплообменнике-перегревателе, пар на который подавался из парогенератора (отметим, что в процессе расхолаживания температура воздуха перед ВТ снижается). В первом и втором вариантах выбран парциальный подвод воздуха со степенью парциальности, равной 0,2; в третьем варианте производится полный подвод воздуха. Номинальные мощности турбин соответственно равны 800, 660, 5600 кВт. Конечное давление считаем равным 1,016 бар. Были проведены тепловые расчеты паровоздушного перегревателя. В результате которых были определены площади поверхности теплообмена для каждого варианта, равные соответственно 33, 31 и 90 м².

Были проведены расчеты переменных режимов воздушных турбин в процессе расхолаживания и определено предельное время функционирования системы для всех трех вариантов при скорости расхолаживания 30 °С/час (варианты 1 и 3) и отвода только остаточных энерговыделений (вариант 2). Определены требуемые объемы воздушных аккумуляторов при принятых значениях начального давления в них.

Проведенные расчеты позволили сделать вывод о работоспособности предлагаемых систем с воздушно-аккумулирующими установками, а их применение может повысить безопасность АЭС в режимах полного обесточивания. Вследствие больших объемов и давлений воздушных аккумуляторов, наиболее рациональным представляется расположение их под землей. Можно уменьшить объем ВА, если ограничить расчетную продолжительность функционирования системы до 1 – 1,5 часа, одновременно уменьшив расчетное давление в ВА в конце рабочего процесса до 0,3-0,34 МПа. Тогда можно применить стальные ВА, аналогичные по конструкции типовым воздушным ресиверам с наземным их расположением.

Библиографический список

1. Капелович Б.Э. Тепловой расчет паровой турбины: Учеб. пособие/Ивановский государственный университет.- Иваново, 1986 – 40 с.
2. Ривкин С.Л., Александров А.А. «Теплофизические свойства воды и водяного пара». Энергия, 1979 г. – 78 с.
3. РТМ 108.020.107-84. Сепараторы-пароперегреватели турбин АЭС. Расчет и проектирование. / Б.Л. Паскаль [и др.] – НПО ЦКТИ, 1986 – 127 с.

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

РАЗРАБОТКА КОС ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ МАСЛОАППАРАТНОЙ ОГНЕСТОЙКОГО МАСЛА ЭНЕРГОБЛОКА № 3 КАЛИНИНСКОЙ АЭС

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

Разрабатываемая компьютерная обучающая система (КОС) предназначена для получения знаний и умений по функционированию технологической системы маслоаппаратной огнестойкого масла энергоблока ВВЭР-1000 (система SC).

КОС состоит из компьютерного учебного пособия (КУП), представляющего собой обучающую часть с тестовой частью контроля знаний и локального ситуационного тренажера по эксплуатации системы (ЛСТ), представляющего собой «блок навыков и умений». КУП 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 SC, а также ее эксплуатация в основных нормальных режимах работы, а именно: подготовка к работе, пуск, работа на мощности, останов, вывод в ремонт.

Маслоаппаратная предназначена для приема чистого масла из цистерн и подачи его на склад (баки запаса чистого масла или оперативные баки чистого масла), подачи масла из баков запаса или оперативных баков чистого масла в маслосистему турбогенератора, сбора и очистки (регенерации грязного масла) и подачи его (после очистки) в бак регенерированного масла, в машзал или (неочищенного масла) в цистерну грязного масла для отправки на очистку. Маслоаппаратная имеет два контура: контур чистого масла, контур грязно-

го масла. Каждый контур имеет свою отдельную схему и оборудование, за исключением сепаратора, который является общим для двух контуров [1].

Контур чистого масла включает в себя: фильтр сетчатый Ду-100 OUT10N01; насосы приема и подачи масла в машзал Ш40-6-18/4, OUT10D01, OUT30D01; два фильтр-пресса ФИ 2-3000 OUT20D01(D02); два оперативных бака чистого масла, емкостью 10м³ (OVT20B01,02) каждый; два бака запаса чистого масла емкостью по 200м³ каждый.

Контур грязного масла включает в себя: насос дренажного бака (НДБ) Ш8-25-5,8/2,5 (OUT80D01); два фильтр-пресса грязного масла ФП-2-3000 (OUT50D01,02); два ватных фильтра объемом по 100кг каждый (OUT60N01,N02); сепаратор ОСТ-3 (OUT50D03); бак запаса регенерированного масла емкостью 200м³ (OUT70B01); два оперативных бака грязного масла емкостью 10м³ OUT50B01,02; бак сбора грязного масла емкостью 200м³ OUT40B01; бак сбора дренажей огнестойкого масла емкостью 15м³(OUT80B01); бак аварийного слива масла емкостью 15м³ (OUT80B02).

Кроме указанного оборудования в схеме маслоаппаратной предусмотрены :дренажи для опорожнения баков и маслопроводов; паровые спутники маслопроводов для подогрева масла в маслопроводах в зимнее время; маслопроводы для приемки свежего масла из передвижной емкости с помощью насоса приема масла; маслопровод для возможности откачки грязного масла из дренажных приемков в цистерну грязного масла, а также откачки масла из оперативных баков грязного масла в бак сбора грязного масла; подача сжатого воздуха в бак аварийного слива масла на барботаж, с целью взрыхления осадков масла в баке. Кроме того, предусмотрен подвод сжатого воздуха в маслоаппаратную для продувки маслопроводов подачи масла в машзал; воздушники-фильтры силикагелевые, установленные на всех баках маслоаппаратной с целью предотвращения попадания влаги в маслобаки, а также для удаления воздуха из баков при заполнении; штуцера с вентилями для подсоединения ручного насоса с помощью шлангов откачки остатков масла из БЗЧМ, БРМ, БСБМ.

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

Библиографический список

1. **Инструкция** по эксплуатации маслоаппаратной огнестойкого масла энергоблока №3.03.С.С.ПЭ.0034.44.Калининская АЭС.
2. **Эксплуатационные** схемы технологической системы маслоаппаратной огнестойкого масла энергоблока №3. 03.С.С.ЭС.0006.44. Калининская АЭС.

*И.П. Крылов, Н.А. Черняев, студ.; рук. А. Г. Ильченко, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ГАЗОТУРБИННЫХ ЦИКЛОВ АЭС С ВТГР

В данной работе производится анализ тепловой экономичности варианта АЭС с ВТГР и газотурбинной установкой. Преимуществом ГТУ является использование высоких температур при относительно низких давлениях, а также большой КПД в широком диапазоне мощностей. В качестве рабочего тела принят гелий, который является наиболее приемлемым газом для высокотемпературных ядерных установок.

В ходе анализа тепловой экономичности регенеративного цикла ГТУ варьировались степень регенерации σ и степень повышения давления в компрессоре ν при постоянной начальной температуре гелия перед турбиной 1000 °С (ограничивается жаропрочностью и жаростойкостью элементов реактора). Давление гелия на выходе из реактора 5 МПа. Температура гелия перед компрессором принята равной 30 С°. При проведении расчетов учитывались потери давления в реакторе, регенераторе и охладителях.

Как показали расчеты, для простого закрытого газотурбинного цикла (без регенерации) оптимальная степень повышения давления в компрессоре ν находится в пределах 3,5 – 5,5 при значении внутреннего КПД цикла η_i около 28 %.

Применение регенерации позволяет существенно повысить тепловую экономичность ГТУ. С повышением степени регенерации оптимальное значение ν снижается и при предельной регенерации ($\sigma = 1$) она составляет примерно 2,5 (с учетом уменьшения полезной работы цикла при уменьшении ν). При этом достигается значение внутреннего к.п.д. цикла около 50%.

Вместо конечного охладителя технической водой могут быть использованы теплообменники, в которых будет нагреваться сетевая вода для целей отопления и горячего теплоснабжения. В этом случае за

счет комбинированного способа производства электрической и тепловой энергии может быть существенно увеличен КПД по выработке электроэнергии. Ниже приведены некоторые результаты расчетов параметров ГТУ.

Таблица 1 - Зависимость оптимальной степени сжатия v , работы цикла ГТУ l_1 и КПД цикла η от степени регенерации σ

Степень регенерации	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1
Оптимальная степень сжатия	5,76	5,22	4,16	3,64	2,59	2,067	1,34
Работа цикла ГТУ, кДж/кг	895,1	930,4	972,5	971	879,4	749	336,9
КПД, %	29,02	29,69	31,2	33,96	39,15	44,15	58,6

С целью дальнейшего повышения экономичности целесообразно использовать двухступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением гелия перед компрессором второй ступени. Однако, как применение регенерации, так и применение двухступенчатого сжатия усложняют и удорожают технологическую схему энергоблока ГТУ. Поэтому выбор оптимального варианта может быть корректно сделан только на основании технико-экономических расчетов.

*Н.А. Хан, студ.; рук. С.Г. Андрианов, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩАЯ СБОРКА ДЛЯ РЕАКТОРА ВВЭР-1200

Проект активной зоны ВВЭР-1200 предусматривает модернизацию ТВС ВВЭР-1000 на базе технических решений, прошедших опытную эксплуатацию на Балаковской и Калининской АЭС. Модернизация направлена на повышение уровня безопасности эксплуатации, улучшение технико-экономических характеристик и повышение конкурентоспособности реакторной установки и АЭС в целом.

Всем требованиям технического задания на реакторную установку проекта АЭС-2006 в наибольшей степени удовлетворяет ТВС-2М. Ее прототип - ТВС-2 с жестким каркасом, образованным приваркой 12-ти дистанционирующих решеток (ДР) к направляющему каналу (НК), - в 2006 году успешно завершил опытную и переведен в промышленную эксплуатацию.

Конструкция ТВС-2 проста, надежна и технологична, что подтверждается положительным опытом эксплуатации.

ТВС-2М обеспечивает возможность максимального удлинения топливного столба. Она также приспособлена к любым усовершенствованиям, применима для любых внедряемых или планируемых топливных циклов.

В проект АЭС-2006 перенесены все технические решения конструкции ТВС-2М. В ТВС АЭС-2006 топливный столб удлинен на 50 мм (на 200 мм относительно ТВС-2), что привело к установке дополнительной ДР (всего 14 шт.). Принципиальным является сохранение объема газосборника в ТВЭЛе (ТВЭГе) для компенсации газовыделений и сохранение центрального отверстия в топливной таблетке.

В ТВС АЭС-2006, как и в ТВС-2М, увеличение загрузки топлива достигнуто увеличением наружного диаметра топливной таблетки с 7,57 до 7,60 мм и уменьшением диаметра ее центрального отверстия с 1,4 до 1,2 мм. Это соответствует размерам топливных таблеток ТВЭЛов/ТВЭГов, которые внедряются в настоящее время на российских АЭС с ВВЭР. Обогащение топлива ограничено 5%. ТВС с топливными элементами указанного обогащения прошли опытно-промышленную эксплуатацию в течение пяти лет на блоке №1 Калининской АЭС.

Наиболее заметное конструктивное отличие ТВС АЭС-2006 от ТВС-2М ВВЭР-1000 заключается в перемещении инструментального канала для канала нейтронных измерений и температуры (КНИТ) из центра ТВС в ячейку, расположенную между рядами направляющих каналов и установкой ТВЭЛа в центральную ячейку. Подобное расположение инструментального канала для КНИТ применяется в ТВС новых проектов РУ ВВЭР-1000 (Индия, Китай, Иран, Болгария).

В ТВС для ВВЭР-1200 применена унифицированная нижняя решетка (НР) с отверстиями типа "ромашка" и толщиной 16 мм, в результате этого сокращается металлоемкость и производственные затраты по сравнению со штатной НР толщиной 18 мм.

В ТВЭЛ и ТВЭГ ТВС АЭС-2006 применен унифицированный цанговый узел крепления "нижняя заглушка ТВЭЛ - нижняя решетка", который обеспечивает надежность разъемного закрепления ТВЭЛ(ТВЭГ) в НР, разборность ТВС, сокращение металлоемкости. Использование этого решения обеспечивает ремонтпригодность ТВС.

Конструкция ТВС позволит в дальнейшем увеличить загрузку топлива за счет перехода на топливную таблетку диаметром 7,8 мм без центрального отверстия и за счет сокращения высоты газосборника. Также возможно повышение обогащения свыше 5%.

СЕКЦИЯ 10

ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

*Председатель – к.т.н., доцент В.Ю. Пронин
Секретарь – студ. И.А. Скворцов*

*Н.В. Желонкин, н.с.; рук. А.Ю. Рябчиков д.т.н., с.н.с.
(УрФУ, г. Екатеринбург)*

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В МАСЛООХЛАДИТЕЛЯХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

При проектировании теплообменных аппаратов с вязкими теплоносителями для паротурбинных установок (ПТУ) используются зависимости, полученные при течении теплоносителей в пучках гладких трубок (рисунок, 1) [1, 2]. Актуальность применения профилированных трубок в маслоохладителях турбоустановок определяется возрастающими требованиями к повышению эффективности и надежности аппаратов при выполнении ими своих функций в любых условиях (например, при повышенной температуре охлаждающей воды).

В настоящее время в теплообменных аппаратах ПТУ нашли широкое применение профилированные трубки с накаткой – профильные витые (ПВТ) (рисунок, 2). Дальнейшим развитием поверхности теплообмена с винтовой накаткой является предложенная авторами поверхность теплообмена со встречной накаткой (ТВН) [3] (рисунок, 3).

Был проведен комплекс экспериментальных исследований по изучению теплогидравлических процессов в трубных пучках с ТВН применительно к маслоохладителям ПТУ.

Научная новизна проведенного исследования заключается в том, что экспериментально изучены теплообмен в пучках различно профилированных трубок при поперечном обтекании их турбинным маслом. Установлено, что интенсивность теплоотдачи от турбинного масла в пучке ТВН в диапазоне чисел $Re_m = 100 \dots 700$ до 33 % выше, чем в гладкотрубном пучке и зависит от режима течения турбинного масла в пучке трубок. С увеличением значения числа Re_m интенсивность теплоотдачи в пучках возрастает [4].

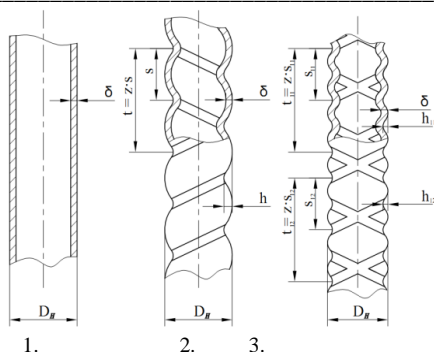


Рисунок: 1 — гладкая трубка; 2 — профильная витая трубка (ПВТ); 3 — трубка со встречной накаткой (ТВН) [3]

h, h_{11}, h_{12} — глубина канавки, мм; s, s_{11}, s_{12} — шаг между соседними канавками, мм; z — число заходов профилирования; δ — толщина стенки трубки; D_n — наружный диаметр трубки

Личный вклад автора заключается в постановке задач исследований, разработке экспериментального стенда, планировании и выполнении экспериментальных исследований, получении исходных данных, обработке и интерпретации экспериментальных данных, разработке рекомендаций для инженерной практики по совершенствованию маслоохладителей ПТУ с профилированными трубками.

Практическая значимость заключается в том, что предложена и реализована новая теплообменная поверхность (ТВН) для маслоохладителей ПТУ, определены параметры профилирования трубок со встречной накаткой, рекомендуемые к реализации в маслоохладителях турбоустановок с учетом диапазонов характерных параметров технологических процессов в них; представлены рекомендации для инженерной практики в части уточнения позонной методики расчета маслоохладителя. Обобщенные зависимости уже использованы для расчета теплогидравлических характеристик промышленного образца маслоохладителя МБ-50М-75 с трубным пучком из ТВН турбоустановки К-160-130 ХТЗ.

Исследования проводились в рамках выполнения НИОКР по Госзаданию, заявка № 900 «Повышение эффективности и надежности теплообменного оборудования энергопотребляющих и энергогенерирующих установок».

Библиографический список

1. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А.А.Жукаускас М.: Наука, 1982. 427 с.
2. Методика расчета и проектирования охладителей масла для систем маслоснабжения турбоустановок: РТМ 108.020.126-80 / Л.: НПО ЦКТИ, 1982. 76 с.

3. **Желонкин Н.В.**, Бродов Ю.М., Рябчиков А.Ю., Аронсон К.Э. Теплообменная труба / Патент на полезную модель № 112752, Российская федерация, МПК F28F1/00 заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». – № 2011134212/06; заявл. 15.08.2011; опубл. 20.01.2012, Бюл. 2. – 2 с.

4. **Интенсификация** теплообмена при обтекании вязкой жидкостью пучков трубок со встречной накаткой / Бродов Ю.М., Рябчиков А.Ю., Аронсон К.Э., Желонкин Н.В. // Тезисы Шестой Российской национальной конференции по теплообмену. В 3 томах (27-31 октября 2014 г., Москва) Т. 3. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. С. 32-33.

*Д.Ф. Кононова, студ.; рук. О.В. Самышин, инж.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

В России повсеместное использование энергосберегающих технологий осложняется ориентированностью на нефть, газ и ядерную энергетику, которая, безусловно, нужна, но имеет свои особенности. В настоящее время производство синтез-газа используется в химической промышленности для получения различного сырья. Кроме этого, он также используется в качестве экологически чистого источника тепла и энергии. Сжигая синтез-газ можно получить достаточно большое количество тепла, которое можно использовать в самых различных целях. Кроме этого, синтез газ используется в качестве исходного сырья для метилового спирта и синтетического жидкого топлива, которое по своим характеристикам ни в чем не уступает традиционному.

Первым известным человечеству способом получения синтез-газа была газификация каменного угля. Данный способ был осуществлен в Англии еще в 30-е годы XIX века, и во многих странах мира до 50-х годов XX века. Впоследствии данная методика была вытеснена методами, основанными на использовании нефти и природного газа. Однако в связи с существенным сокращением мировых нефтяных ресурсов, значение процесса газификации каменного угля снова стало возрастать. К тому же, благодаря такому необходимому процессу как переработка ТБО, ученые научились добывать синтез-газ из новых, нетрадиционных источников.

Например, твердые бытовые отходы (ТБО) сжигают и получают из них синтез-газ. А его состав не всегда одинаков: водород (25-42%), угарный газ (25-42%), углекислый газ (10-35%), азот (2-5%), чуть больше 1% метана, следы сероводорода. Но это не мешает Японии (префектура Чибо) получать таким образом водород для сталелитейно-

го завода. В Италии (Фондотто) работает электростанция на синтез-газе, полученном при газификации ТБО. На заводе в Германии (Карлсруэ) 720 тонн ТБО в сутки идет на обогрев муниципальных зданий и работу паровых турбин. В Париже вообще около 80% потребляемой энергии производится за счет сжигания городских отходов. Специальные меры по стимулированию производства энергии из бытовых отходов приняты в Голландии и других странах. Сегодня в мире работают около 3800 заводов, которые сжигают мусор и производят энергию. Также возможно применение низкотемпературной плазмы. Благодаря плазменным технологиям в процессе переработки разнообразных отходов можно получать синтез-газ, который считается более дешёвым и эффективным аналогом сжиженного природного газа. Плазменный способ переработки обладает рядом уникальных возможностей, которых нет в любом другом методе. В первую очередь это эффективный ввод энергии при температурах, недостижимых в автотермических процессах. Причем эта энергия вводится с дислоцированным окислителем практически произвольного состава. Все вместе это дает плазменным технологиям преимущество, которое наиболее ярко выражено при переработке отходов. Затратив одну единицу энергии на переработку, в синтез-газе можно получить шесть единиц. КПД преобразования из газа в электричество на больших установках комбайн-цикла – 60% и более, а обычно – 40–50%. Таким образом, с килограмма мусора можно получить 1,5–2 кВт-часа. При этом не образуется загрязняющих выбросов.

Без очистки синтез-газ может сжигаться в топках угольных котельных и ТЭЦ, замещая уголь полностью или частично. После очистки от примесей синтез-газ является топливом для газовых турбин и газовых двигателей внутреннего сгорания либо используется как сырьё для синтеза углеводородной продукции, аналогичной продукции традиционных НПЗ.

Сегодня производство синтез-газа постоянно совершенствуется, поскольку востребованность данного сырья неизменно растет с каждым годом. В настоящее время ученые благодаря современным разработкам научились получать синтез-газ газификацией не только угля и нефти, но и более нетрадиционных источников углерода, вплоть до бытовых и сельскохозяйственных отходов. Таким образом, сегодня мусороперерабатывающие заводы способны добывать такое ценное сырьё как синтез-газ в процессе утилизации отходов.

Библиографический список

1. **Э.А.Караханов** «Синтез-газ как альтернатива нефти» МГУ им. М.В.Ломоносова, 1997/

2. **Сысоев М.М.** Аттестационная работа: Сравнительный анализ: методы получения синтез-газа. МИТХТ им.М.В.Ломоносова, Москва,2003

*В.А. Власова, студ.; рук О.В. Самышина, инж.;
О. Б. Колибаба, к.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В СЛОЕ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Любой эксперимент по теплообмену должен отвечать следующим основным требованиям: возможность получения на опытной установке результатов, адекватных практическим целям; простота и возможно меньшая продолжительность и затратность опыта; минимальная погрешность измерительной схемы и наличие точной оценки этой погрешности; простота и точность математической обработки получаемых результатов.

Наиболее точные результаты при изучении теплообмена дают методы физического моделирования.

Экспериментальное определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи неоднородных по фракционному составу крупнодисперсных материалов методом физического моделирования вызывает ряд затруднений [1]. Это обусловлено необходимостью соблюдения значительного количества требований, определяющих размеры исследовательской установки и характер проведения опыта.

Коэффициент теплоотдачи может быть отнесен не к единице поверхности, а к единице объема и определен из выражения критерия Нуссельта:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot d_s^2}{\lambda}, \quad (1)$$

где α - коэффициент теплоотдачи; λ - коэффициент теплопроводности газа; d_s - эквивалентный диаметр куска слоя ТБО.

В условиях эксперимента объем кусков слоя ТБО может быть установлен опытным путем непосредственно без какого-либо предположения о форме куска, что является наиболее верным с точки зрения точности получаемых результатов. Однако при этом возникнут трудности при практическом использовании полученных результатов, поэтому при обработке результатов необходимо делать допущение о форме куска. В результате проведенных экспериментальных исследований

обработанных с использованием теории подобия, получено критериальное уравнение вида:

$$Nu = 1.24 \left(\frac{d}{H} \right)^{0.3} Re^{0.33} E^{-0.084}, \quad (2)$$

где E - симплекс, определяемый видом материала и учитывающий изменение влажности материала.

$$E = \frac{1-W}{W}, \quad (3)$$

где W - относительная влажность материала, %.

Библиографический список

1. **Фролов В.Ф.** Моделирование сушки дисперсных материалов//Л.:Химия,1987. - 208с.

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

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

На сегодняшний день тепловой насос является наиболее энергоэффективной системой отопления и кондиционирования. Благодаря своей экономичности и безопасности они завоевали популярность за рубежом. В нашей же стране в качестве отопления тепловые насосы применяются довольно редко.

Основные достоинства тепловых насосов заключается в том, что они используют возобновляемые источники энергии и экологически чистые установки. Недостатками являются их стоимость, но со временем она окупается. Примерный срок окупаемости составляет около 10 лет. Для сравнения с другими видами отопительных систем можно привести таблицу.

Целью данной работы является выбор наиболее оптимальной конструкции теплового насоса при теплоснабжении и горячем водоснабжении жилого двухэтажного жилого дома площадью 353,4 м² и общей отопительной нагрузкой 53,2 кВт: без регенерации теплоты, с регенерацией теплоты, с регенерацией теплоты и с переохладителем.

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

Выбор производится по термодинамическим показателям циклов и экономическим показателям ТНУ (см. таблицу).

Таблица – Сравнение теплового насоса с другими видами отопительных систем

Технические характеристики	Тип оборудования		
	Газовые котел или котел на жидком топливе	Электрический котел	Тепловой насос
Стоимость	средняя	средняя	высокая
Коэффициент использования первичной энергии	0,75-0,85	0,27-0,34	>1
Стоимость сервисного обслуживания	100%	100%	50%
Потребляемые энергоносители	газ, дизельное топливо	электрический ток	тепло земли, электрический ток
Срок службы	15-20 лет	3-8 лет	25-50 лет
Пожароопасность	опасен (постоянный огонь)	опасен	безопасен
Взрывоопасность	опасен	опасен	безопасен
Экологическая безопасность	вреден, необходима вентиляция	безвреден	безвреден
Возможность кондиционирования	не обеспечивает	не обеспечивает	обеспечивает
Автономность	требует наличия топлива в полном объеме	требует электроэнергию в полном объеме; автономное питания не обеспечивает достаточной выработки	может автономно работать при наличии резервного электропитания от 2 кВт

Удельная тепловая нагрузка теплового насоса характеризует расход фреона, а значит, влияет на стоимость компрессора и теплообменников. Степень сжатия в компрессоре определяет его стоимость. Коэффициент преобразования энергии и удельный расход первичной энергии характеризуют экономичность работы теплового насоса. Эксергетический КПД показывает термодинамическое совершенство процессов в тепловом насосе.

Таким образом, наилучшим будет вариант с максимальным коэффициентом преобразования теплоты μ . Для вариантов с близким μ наилучшим будет тот, который обеспечивает наименьшую степень сжатия и наибольшие значения эксергетического КПД и удельной

тепловой нагрузки. Весь комплекс этих параметров учитывается в экономическом показателе ТНУ – его сроке окупаемости.

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.

Н.М. Забавина, А.А. Павлов, студ.; рук. О.Ю. Нагорная, ст. преп., О.В. Самышина, асп. (ИГЭУ, г. Иваново)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Постоянно растущая доля стоимости энергоресурсов в структуре затрат на производство продукции заставляет по новому взглянуть на проблему энергоэффективности производства. Существуют данные, что в среднем по России потери в тепловых сетях достигают 20÷25%, что для больших городов является существенной цифрой. Решением проблемы, несомненно, является переход на менее энергоемкое оборудование, технологии и производства.

Большим потенциалом здесь обладает процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии – когенерация, которая помимо всего прочего дает возможность для развития экономики страны. Когенерация является практически самым оптимальным вариантом обеспечения надежности снабжения энергией.

К основным преимуществам когенерационных установок относятся:

- 1) увеличение эффективности использования топлива благодаря более высокому КПД,
- 2) снижение вредных выбросов в атмосферу по сравнению с раздельным производством тепла и электроэнергии,
- 3) уменьшение затрат на передачу электроэнергии, так как когенерационные установки размещаются в местах потребления тепловой и электрической энергии, потери в сетях практически отсутствуют,
- 4) возможность работы на биотопливе и на других альтернативных видах топлива,

5) обеспечение собственных потребностей котельной в электроэнергии.

Уже в первые пять лет после ввода в эксплуатацию когенерационной установки капитальные затраты на нее полностью покрываются. В дальнейшем собственная ТЭЦ позволяет существенно экономить и чувствовать себя уверенно. Те, кто создал свою энергетическую установку, получают источник сравнительно дешевой тепловой и электрической энергии, в то время как инвесторы, решившие сэкономить на этом, расплачиваются зависимостью от энергетической монополии и ее тарифной политики, при этом всегда есть риски в случае энергетического сбоя остаться и вовсе без «света и тепла». Важным фактором является и то, что при когенерации топливо используется почти в два раза эффективнее.

Применение когенераторных установок позволяет эффективно дополнять энергоснабжение объектов различного назначения, без реконструкции сетей. При этом значительно увеличивается качество электрической и тепловой энергией. Кроме этого совместное производство тепловой и электрической энергии более экономично, чем их раздельное производство. Они характеризуются более полным и экономичным использованием природных энергоресурсов, обусловленным утилизацией тепла, которое упускается при обычном применении генераторов. Это является одним из основных преимуществ установок совместной выработки энергии, коэффициент полезного действия которых достигает 85÷90% при 20÷30%-м снижении потребления энергоносителей по сравнению с раздельной выработкой двух видов энергии.

Библиографический список

1. **Энергосбережение** в теплоэнергетике и теплотехнологиях: [учебник для вузов / О. Л. Данилов и др.]; под ред. А. В. Клименко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 424 с: ил.
2. **Гудков С.А.,** Лебедева Е.А. Использование когенерационных установок [Электронный ресурс]: материал конференции ННГАСУ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. 2012. URL: <http://www.rae.ru/forum2012/>

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

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА В КОТЕЛЬНЫХ

Целью данной работы является решение вопроса – эффективен ли переход котельных на биотопливо. Что же такое биотопливо?

Биотопливо – это топливо, которое получают, как правило, из биологического сырья, в качестве которой используют стебли сахарного тростника или семян рапса, кукурузы, сои. Могут также использоваться целлюлоза и различные типы органических отходов.

Различают твердое биотопливо (дрова, солома), жидкое биотопливо (этанол, метанол, биодизель), и газообразное биотопливо (биогаз, водород).

В последнее десятилетие за рубежом наибольший практический интерес проявляется к жидкому биологическому топливу, производимому из биомассы, семян и плодов пищевых и технических масличных культур, а также отходов пищевых масел. Широкое применение это горючее получило в странах Европейского союза (ЕС), на Украине, в Белоруссии, в Северной и Латинской Америке. Используется оно в основном в дизелях и котельных установках.

Использование биотоплива в котельных позволяет [1]:

- сохранить невозобновляемые природные ресурсы путем замены их возобновляемыми,
- стимулировать увеличение заготовки низкокачественной и дровяной древесины, сбора и переработки отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности,
- снизить напряженность топливного баланса страны, региона, области путем сокращения энергетического дефицита,
- существенно снизить нагрузку на окружающую среду,
- создать новые рабочие места на заготовке и производстве биотоплива, пополнить региональные и местные бюджеты

На практике перевод котельных на биотопливо сдерживается:

- недостаточным развитием рынка биотоплива,
- отсутствием информации о технико-экономических и экологических показателях работы котельных что, в свою очередь, затрудняет выявление возможностей и приоритетов перевода их на биотопливо,
- не определенность экологических ущербов,
- отсутствие комплексных методических подходов к оценке экономической эффективности инвестиций в использование биотоплива.

Процесс использования биотоплива включает комплекс научных проблем – энергетических, экологических и экономических. Исследования показывают:

- проблема использования биотоплива технически и технологически решена. В настоящее время производятся котлоагрегаты, работающие на биотопливе, разработаны различные технологии его сжигания, имеется практический опыт.
- экологическая проблема может быть успешно решена путем утилизации древесных отходов и использования их в качестве биотоплива, так как существуют научно обоснованные и проверенные на практике технологии сбора, подготовки и транспортировки биотоплива.
- перевод котельных на биотопливо требует инвестиций. Оценить экономическую эффективность инвестиций, необходимых для реализации проекта в современных рыночных условиях, не представляется возможным, так как проблема экономической оценки использования биотоплива до настоящего времени не решена.

Библиографический список

1. **Лебедь, Д. В.** Эффективность инвестиций в использование биотоплива: автореф. дис... канд. техн. наук / Лебедь Дмитрий Владимирович. – Санкт-Петербург, 2007. – 21 с.

*М.С. Шагалова, студ.; рук. Н.П. Гусенкова, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ В САПР SOLIDWORKS

Довольно часто, в последнее время, в области науки и технических разработок, возникает вопрос об энергосбережении. Одним из объектов термического оборудования, для которого близка эта проблема, является камерная печь.

Для исследования работы установки, в целях выбора более рационального режима нагрева, удовлетворяющего параметрам качества тепловой обработки металла и одновременно учитывающего требования по энергоэффективности, создается геометрическая модель объекта в САПР SolidWorks, с помощью трехмерного моделирования (3D).

Функция 3D, в отличие от задач, выполненных в одно- и двумерных постановках, позволяет максимально приблизиться к реальной конфигурации печи, а так же исследовать температурные поля газа, нагреваемого металла и ограждения печи, с учетом их взаимного влияния. Все это непосредственно влияет на качество обработки изделий. Так же компьютерное моделирование является менее затратным,

нежели создание материальной модели объекта. Вместе с этим, благодаря данному способу моделирования печи, можно избежать отклонения температурного режима в установке, приводящего к возникновению брака у нагреваемых заготовок.

В пакете SolidWorks была построена геометрическая модель рабочего пространства печи, с учетом ограждения, в котором были встроены горелочные туннели и дымоотводящие каналы, влияющие на тепловую работу футеровки и изоляции. На поду печи располагались нагреваемые заготовки, на определенном расстоянии между собой и внутренними поверхностями стен.

Построенная геометрическая модель, для дальнейшего исследования, может быть экспортирована в различные программные комплексы, имеющие функции теплового расчета. Так как SolidWorks имеет прямую связь с пакетом ANSYS, модель была переведена в данный комплекс. С помощью специального модуля, произведено построение расчетной сетки. Для выполнения расчета задаются начальные и граничные условия, свойства материалов ограждения и обрабатываемых заготовок, среды рабочего пространства.

Визуализацию результатов можно представить в виде графиков температурных и скоростных полей газовой среды, а так же температурных полей нагреваемых заготовок. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод об эффективности работы данной установки.

Муратова Т.В. студ., рук. Габитов Р.Н., инж.;
Колибаба О.Б. к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СЛОЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Слой твердых бытовых отходов представляет собой многокомпонентную неопределенную пористую структуру различного фракционного состава. Расчет процесса нагрева такой структуры невозможен без знания ее теплофизических свойств (ТФС). В большинстве случаев теплофизические свойства определяются через объемные доли компоненты слоя ТБО и свойства этих компонент. При этом влияние температуры, порозности и влажности слоя на ТФС не учитывается.

Целью работы является определение теплофизических свойств, а именно температуропроводности слоя ТБО, при изменении его температуры и порозности.

Для исследования температуропроводности слоя твердых бытовых отходов предлагается расчетно - экспериментальный метод, не требующий знания параметров внешнего теплообмена [1]. Сущность метода заключается в том, что образец нагревается произвольным монотонно изменяющимся тепловым потоком. Полученные расчетом значения температур в центральной точке сравниваются с экспериментальными данными в этой же точке при условии минимизации среднеквадратичного отклонения расчета и эксперимента.

Алгоритм расчета эффективного коэффициента температуропроводности слоя ТБО реализован в программном пакете MATHCAD. Предлагаемый метод решения обратной задачи теплопроводности опробован для определения эффективного коэффициента температуропроводности слоя ТБО среднего морфологического состава и получения его зависимости от порозности слоя.

Опытные образцы слоя толщиной 50 мм твердых бытовых отходов среднего морфологического состава (бумага – 44,2%, древесина – 1,8%, текстиль – 4,7% пищевые отходы – 41,8%, резина – 0,9%, кости – 1,8%, пластмасса – 5,3%) с нулевой начальной влажностью и заданной порозностью нагревали в электрической печи.

В процессе нагрева замерялись температуры обогреваемой и необогреваемой поверхностей с помощью термопар, установленных на поверхности и в центре образца. Для преобразования полученных с термопар аналоговых сигналов в цифровые использовался модуль ввода ОВЕН МВ8А. а также программа Кофигуратор МВА8 - для сохранения полученных значений в памяти компьютера.

Варьируя порозность слоя в интервале от 0,5 до 0,7 и повторяя эксперимент, с последующим обращением к программной реализации алгоритма решения ОЗТ, находим соответствующие значения эффективного коэффициента температуропроводности (исходя из условия обеспечения среднеквадратичного расхождения расчетных и экспериментальных данных 3 %). С помощью программного пакета TABLECURVE 2D восстанавливается квадратичная зависимость эффективной температуропроводности от порозности (рис.1).

Для слоя предварительно высушенных твердых бытовых отходов зависимость эффективного коэффициента температуропроводности от порозности слоя можно рассчитывать по формуле:

$$a_{эф} = (10,35 - 33,63f + 34,42f^2) \cdot 10^{-7} \cdot$$

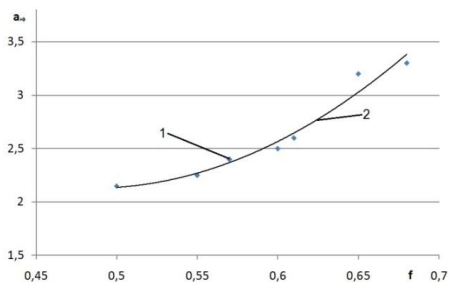


Рис. 1. Зависимость коэффициента температуропроводности от порозности слоя органосодержащего сырья

Библиографический список

1. **Горинов О.И.**, Колибаба О.Б., Габитов Р.Н., Лопатина М.В. Метод определения эффективного коэффициента температуропроводности слоя твердых бытовых отходов в процессе термической переработки в реакторе. Международная научно – техническая конференция «Состояние и перспективы развития электротехнологии» 17-е Бенардосовские чтения. Сборник статей. Том 2// Иваново, ИГЭУ. 2013. – с. 241-242.

*Пронин К. А., студ.; рук. Габитов Р.Н., инж.;
Колибаба О.Б, к.т.н, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СЛОЯ ТБО

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

В эксперименте определялось гидравлическое сопротивление слоя ТБО – ξ с плотностью от 70 до 150 кг/м³ при изменении скорости продуваемого воздуха на входе в слой.

На рис.1 приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов тепломассообмена между слоем ТБО и сушильным агентом (воздухом). Экспериментальная установка состоит из участка трубы (1) с металлической сеткой для удержания слоя ТБО (рабочая

зона) и электрического калорифера (2) для нагрева сушильного агента. Движение воздуха осуществлялось вентилятором (4) расположенным перед калорифером. Скорость потока воздуха и его температура регулировались при помощи блока управления (3) с экраном для вывода информации.

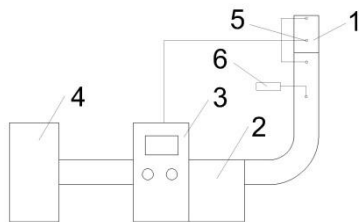


Рис. 1. Схема установки для исследования процессов сушки ТБО

Температура и влажность воздуха фиксировалась с помощью датчиков RHP-2S11 (5) с выводом показаний на экран блока управления. Скорость потока воздуха измерялась анемометром Testo 416(6).

Вывод: определен коэффициент гидравлического сопротивления слоя ТБО с плотностью от 70 до 150 кг/м³ м в диапазоне скорости газа 0,53,5 м/с.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА НАСЫПНЫХ САДОК В ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕЧИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ФИЛЬТРАЦИИ

Термические печи являются основным звеном металлообрабатывающей, машиностроительной и других отраслей промышленности. При термообработке мелких изделий, загружаемых в печь, образованная ими садка получила название насыпной садки. Совершенствование режимов нагрева насыпных садок можно осуществить за счет организации фильтрации газов через садку. В инженерной практике при исследовании режимов работы термических садочных печей приходится рассчитывать температурные поля таких садок.

Проведено экспериментальное исследование нагрева насыпных садок в термической печи при различных режимах фильтрации. Схема опытной установки показана на рисунке 1.

В ходе эксперимента садка, сформированная из колец Рашига, нагревалась в рабочем пространстве лабораторной камерной электрической печи СНОЛ 36/14, в цельносварном контейнере с габаритными размерами 0,1 x 0,1 x 0,25 м.

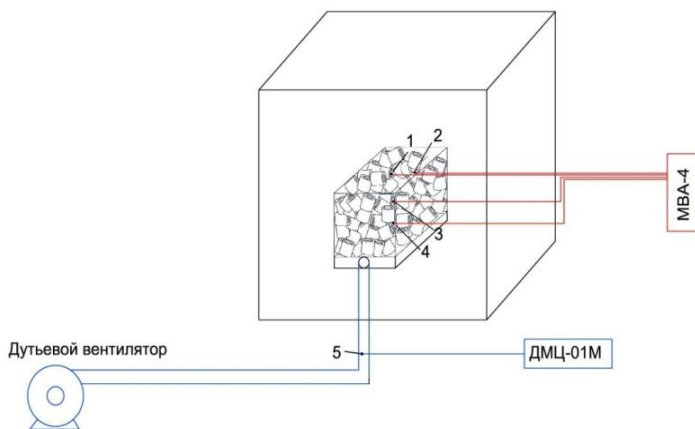


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки:
1,2,3,4 – точки замера температуры; 5 – точка замера параметров дутья

В нижней части контейнера для организации фильтрации располагались отверстия диаметром 10мм с шагом 20мм. Фиксировались температуры в 4-х характерных точках садки.

В соответствии с ГОСТ 7342-79 качество термической обработки определяется микроструктурой, твердостью, глубиной поверхностного слоя и т.д. По диаграмме «углерод - железо» качественный нагрев стали заданной марки при закалке происходит в диапазоне температур от 850 до 910⁰С. В соответствии с параметрами качества термической обработки металла нагрев заготовок происходил до температуры 900⁰С. Температурный перепад между тепловым центром и поверхностью садки при окончании нагрева составлял не более 10⁰С.

Результаты экспериментальных исследований при различных режимах нагрева садки приведены в табл.1.

Таблица 1 - Основные параметры нагрева садки

Режим нагрева	Средняя скорость нагрева, град/мин	Удельные затраты энергии на нагрев одного кг садки, $\frac{кВт \cdot ч}{кг}$	Время достижения параметров качества, мин
Нагрев колец Рашига d=21 мм, при отсутствии дугтя	13,99	2,411	66
Нагрев колец Рашига d=21 мм, при скорости фильтрации воздуха через садку 0,01 м/с	24,91	1,789	49
Нагрев колец Рашига d=21 мм, при скорости фильтрации воздуха через садку 0,32 м/с	23,24	2,149	59

*Ю. В. Белова, студ.; рук. Д. А. Долинин, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ И ГАЗА В ТРУБОПРОВОДАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ТЕЧЕНИЯ

Задачи гидравлики используются в промышленности, энергетике и повседневной жизни человека. Гидравлические характеристики течения жидкостей и газов являются основными параметрами для проектирования трубопроводных систем. Выделяют три режима течения: ламинарный, переходный и турбулентный, каждый из которых характеризуется своим диапазоном безразмерных чисел Рейнольдса. Например, если при движении жидкости число Рейнольдса меньше 2300, то мы наблюдаем ламинарный режим течения. Процессы, происходящие при движении газов, схожи с течением жидкости. В них наблюдаются те же режимы, но при других числах Рейнольдса.

В настоящее время используются наработки, полученные путем физического исследования режимов течения жидкости и газа. Современные технологии позволяют верифицировать полученные ранее результаты. Существует несколько программ, с помощью которых можно решить данную задачу, например: FlowVision, ANSYS Fluent.

В данной работе рассматривается математическое моделирование ламинарного режима течения жидкости в гладкой трубе в программно-вычислительном комплексе ANSYS. В качестве текучей среды приняли воду с параметрами: $\rho=998,2 \text{ кг/м}^3$, $\nu=0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $T=300 \text{ К}$. Критическое число Рейнольдса для данного режима позволяет определить

максимальную скорость потока при заданных геометрических параметрах трубы: длина 2 м, расчетный диаметр 0,02 м. В результате расчета определили скорость на входе, равную 0,1 м/с.

Для решения данной задачи нет необходимости создавать сложную трехмерную модель, так как она является осесимметричной. Достаточно построить плоскость, проходящую через ось. При расчете стоит уделить особое внимание пристеночной зоне течения жидкости.

В результате расчета было получено векторное поле скоростей (рис.1). Данное поле имеет форму параболы, следовательно, полученная модель достаточно точно описывает ламинарный режим течения жидкости.

Данную модель можно использовать для расчетов движения не только жидкости, но и газов. Так же, изменяя геометрию расчетной области и параметры вещества, можно исследовать другие режимы течения.

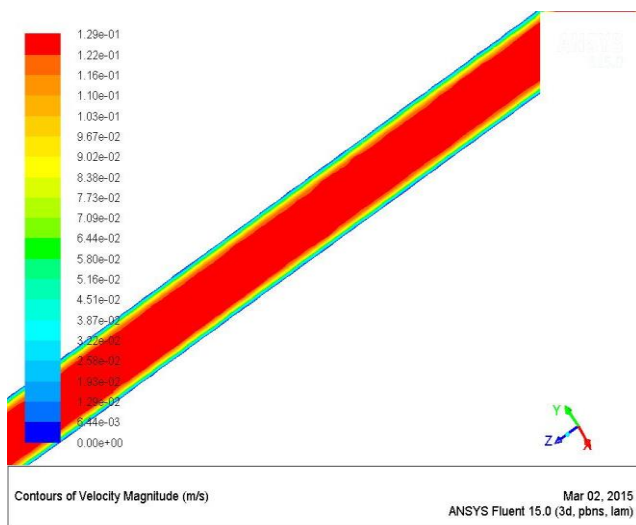


Рис.1. График распределения скоростей по сечению трубы

Результаты моделирования на базе программного комплекса ANSYS Fluent могут быть использованы для разработки лабораторных работ по курсу «Гидрогазодинамика».

*Н.В. Кувшинов, студ.; рук. Д.А. Долинин, доцент;
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ ANSYS FLUENT

Отопление – одна из ключевых систем жизнеобеспечения любого жилого помещения, будь то квартира или частный дом. В зависимости от требуемых условий есть несколько видов отопления. Для индивидуального жилого дома чаще всего рассматривают автономное устройство отопительной системы. В многоквартирных домах пока преобладает централизованное отопление, но его устройство должно быть предметом не менее пристального внимания. Например, одним из ключевых элементов централизованной системы теплоснабжения является элеваторный узел. Масштабное использование элеваторов заставляет обратить внимание на эффективность, энергосбережение и экономическую целесообразность данного элемента системы теплоснабжения.

Элеватор – это водосмесительная установка, которая применяется для подачи горячей воды в систему теплоснабжения зданий и выравнивания температуры путем смешения с обратной водой. Различают элеватор водоструйный и элеватор пароструйный. Водоструйный элеватор устанавливается на участке тепловой сети для снижения температуры горячей воды, подаваемой в местные системы отопления, путем смешивания ее с обратной водой в смешивающей камере, и создает напор, необходимый для циркуляции.

Несмотря на все достоинства элеваторов, такие как низкая стоимость, простота и устойчивость работы при изменении теплового и гидравлического режимов, у них также имеются и недостатки. Например, недостаточная подача тепла в радиаторы, а также невозможность автоматической регулировки элеваторных узлов являются основными причинами проведения исследований и испытаний, введения улучшений и разработок модификаций в данной области.

Постоянное совершенствование компьютерных технологий сделало возможным использование программных пакетов для моделирования различных гидро- и газодинамических процессов. Современный уровень развития методов вычислительной гидродинамики позволяет решать с достаточной точностью многие практические задачи. Задача анализа гидравлического сопротивления и регулирования отдельных конструктивных элементов теплоснабжения, а также систем тепло-

снабжения может быть решена с помощью комплекса вычислительной гидродинамики ANSYS Fluent.

В качестве объекта исследования был выбран стандартный элеваторный узел «40с10бк». В зависимости от расхода по воде существует несколько вариантов (номеров) элеваторов. **Внутренний диаметр входного сечения 50 мм, выходного 80 мм. Приблизительный расход 3 – 5 тонн воды в час.**

Для решения задачи были построены трехмерные геометрические модели области течения жидкости в масштабе 1:1 в пакете Solid Works. Расчетная сетка строилась в ANSYS Meshing. Расчеты производились в модуле ANSYS FLUENT. Задачи решались в стационарной постановке. На входах в расчетную область задаются скорости, температуры и расходы потоков. На остальных поверхностях расчетной области автоматически задается условие гидравлически гладкой изотермической стенки.

Турбулентность моделируется стандартной k-моделью с автоматическими функциями стенки. После выполнения расчетов производился анализ потерь напора в элеваторе, температуры воды на выходе, распределения скоростей и температур, эффективности смешения в расчетной области.

Результаты моделирования на базе программного комплекса ANSYS могут быть использованы для разработки лабораторных работ по курсам «ТГУ», «Моделирование и автоматизированное проектирование ТТУ и СГ».

*Вараксин А. В. студент, рук. Габитов Р.Н. инж.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ СЛОЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Твердые бытовые отходы можно отнести к кусковым материалам, которые при наличии внутренней влаги требуют повышенных затрат энергии на процесс сушки. Для выбора рационального режима работы реактора необходимо определить время сушки сырья, затраты энергии на процесс и коэффициент теплоотдачи.

Целью исследования является определение коэффициента теплоотдачи слоя бытовых отходов при сушке.

Нами были проведены экспериментальные исследования процесса конвективной сушки влажного слоя ТБО в трех температурных режимах при скоростях газового потока: 0,1, 0,5, 1, 1,5, 2 м/с.

На рис.1 приведена схема экспериментальной установки для исследования процессов тепломассообмена между слоем ТБО и сушильным агентом (воздухом).

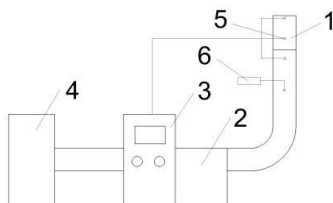


Рис. 1. Схема установки для исследования процессов сушки ТБО

Экспериментальная установка состоит из участка трубы (1) с металлической сеткой для удержания слоя ТБО (рабочая зона) и электрического калорифера (2) для нагрева сушильного агента. Движение воздуха осуществлялось вентилятором (4) расположенным перед калорифером. Скорость потока воздуха и его температура регулировались при помощи блока управления(3) с экраном для вывода информации. Температура и влажность воздуха фиксировалась с помощью датчиков RHP-2S11 (5) с выводом показаний на экран блока управления. Скорость потока воздуха измерялась анемометром Testo 416(6).

До начала опыта образцы твердых бытовых отходов среднего морфологического состава помещались в водяную ванну на 20 часов. С помощью центрифуги из образцов удалялась избыточная влага. Образец ТБО помещался в рабочую зону. Для определения влажности из образца ТБО извлекалась навеска. Ее взвешивали на лабораторных электронных весах (ВЛ Э134) 4-го класса точности, помещали в сушильный шкаф, нагретый до температуры 107°С и выдерживалась до достижения постоянной массы. В процессе эксперимента температура образца измерялась 5 термодарами ТХА, углубленными в слой ТБО на 1 мм. Преобразователь ОВЕН МВА8 передавал сигнал на ПК. в процессе эксперимента фиксировалась температура слоя и температура воздуха. Эксперимент продолжался до установления постоянной массы образца. На рис. 2 приведены экспериментальные кривые изменения коэффициента теплоотдачи слоя бытовых отходов при его сушке.

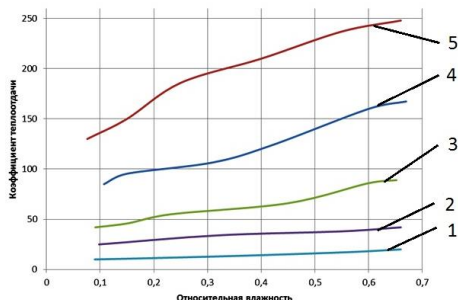


Рис. 2. Зависимости изменения коэффициента теплоотдачи от относительной влажности в процессе сушки при постоянной температуре 107°C в установке:

1 – скорость потока воздуха 0.1 м/с; 2 – скорость потока воздуха 0.5 м/с; 3 – скорость потока воздуха 1 м/с; 4 – скорость потока воздуха 1.5 м/с; 5 – скорость потока воздуха 2 м/с

Вывод: определены экспериментально коэффициенты теплоотдачи слоя бытовых отходов при сушке воздухом.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В СЛОЕ ТБО

К твердым бытовым отходам (ТБО) относят отходы, образующиеся у населения, в торговых предприятиях, учреждениях, муниципальных службах. ТБО представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава, включающую: бумагу, текстиль, пластмассы, пищевые и растительные компоненты, камни, кости, кожу, резину, дерево, черные и цветные металлы, стеклобой.

Твердые бытовые отходы подвергаются термической переработке в специальных печах шахтного типа - термических реакторах. При этом слой ТБО последовательно проходит процессы нагрева, сушки и пиролиза с последующей газификацией твердого углеродистого остатка. Образующийся в результате переработки горючий газ, используется в качестве топлива.

При моделировании теплообмена в реакторе слой ТБО можно рассматривать как условное пористое тело. Пористые тела с неявно выраженной структурой хорошо описываются с помощью фрактальной геометрии. В качестве фрактальной структуры использовался трехмерный аналог фрактала «ковёр Серпинского» - «губка Менгера».

Механизм создания «губки Менгера» состоит в следующем. Каждая грань куба, имеющая единичную длину, делится на 9 равных квадратов - так же, как и при построении квадратного «ковра Серпинского». В результате исходный куб разбивается на 27 одинаковых кубиков с длиной ребра, равной $1/3$. Затем, удаляя 7 кубиков (один центральный и 6 из центра каждой из граней), противоположные грани исходного куба соединяются сквозным центральным отверстием квадратной формы. В результате из 27 остается 20 маленьких кубиков. Такая итерационная процедура с вырезанием сквозных отверстий и последующего превращения каждого оставшегося кубика в 20 еще более мелких с размером в три раза меньше исходного продолжается до бесконечности. Каждая грань исходного куба выглядит при этом также, как квадратный «ковёр Серпинского». Фрактальная размерность губки Менгера равна $D = \ln 20 / \ln 3 = 2,7268$. Поскольку $2 < D < 3$, то это говорит о том, что губка имеет нулевой объем, но обладает бесконечной площадью поверхности своих пор.

В качестве инструмента CAE – моделирования использовался 3D – пакет ANSYS–FLUENT, в рамках которого задача решалась численно. Пористое тело разбивалось на элементарные объемы. Температурное поле твердого элемента определялось по уравнению Фурье с учетом внутренних источников теплоты, температурное поле газовых объемов – с учетом граничных условий радиационно-конвективного теплообмена внутри поры. Радиационная задача внутри пор решалась методом дискретных ординат, а конвективная с использованием $k - \varepsilon$ – модели турбулентности. Температурные поля слоя ТБО в процессе нагрева, полученные трехмерным моделированием, показаны на рисунке 1.

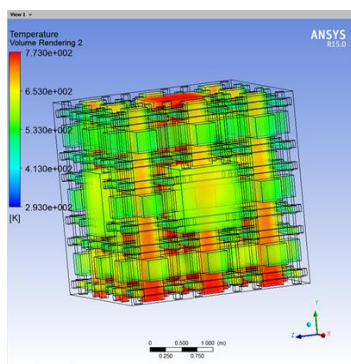


Рис. 1. Распределение температур в слое ТБО

Вывод:

1. Создана математическая модель пористого тела на основе фрактальной структуры – «губка Менгера».

2. Модель позволяет исследовать процессы теплообмена в слое ТБО.

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

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НА ОСНОВЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА БЛОК- МОДУЛЬНОГО ТИПА

В связи с прогнозируемой исчерпаемостью традиционных видов топлив, производство энергии из местных видов топлив приобретает всё большее значение. Особенно остро стоит задача получения энергии в труднодоступных регионах. В России имеются регионы без газификации, прокладка трубопроводов к ним затруднительна и дорога, поставка топлива транспортом удорожает стоимость энергии. Решением этой энергетической явилось бы создание технологии получения энергии из органического сырья с помощью автономных энергетических установок. Также имеется ещё один ресурс, который можно использовать в качестве сырья для получения энергии – отходы. Наличие в них органической составляющей, входящей до 70% по массе. Переработка отходов процессами пиролиза и газификации позволяет получить газообразное топливо. Таким образом, попутно решается и экологическая проблема. Проблема получения энергии на основе нетрадиционных источников энергии является актуальной и, в последнее время, приобретает жизненно важное значение. Особенно это имеет место в отдалённых районах, где отсутствуют традиционные источники энергии (газ, уголь), но имеются в большом количестве различные органосодержащие отходы (опилки, древесная кора, пластмасса, твёрдые бытовые отходы и т.п.). Перспективным представляется получение газообразного топлива и энергии в автономных энергетических системах, структурной составляющей которых является термический реактор по переработке органического сырья. Подавляющие большинство существующих термических реакторов перерабатывают предварительно подготовленные и сортированные отходы, которые доставляются к месту переработки транспортными средствами. В связи с этим

актуальным является разработка способа и установки для термической переработки органического сырья непосредственно на полигоне. Основой, на которой разрабатываются технологии и установки по синтезу газообразных топлив из твёрдого органического сырья, являются происходящие в них процессы теплообмена, газодинамики, пиролиза и газификации.

Блок-модульный термический реактор (1) предназначен для термического уничтожения органосодержащих отходов непосредственно на месте вынужденного складирования.

При этом одновременно производится газообразное топливо, которое можно использовать для энергообеспечения различных потребителей, в том числе и на собственные нужды. Отличительной особенностью такой технологии является то, что не сырьё поставляется в термический реактор, а сам реактор доставляется и устанавливается для работы на поверхности органической массы.

Блок-модульный термический реактор мобилен, то есть переставляется по поверхности отходов на другое место. Для удобства транспортировки и перестановки размеры терморектора небольшие – примерно 2х2 м в габаритах. Для большей эффективности терморекторы устанавливаются группами по 3 – 4 блок-модуля. При перестановке одного из блок-модулей, его отключают от газовых сетей и разжигают на новом месте, используя газ соседних работающих реакторов.

Термогаз и продукты горения, имеющие температуру, порядка 1000°С транспортировать на большие расстояния нецелесообразно. Поэтому эффективней их использовать на месте. Одной из схем преобразования химической энергии органических отходов, в том числе и бытовых (ТБО), в электрическую может служить схема (рис.1), в которой производимый газ сжигается и продукты горения направляются в котёл утилизатор. Пар из котла-утилизатора (КУ) поступает в турбину, которая соединена с электрогенератором. В этой схеме, для конденсации пара от турбины и охлаждения продуктов горения можно применить термоэлектрические генераторы (ТЭГ), разработка и внедрение которых в последнее время интенсифицируется. В основу принципа действия ТЭГ положен эффект Т. Зеебека, на основании которого соединённые с одной стороны два разных проводника и помещённые этой стороной в нагретую область с другой стороны выдают термо-ЭДС. То есть происходит прямое преобразование тепловой энергии в электрическую.

Данная технология позволит спроектировать автономный комплекс энергоустановок использующих органическое сырьё, в том числе и

отходы, для нужд населения, решая и энергетическую, и экологическую проблемы.

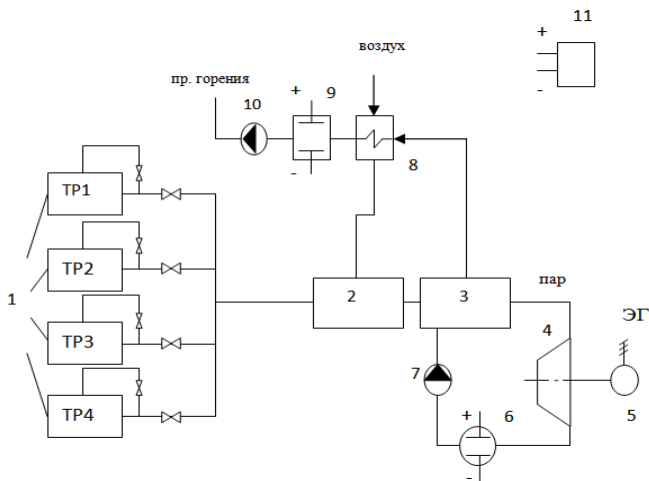


Рис. 1. Принципиальная схема автономного энергообеспечения на основе термического реактора блок-модульного типа:

1 – термический реактор блок-модульного типа; 2 – камера сгорания; 3 – котёл-утилизатор; 4 – паровая турбина; 5 – электрогенератор; 6 – конденсатор; 7 – питательный насос; 8 – воздухоподогреватель; 9 – охладитель продуктов горения; 10 – дымосос; 11 – инвертор

Библиографический список

1. Патент №2536896 «Переносная установка для термической переработки твёрдых бытовых отходов на полигоне».

*М.А. Акимова, Т.В. Гусева, студ.; рук. В.Ю. Пронин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ

Использование тепла низкотемпературных уходящих газов и парогазовых смесей в большинстве случаев экономически невыгодно. Однако, при наличии в продуктах горения значительного количества водяного пара использование скрытой теплоты конденсации значительно

увеличивает КПД установки. При этом важен оптимальный выбор аппаратов для утилизации теплоты.

Поверхностные конденсаторы и контактные теплообменники с активной насадкой могут обеспечить температуру нагреваемого теплоносителя лишь в окрестностях «точки росы». Как правило, эта температура не превышает $40 \div 50$ °С. Такой низкопотенциальный теплоноситель трудно где-либо применить. К тому же поверхностные теплообменники подвержены загрязнению и обладают достаточно высокой стоимостью. При работе ТТУ на природном газе, продукты сгорания которого не содержат твердых частиц и окислов серы, можно использовать более технологичные и дешевые контактные теплообменники.

Подогрев воды в таких теплообменниках может достигать температуры «мокрого термометра», т.е. $60 \div 65$ °С и выше, в зависимости от влагосодержания уходящих газов. Воду с таким температурным уровнем возможно использовать в локальных системах отопления.

Для использования тепла газовых теплоносителей контактным способом обычно применяются теплообменники с насадками, набираемыми из различных по форме элементов. Недостатком таких конструкций является то, что теплообмен происходит между пленкой жидкости, стекающей по поверхности насадки, и газами, двигающимися в зазоре между элементами насадки. При работе на загрязненных газовых теплоносителях, например, после сушилок текстильных производств, такие насадки также с течением времени забиваются и возрастает сопротивление теплообменника. Полые скрубберы с форсуночным распылением обеспечивают увеличение поверхности контакта фаз, но требуют значительных объемов вследствие укороченного времени пребывания жидкости в аппарате.

С целью определения оптимальных характеристик смесительного аппарата для использования тепла низкотемпературных уходящих газов составлена математическая модель, состоящая из нескольких модулей, включающих описание разных видов теплообмена. Рассматривается пленочный и капельный теплообмен, а также их комбинации в одно- и двухобъемных аппаратах, разделенных на полую и насадочную зоны. Также, как вариант повышения эффективности действия аппарата, рассматривается предварительное увлажнение продуктов горения для увеличения температуры мокрого термометра. Для увлажнения используется вода, подогретая непосредственно в самом аппарате.

В качестве критерия эффективности на данный момент выступает стоимость капитальных затрат на установку.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ В ТРАКТАХ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

С уходящими из теплотехнологических установок продуктами горения, даже если они и имеют оборудование по вторичному использованию тепловой энергии теряется больше половины. Обычно температура уходящих газов невысокая 150-250°С и использовать их тепловую энергию затруднительно. Энергия продуктов горения уходящих из теплотехнологических установок является низкопотенциальной, а эксэргия их минимальна. Это говорит о том, что трансформировать ее способами теплопередачи не имеет смысла. В последнее время в информационных источниках появляются разработки связанные с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую, на основе термоэлектрических генераторов(ТЭГ).

Термоэлектрические генераторы представляют собой полупроводниковые термопары и предназначены для прямого преобразования тепловой энергии в электроэнергию. Они используются в атомных энергетических установках (АЭУ), питающих объекты, которые монтируются в отдаленных районах Земли.

Достоинство ТЭГ: большой срок службы, высокая надежность, стабильность параметров, вибростойкость.

Недостатки ТЭГ: невысокие относительные энергетические показатели, удельная масса 10-15кг/кВт, поверхностная плотность мощности 10кВт/м²(на единицу поперечного сечения элемента), объёмная плотность мощности 200-400 кВт/м³ и сравнительно низкий КПД преобразования энергии (5-8%). ТЭГ монтируется в батареи кремнегерманиевых термоэлектрических элементов (ТЭЭ), которые по матричному принципу соединены в ветвях последовательно, а ветви могут иметь между собой параллельные соединения. Плоские или цилиндрические конструкции ТЭГ снабжаются устройствами для подвода тепла на горячих спаях и для его отвода на «холодных» спаях полупроводниковых термостолбиков.

Термоэлектрогенераторные представляют собой устройства прямого преобразования тепловой энергии в электрическую на основе применения эффекта Зеебека, заключающегося в появлении ЭДС в замкнутой цепи из двух разнородных материалов при условии, что на местах контактов поддерживаются разные температуры.

Этот эффект возникает вследствие зависимости энергии свободных электронов и так называемых дырок от температуры. В местах контактов различных материалов заряды переходят от проводника, где они имели более высокую энергию, в проводник с меньшей энергией зарядов. Если один контакт нагреет больше, чем другой, то разность энергией зарядов между двумя веществами больше на горячем контакте, чем на холодном, в результате чего в замкнутой цепи возникает ток.

В промышленности выпускаются термоэлектрогенераторы, работающие от низкопотенциального источника тепловой энергии с электрической мощностью от 2 до 200 Вт и габаритными размерами от 25*25мм до 600*600мм.

Установление в газоотводящих тракте тепло-технологических установках. Они могут существенно повысить их КПД и производить несколько киловатт электрической энергии для собственных нужд, при этом могут существенно понизить температуру уходящих продуктов горения.

*Е.А. Ивакина, студ.; Е.В. Сергашев, асп.;
рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, ИвИ ГПС МЧС РФ, г. Иваново)*

О МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПОЛУОГРАНИЧЕННЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Температурные поля в твердых телах оказывают значительное влияние на динамику опасных факторов пожара. Доля поглощенной теплоты ограждением и оборудованием может достигать 80 % от тепловыделений при горении пожарной нагрузки. При высоких скоростях нагрева тел при пожаре в них возникают термические напряжения, которые приводят к разрушению строительных конструкций и снижению их огнестойкости.

Расчет температурных полей в твердых телах представляет сложную сопряженную задачу, которая заключается в решении дифференциального уравнения теплопроводности в частных производных. Решение задачи теплопроводности усложняется неоднородностью граничных условий (температуры поверхностей ограничивающих помещение и оборудования неодинаковы) и зависимостью параметров теплообмена от температур поверхностей ограждений.

Глубина прогрева тел изменяется во времени, поэтому для небольшой критической продолжительности пожара эти тела считаются

полуограниченными.

При расчете динамики опасных факторов пожара для учета теплообмена с ограждениями используют различные упрощения, которые снижают точность оценки критической продолжительности пожара и огнестойкости строительных конструкций.

Для создания математической модели температурного поля можно использовать подход, предложенный в работах [1-4]. Достоинства метода описаны в [1, 4], среди них простота и наглядность, возможность учета тепловыделений, нелинейности граничных условий (радиационно-конвективного теплообмена), переменности и анизотропности теплофизических свойств, изменения размеров тел; а также возможность дальнейшего развития.

Суть метода состоит в следующем. Распределение температур по сечению тела в конце расчетного интервала времени Δt аппроксимируется функцией (параболической или показательной), параметры которой выражаются аналитически в зависимости от начальных и граничных условий температурного поля. Благодаря, заранее полученным приближенным аналитическим решениям для расчетного интервала времени Δt решение дифференциального уравнения теплопроводности с частными производными сводится к решению обыкновенных дифференциальных уравнений численными методами.

Для математического описания температурного поля ограждения в виде неограниченной пластины толщиной R , которая нагревается только со стороны пожара $x=R$, предлагается использовать аппроксимацию распределения температур в момент времени τ_i функцией [2]

$$T(X)=a_0 + a_1X^n, \quad 0 \leq X \leq 1,$$

где $X=x_t/R_t$, $0 \leq x_t \leq R_t$, x_t – текущее значение координаты, изменяющееся от $x_t=0$ при $x=R-R_t$ до $x_t=R_t$ при $x=R$; R_t – глубина поверхностного слоя, m , на которой температура остается практически неизменной и равной начальной T_n пока R_t не достигнет величины R ($R_t < R$).

Значение R_t для конца расчетного интервала предлагается определять по числу Фурье

$$Fo_t = a\tau/R_t^2,$$

где a – температуропроводность, m^2/c^2 , τ_t – текущее время, s , в общем случае $\tau_t = \tau_i$.

Величину Fo_t следует принимать примерно постоянным для всех расчетных моментов времени пока $R_t < R$,

Для определения коэффициентов a_0 , a_1 и показателя степени n можно использовать функцию $n = 0,9299Fo^{-0,4974}$, уравнение баланса теплоты на границе тела $X=1$ и уравнение баланса теплоты для прогретой части тела, записанного в конечных разностях.

Выполнено исследование погрешности расчета температурного поля предлагаемым методом.

Численно-аналитический метод расчета температурных полей полуограниченных тел за счет сокращения трудоемкости и времени расчета позволит оперативно моделировать динамику опасных факторов пожара.

Библиографический список

1. **Соколов А.К.**, Попов Г.В. Решение задач теплопроводности численно-аналитическим методом сложения температурных полей. Изв. АН Энергетика, № 4. 2002. С. 118-130.
2. **Соколов А.К.** Численно-аналитический метод расчета температурного поля неограниченной пластины при малых числах Фурье. Известия вузов "Черная металлургия", № 3, 2007, с. 23-28.
3. **Соколов А.К.** Численно-аналитический метод расчета температурных полей многослойных пластин в начальной стадии нагрева// Изв. АН Энергетика, № 1, 2009. С. 138-151.
4. **Соколов А.К.** Математическое моделирование нагрева металла в газовых печах: Научное издание. ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Иваново, 2011. 396 с. ISBN.

СЕКЦИЯ 11

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕХНОСФЕРЕ

*Председатель – д.т.н., проф. А.К. Соколов
Секретарь – ст. преп. Ю.М. Овсянников*

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

УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПЖБИ №5 ОАО «ИВАНОВСКАЯ ДОМОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ»

Ивановская домостроительная компания - это крупная инвестиционно-строительная компания, способная самостоятельно осуществлять весь цикл строительных работ.

Согласно картам аттестации рабочего места по условиям труда моторист бетоносмесительной установки и электросварщик ручной сварки имеют класс условий труда 3.2. Анализ данных карт аттестации позволяет сделать вывод о том, что представленные рабочие места имеют допустимый класс условий труда по напряженности труда. Следовательно, каких-либо мероприятий по обеспечению допустимых условий труда по данному фактору проводить не требуется.

По факторам световая среда, АПФД и шум класс вредности 3.1 был установлен на рабочем месте моториста бетоносмесительной установки. Поэтому необходимо разработать мероприятия по улучшению условий труда на данном рабочем месте.

Класс вредности 3.1 по химическому фактору, шуму и тяжести труда был установлен на рабочем месте электросварщика ручной сварки. Местный отсос в виде отсасывающей панели на рабочем месте имеется, однако не функционирует по причине отказа вентилятора. Поэтому главной задачей является выбор вентилятора, который будет обеспечивать требуемый расход воздуха для очистки. Рабочее место электрогазосварщика нестационарное. Предлагается переносное воздуховытяжное устройство «Гном-80», предназначенное для удаления вредных веществ из труднодоступных зон. Оно состоит из вентилятора, гибкого шланга и воздухоприемной воронки, которую можно за-

креплять в непосредственной близости от источника выделения вредных веществ.

Оценка травмоопасности рассматриваемых рабочих мест показала, что производственное оборудование не соответствует требованиям [1]. Ленточные конвейеры для транспортировки материалов выделяют вредные вещества (пыль, газы и т.п.), они не оборудованы укрытиями, присоединенными к вытяжной вентиляционной системе.

Все мероприятия по улучшению условий труда на рабочих местах моториста бетоносмесительной установки и электросварщика ручной сварки, а также расчеты и рассуждения приведены в основной работе.

Библиографический список

1. ПОТ Р М-029-2003 «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта (конвейерный, трубопроводный и другие транспортные средства непрерывного действия)» - Введ. 2003-06-30

2. **Руководство** по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Введ. 2005-07-29.

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

РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УРОВНЯ ЗВУКА ЗА 8-ЧАСОВОЙ РАБОЧИЙ ДЕНЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАБОЧЕЙ ОПЕРАЦИИ ПРОФЕССИИ «СВАРЩИК»

С 01.12.2014 при проведении Специальной оценки рабочих мест и оценке шума действует ГОСТ Р ИСО 9612-2013 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах», который устанавливает метод измерения шума, воздействующего на работника на его рабочем месте, и расчета основной нормируемой характеристики шумового воздействия - эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день [1].

Данный стандарт устанавливает три стратегии измерения шума на рабочем месте:

- 1) на основе рабочей операции;
- 2) на основе трудовой функции;
- 3) на основе рабочего дня.

Для работников или групп равного шумового воздействия, для которых проводят измерения, номинальный день может быть разбит на отдельные рабочие операции и перерывы между ними.

Рассмотрим оценку шума на рабочем месте сварщика механической мастерской с использованием стратегии измерения на основе рабочей операции. Согласно информации, полученной от мастера участка, выполняемые сварщиком функции можно разделить на три рабочие операции: подготовительные работы, сварка, резка и зачистка.

По собранным в ходе анализа рабочей обстановки сведениям определен номинальный день, как показано в таблице 1.

Таблица 1 - Номинальный день сварщика

Рабочая операция	Продолжительность, ч
Подготовительные работы	2
Резка и зачистка	1,5
Сварка	4,5

Поскольку число операций, выполняемых сварщиком, ограничено, и каждая из них хорошо определена, рассматриваемая ситуация наилучшим образом подходит для выбора стратегии измерения на основе рабочей операции. Все формулы, расчеты и выкладки приведены в основной работе.

В результате измерений были получены следующие значения.

Для подготовительных работ:

$$L_{pAeqT11}=74,3 \text{ дБ}; L_{pAeqT12}=76,1 \text{ дБ}; L_{pAeqT13}=75,5 \text{ дБ}$$

Для зачистки (резки):

$$L_{pAeqT21}=94,5 \text{ дБ}; L_{pAeqT22}=96,2 \text{ дБ}; L_{pAeqT23}=95,7 \text{ дБ}.$$

Для сварки:

$$L_{pAeqT31}=82,3 \text{ дБ}; L_{pAeqT32}=83,5 \text{ дБ}; L_{pAeqT33}=81,9 \text{ дБ}$$

Для каждой рабочей операции были рассчитаны эквивалентные уровни звука.

Так, для операции сварки расчет дал значение 82,6 дБ. Аналогично для операции резки и зачистки было получено 95,5 дБ. Для периода подготовительных работ 75,3 дБ.

Был рассчитан вклад каждой операции в эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день, что дало следующие результаты.

Для подготовительных работ: 68,9 дБ;

Для зачистки (резки): 87,7 дБ;

Для сварки: 79,5 дБ.

Был рассчитан эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день, он составил 88,4 дБ.

Стандартная неопределенность эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день, обусловленная только неопределенностью измерения шума составила 1,15 дБ.

Полученный эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день на рабочем месте сварщика механической мастерской равен 88,4 дБ со стандартной неопределенностью, равной 1,15 дБ без учета неопределенности измерения продолжительности выполнения рабочих операций.

Библиографический список

1. Р ИСО 9612-2013 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах». – URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=186297> (дата обр. 02.03.2015).

2. Приложение №1 к приказу Минтруда России №33н от 24 января 2014 г «Методика проведения специальной оценки труда». – URL: <http://www.davers.ru/assets/files/33n.pdf> (дата обр. 02.03.2015).

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

ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Водородное хозяйство тепловой электростанции (ТЭС) предназначается для производства водорода и его применения для охлаждения турбогенераторов.

Источником водорода на ТЭС являются установки электролиза воды. В состав электролизной установки входят электролизёры, устройства для приготовления и охлаждения электролита, баки и насосы, устройства для промывки и регулирования давления, осушки газов, ресиверы для хранения запаса выработанных газов, преобразовательные агрегаты для питания электролизёров выпрямленным током, приборы контроля. Газовая сеть водородного охлаждения турбогенераторов заполняется водородом от ресиверов и включает в себя газовые коллекторы, арматуру, трубопроводы, приборы контроля и сигнализации, ресиверы для инертного газа.

Эксплуатация водородного хозяйства ТЭС производится с участием следующих работников электрического цеха: начальника цеха, начальников смен, аппаратчиков электролиза, электромонтеров

по обслуживанию электрооборудования, слесарей по ремонту электрооборудования.

Решение задачи научного исследования проблемы техногенной безопасности при эксплуатации водородного хозяйства начинается с системно-логического описания сооружений и устройств, которые становятся источниками техногенных воздействий.

Одно из технетических устройств водородного хозяйства, создающих и способных создавать техногенные воздействия, – ресивер, предназначенный для хранения водорода и выдачи его в газовую сеть.

Представление ресивера посредством системы позволяет обозначить элементарные технетические компоненты, определить их функции и указать разновидности вещества и энергии, которые обуславливают содержание техногенных воздействий.

Наименование выявляемых техногенных воздействий, которые создаются и могут быть созданы ресивером с водородом, учитывает следующие обстоятельства их совершения: свойства разновидностей вещества и энергии, название техногенных происшествий, пути поступления вещества и энергии в организм работника.

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

ПРИМЕНЕНИЕ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Для более полного понимания особенностей безопасности технологических процессов, производственного оборудования, а также аварийных ситуаций и ЧС, в дополнении к текстовым описаниям, рекомендуется применять материалы наглядного характера. Одним из видов таких материалов являются модели оборудования, производственных объектов, участков местности, построенные в трехмерном пространстве, т.е. 3D моделирование.

3D моделирование в области охраны труда и промышленной безопасности может применяться:

- при расследовании несчастных случаев;
- при оценке и управлении профессиональными рисками;
- при обучении рабочего персонала поведению в аварийных ситуациях;

- при координации действий аварийно - спасательных формирований и населения в ЧС.

При расследовании несчастных случаев, на основании данных о нем (место несчастного случая, показания очевидцев, инструкции по охране труда и т.д.) возможно создание 3D анимации или мультипликационного ролика, которые позволят визуально выявить нарушения правил по охране труда. Данные анимация или мультипликационный ролик могут быть прикреплены к материалам по несчастному случаю и использоваться в ходе судебных разбирательств.

При оценке и управлении профессиональными рисками, с помощью построения трехмерных моделей оборудования, с которым работает персонал, наглядным образом можно выявить узлы, которые могут являться опасными производственными факторами. Также на примере трехмерной модели производственного оборудования возможна разработка и моделирование защитных устройств.

На примере трехмерной модели рабочего места возможна разработка его перепланировки или реконструкции, с учетом эргономических показателей.

Применение 3D моделирования при обучении рабочего персонала поведению в аварийных ситуациях может быть реализовано:

- в виде анимации;
- мультипликационного ролика;
- в виде компьютерной игры от первого или третьего лица.

При координации действий аварийно - спасательных формирований и населения в ЧС, 3Dмоделирование может применяться:

- при выборе и указании путей эвакуации в безопасные районы, с учетом особенностей географического положения, рельефа местности и местных предметов (населенные пункты, дороги и т.д.) в виде трехмерных макетов, анимаций, мультипликационных роликов;

- при моделировании возможных ЧС и определении их возможных масштабов при аварии опасных промышленных объектов, катастрофы, стихийного или иного бедствия, опасного природного явления в виде трехмерных макетов, анимаций;

- при планировании и проведении мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации ЧС в виде трехмерных макетов, анимаций;

- при обучении населения и рабочего персонала гражданской обороне при помощи учебных материалов в виде трехмерных макетов, анимаций, мультипликационных роликов, компьютерных игр.

Таким образом, применение 3D моделирования способствует повышению эффективности при решении задач в области охраны труда и промышленной безопасности.

*И.С. Тюленев, А.В. Харламов, студ.; рук. Г.В. Попов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАСЧЕТ ШУМА В СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

В отечественной электроэнергетике широкое распространение получили силовые трансформаторы. Как известно, одной из проблем при эксплуатации этих объектов, является высокий уровень шума. Основной шум трансформаторов вызывается вибрацией активной части.

Еще одним источником шума трансформатора являются его обмотки, проводники которых вибрируют под действием сил взаимного притяжения при протекании в них переменного тока в режиме нагрузки. Шум, обусловленный обмоткой, зависит от тока нагрузки.

Целью данного исследования является разработка математической модели для расчета уровня звука трансформаторов средней мощности на этапе проектирования. В качестве объекта исследования взят трансформатор ТМ-630/10.

В нашем исследовании на данном этапе учитываются следующие источники шума трансформатора (узлы и их количество):

- 1) стержни – 3;
- 2) верхние и нижние ядро - 4;
- 3) косые стыки магнитной системы – 6.

Расчет уровня звука, при нескольких источниках акустического воздействия проведен по формуле:

$$L_A = 10 * \lg \left(\sum_{j=1}^J \frac{10^{0.1 * L_{p,j}} * x_j * \Phi_j}{\Omega_j * r_j^2} \right),$$

где J - количество источников звуковой энергии;

$L_{p,j}$ - уровень звуковой мощности j-го источника;

x_j - коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля j-го источника;

Φ_j - показатель направленности излучения звуковой энергии j-го источника;

Ω_j - пространственный угол излучения звуковой энергии j-го источника, рад;

r_j - расстояние от акустического центра j -го источника звуковой энергии до расчетной точки.

Уровень звука, например, трансформатора ТМ - 630/10 в расчетной точке составит:

$$L_A = 10 \log \left[3 \cdot \left(\frac{10^{0.1L_{p1}} \cdot x_j \cdot \Phi_j}{\Omega_j \cdot r^2} \right) + 4 \cdot \left(\frac{10^{0.1L_{p2}} \cdot x_j \cdot \Phi_j}{\Omega_j \cdot r^2} \right) + 6 \cdot \left(\frac{10^{0.1L_{p3}} \cdot x_j \cdot \Phi_j}{\Omega_j \cdot r^2} \right) \right]$$

$$= 10 \log \left[3 \cdot \left(\frac{10^{0.1 \cdot 48.3} \cdot 2.2 \cdot 1}{2\pi \cdot 1.5^2} \right) + 4 \cdot \left(\frac{10^{0.1 \cdot 38.748} \cdot 2.2 \cdot 1}{2\pi \cdot 1.5^2} \right) + 6 \cdot \left(\frac{10^{0.1 \cdot 21.035} \cdot 2.2 \cdot 1}{2\pi \cdot 1.5^2} \right) \right] = 45.605 \text{ дБА.}$$

Таким образом, в результате начального этапа исследования была выполнена приблизительная оценка шума трансформатора с естественным охлаждением в предположении, что его основным источником являются магнитострикционные колебания магнитной системы; вибрация проводников в обмотке под действием сил взаимного притяжения и резонанс магнитной системы на данном этапе не учитывались. Можно предположить, что резонанс может увеличить уровень шума трансформатора примерно на 5 дБ.

На втором этапе нашего исследования была поставлена задача: произвести уточненный расчет уровня шума трансформатора на основе программного комплекса ANSYS.

ANSYS - универсальная программная система конечно-элементного анализа, которая является довольно популярной у специалистов в сфере решения стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики и др. Моделирование и анализ на базе комплекса ANSYS позволяет избежать дорогостоящих и длительных циклов разработки типа «проектирование — изготовление — испытания».

Данный программный комплекс состоит из ряда пакетов, среди которых для расчета шума трансформатора были использованы два: Maxwell и Mechanical. С помощью пакета Maxwell была построена геометрическая модель трансформатора.

Построенная геометрическая модель разбивается на части с учетом основных узлов трансформатора. На этой модели формируется конечно-элементная сетка.

В процессе электромагнитного расчета сетка конечных элементов автоматически перестраивается на каждой итерации для уменьшения

погрешности. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока величина погрешности не станет меньше заданной.

Следующий этап исследований – передача результатов, полученных при электромагнитном расчете в пакет Mechanical, который и должен рассчитать уровень шума, создаваемый трансформатором.

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

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Основная задача организации системы оценки профессиональных рисков – это формирование единого процесса управления производственной безопасностью, включающего процедуры идентификации (выявление, распознавание) опасных и вредных производственных факторов, оценки рисков, включая их анализ и управление ими.

Важное значение при разработке рассматриваемой системы имеет выбор возможных для применения на практике методов оценки и анализа рисков, поскольку в настоящее время существуют разные подходы и используются различные показатели риска.

В частности, в соответствии с [1,3] результаты оценки профессионального риска подразделяют на категорию 1А (доказанный профессиональный риск), категорию 1Б (предполагаемый профессиональный риск) и категорию 2 (подозреваемый профессиональный риск) на основе результатов гигиенической оценки условий труда и расчета значения показателя *индекса профессиональной заболеваемости* $I_{пз}$, определяемого по формуле:

$$I_{пз} = \frac{1}{K_p \cdot K_T},$$

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

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).

В [2] предлагается оценивать ущерб от всех детерминированных и скрытых форм повреждения здоровья работников единым индексом вреда, измеряемым в *сутках сокращения продолжительности полноценной жизни за год* (СПЖ_{пр}). Данный подход базируется на установленном и доказанном факте, что любое профессиональное заболевание и вредный фактор производственной среды, имеющий превышение гигиенических нормативов, приводит к потере качества жизни и может быть причиной преждевременной смерти.

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* $R_{\text{пз}}$ и *скрытого риска повреждения здоровья* $R_{\text{скр}}$, обусловленного работой во вредных и тяжелых условиях труда. В общем виде профессиональный риск описывается следующей зависимостью [2]:

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

При наличии сформированной структуры системы оценки профессионального риска и применения указанной выше зависимости для его интегральной оценки, появляется возможность дифференцированной количественной оценки его составляющих.

Рассматриваются также подходы к оценке риска на основе расчета *обобщенного показателя уровня профессионального риска* и уровня безопасности рабочей среды на основе логистической зависимости уровня риска от интенсивности воздействия вредных и опасных факторов [4] и на основе расчета *критического безопасного стажа работы* [2].

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.

2. **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.

3. **Бойко С.В.**, Каравайков В.М. Проблемы оценки профессионального риска на практике // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 12. – С. 3-6.

4. **Минько, В.М.** Об оценке и оптимальном управлении снижением профессиональных рисков / В.М. Минько // Приложение к журналу “Безопасность жизнедеятельности”. – № 3. – 2010.

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

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КУРСА БЖД В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

В основе курса БЖД лежат знания из нескольких смежных отраслей, таких как физика, физиология и юриспруденция [1].

Физика объясняет суть протекающих в технических системах процессах, физиология учитывает воздействие внешних воздействий на человеческий организм непосредственно, юриспруденция отвечает за нормативную базу, регламентирующую взаимоотношения в сфере безопасности.

Очевидно, что знания в области права отличаются от знаний в области физики и физиологии гораздо большей изменчивостью в силу постоянного изменения нормативной базы. Например, в 2014 аттестация рабочих мест, претерпев ряд изменений, переименована в специальную оценку труда и т.д.

Переход на двухуровневую систему подготовки кадров с введением квалификации бакалавра на первой ступени образования и магистра на второй также внесли коррективы в требования к преподаванию предмета БЖД в вузах. Так при подготовке бакалавров акценты значительно сместились в практическую область, что выразилось в значительном увеличении семинарских занятий, самостоятельной подготовки к лабораторным работам, изучению теоретического материала.

Всё выше перечисленное указывает на необходимость оперативно реагирования на изменения в области БЖД при проведении аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

К сожалению, данные изменения не всегда возможно учесть в используемой литературе, т.к. последняя не поддается какой-либо корректировке.

Следовательно, важной является работа по созданию единой точки доступа к актуальной на текущий момент информации по преподавае-

тому курсу БЖД, в которую будут внедряться новые материалы, построенные под программу бакалавров [2, 3].

В качестве эксперимента, на личном сайте автора поддерживается раздел по курсу БЖД [<http://jurik-phys.net/lifesafety/>], который читается студентам ТЭФ'а ИГЭУ.

Данный раздел в настоящее время находится в стадии наполнения, поэтому обратная связь, в виде возможности комментировать материал, временно отключена. Но, тем не менее, уже сейчас ресурс содержит следующие материалы:

- электронные версии методических указаний к лабораторным работам;
- примеры типовых задач по курсу БЖД, с кратким теоретическим материалом;
- конспекты лекций;
- экзаменационные билеты и т.д.

Таким образом, наличие подобного ресурса позволяет студентам централизованно черпать необходимую для успешного усвоения курса информацию, глубже прорабатывать материал при самостоятельной работе.

Также коммуникационные возможности сети Интернет позволяют, в случае необходимости, дистанционно связаться с лектором, например, посредством электронной почты.

Первичный анализ посещаемости ресурса показал, наличие всплесков активности при приближении «текущих» и «промежуточных» контролей в учебном процессе. Другими словами, предложенный в качестве дополнительного источника информации электронный ресурс был реально востребован у студентов.

Отказ от использования сторонних интернет сервисов в пользу собственного сайта обусловлен желанием лично владеть и управлять предоставляемыми материалами, вне зависимости от воли владельцев сторонних сервисов.

Библиографический список

1. **Русак О.Н.**, Малаян К.Р., Занько И.Г. Безопасность жизнедеятельности. 13-е изд., испр. М.: 2010. 672 с
2. **Ершеева Р. М.** Обзор методов интеграции информационных ресурсов высших учебных заведений // Молодой ученый. 2011. №12. Т.1. С. 75-78.
3. **Батурич И.С.**, Шалаева С.В. Использование информационных технологий для централизованного доступа к данным всеми подразделениями университета. – URL: www.mstu.edu.ru/science/conferences/11ntk/materials/section4/section4_7.html (дата обл. 15.02.2015)

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

ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНЫХ РАБОТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДО 35 кВ

Кабельные линии все чаще используются при новом строительстве и реконструкции старых линий электропередачи, заменяя воздушные линии. Связано это с рядом положительных особенностей, а именно: отсутствие необходимости выделения больших земельных участков под установку опор или высвобождение данных земель при переходе от воздушных линий к кабельным; возможность прокладки в труднодоступных местах (по дну, в болотистых местах); отсутствие ряда эксплуатационных недостатков воздушных линий, таких как схлестованний, налипания снега и льда.

Кабельные линии непосредственно после их сооружения и в процессе эксплуатации подвергаются разнообразным испытаниям, с помощью которых выявляются ослабленные места или дефекты в изоляции и защитных оболочках кабелей, соединительной и концевой арматуры и других элементах кабельных линий. Проведенными исследованиями выявлено большое многообразие видов возможных повреждений кабельных линий, что привело к разработке различных диагностических методов и созданию соответствующих диагностических устройств.

Полный перечень диагностических методов испытаний кабельных линий в зависимости от их напряжения и назначения регламентируется руководящим документом «Объем и нормы испытаний электрооборудования».

В процессе эксплуатации кабельных линий наиболее часто выходят из строя соединительные муфты и концевые заделки кабелей. Целью проведенного исследования была разработка организации безопасных работ при эксплуатации и ремонте кабельных линий, включая организацию допуска до работ по ремонту и обеспечение безопасности на месте работы. При этом акцент был сделан на кабельные линии до 35кВ, которые получили наиболее широкое применение в распределительных сетях энергосистем, в городах и на промышленных предприятиях.

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

ОЦЕНКА РИСКА ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

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

К числу моделей, позволяющих оценивать риск для здоровья, можно отнести, в частности следующие: модель "Доза (концентрация)–эффект", модель индивидуальных порогов действия, модели, основанные на теории попадания (hit theory), модели, использующие определенные виды распределений (например, распределение Пуассона, распределение Вейбулла) [1].

Одной из сложных проблем оценки воздействия факторов окружающей среды является присутствие в ней большого числа разнообразных по структуре химических соединений. Так, на человека, проживающего в промышленном районе города, потенциально может воздействовать до нескольких сотен тысяч химических веществ.

Задачей проводимого исследования является расчет рисков здоровью жителей города при ингаляционном пути поступления загрязняющих веществ в организм человека. Именно ингаляционное воздействие можно считать наиболее значимым при оценке, поскольку дыхание является непрерывным процессом. Человек за сутки вдыхает около 15 кг воздуха и примерно одну столовую ложку пыли, содержащей токсины, канцерогены, аллергены, значительная часть которых не выводится, постепенно накапливается, подтачивая иммунитет и разрушая наше здоровье.

Перечень веществ, загрязняющих атмосферный воздух крупных городов, весьма обширен: оксиды азота, взвешенные вещества, бенз(а)пирен, диоксид серы, бензол и др. Однако в воздухе городов в относительно высоких концентрациях присутствует ограниченное количество вредных веществ. Поэтому оценка воздействия в этом случае основывается на том количестве загрязняющих веществ, которые в наибольшей степени определяют существующие риски.

Практика определения потенциальных эффектов неблагоприятного воздействия, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, предполагает расчет риска следующих типов:

– риска немедленных эффектов, проявляющегося непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний

ний и пр., а при значительных концентрациях – острые отравления);
– риска длительного (хронического) воздействия, проявляющегося при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т.д.;
– риска специфического действия, проявляющегося в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунных, эмбриотоксических и других подобных эффектов.

Реальный риск представляет собой величину, характеризующую реальное число дополнительных случаев заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды. В этом случае целесообразно использовать следующее соотношение:

$$Z = a + b \cdot R,$$

где R – потенциальный риск; a – фоновый уровень заболеваемости, то есть тот, который не зависит от загрязнения окружающей среды; b – коэффициент пропорции роста заболеваемости в зависимости от уровня потенциального риска.

Расчет рисков для здоровья населения города проводится в два этапа. На первом этапе рассчитываются *индивидуальные риски здоровья*. На втором этапе – *популяционные риски*. Популяционные риски рассчитываются как произведение индивидуальных рисков на среднегодовое число жителей города.

Индивидуальный риск здоровью при ингаляционном воздействии загрязняющих веществ определяется следующим образом [2]:

$$R = 1 - e^{\left(-0,174 \left(\frac{C_{с.г}}{ПДК_{с.с}} \right)^b \cdot \frac{1}{K_3} \right)},$$

где $C_{с.г}$ – среднегодовая концентрация, мкг/м^3 , K_3 – коэффициент запаса; $ПДК_{с.с}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация, мкг/м^3 . Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного действия при неопределенно долгом (годы) вдыхании взвешенных веществ.

Библиографический список

1. Карлин Л.Н., Музалевский А.А. Рискологические исследования в РГГМУ // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С. 5-19.
2. Фрумин Г.Т. Оценка риска для здоровья населения Санкт-Петербурга при ингаляционном воздействии взвешенных веществ и бенз(а)пирена // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 2. – С. 38-41.

*С.И. Романишин, студ.; рук. Попов Г.В. д.т.н., профессор
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПТИМИЗАЦИЯ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА КАЛИНИНСКОЙ АЭС

В современном обществе атомная энергетика является перспективным, одним из наиболее чистых и доступных источников энергии. Той энергии, которая в малой степени загрязняет окружающую среду. По признанию ведущих мировых экономистов и профессиональных энергетиков, в настоящее время атомная энергетика переживает второе рождение, называемое «атомным ренессансом». К людям постепенно возвращается понимание необходимости использования атомной энергии. Естественно, при безусловной надежности и безопасности в работе [1].

Целью работы является: применение методологии ALARA для снижения индивидуальных и коллективных доз облучения с учетом социальных и экономических факторов.

Задачами работы являются следующие.

- Анализ радиационной обстановки КАЭС.
- Выбор основной области применения методологии ALARA.
- Практическое применение принципа оптимизации дозовых нагрузок «с учетом экономических факторов» при расчетах радиационной защиты.

В 1997 году при организационной поддержке МАГАТЭ был выпущен документ «Управление работами в атомной энергетике» [2], содержащий основные положения принципа оптимизации как философии, направленной на снижение радиационного облучения персонала АЭС. Впоследствии был выпущен ещё один важный документ в области применения ALARA - «Практическая реализация методологии ALARA на АЭС» [3], которая явилась следующим шагом по внедрению принципа оптимизации в практику.

На Калининской АЭС на основе этих двух документов была разработана «Программа оптимизации доз облучения (Программа ALARA)» 00.--.ПМ.0045.55, которая детализировала основные подходы к применению принципа оптимизации с учетом особенностей Калининской АЭС. На основе «Программы...» на Калининской АЭС создан и действует комплекс организационно-технических мероприятий по внедрению методов оптимизации дозовых нагрузок.

В первой части проводится анализ и даётся оценка эффективности мероприятий, выполняемых на Калининской АЭС, в основном за счет

выполнения организационных мероприятий и не требующих достаточных финансовых средств на их выполнение. Выполнение этих мероприятий, прежде всего, обусловлено требованиями второй части концепции ALARA – оптимизация доз облучения с учётом социальных факторов.

Во второй части проводится практический расчёт применения принципа оптимизации в практике радиационной защиты с учетом экономических факторов.

Библиографический список

1. **Александров.** Экология и атомная энергетика. Научно-технический сборник. 2009г. НИТИ.
2. **Управление** работами в атомной энергетике. Документ МАГАТЭ. Вена, 1998.
3. **Практическая** реализация методологии ALARA на АЭС. Методическое пособие. Москва, 1999.

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

ТЕХНОГЕННАЯ ОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИВАНОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ДПС

Железнодорожная дезинфекционно-промывочная станция (ДПС) является стационарным пунктом обработки контейнеров и вагонов. Они промываются и обрабатываются в зависимости от характеристик перевозимого груза и их ветеринарно-санитарной оценки по одной из трёх категорий.

ДПС имеет в своём составе: здание санитарно-бытового корпуса, санпропускник, котельную, мазутное хозяйство, дезинфекторскую (хлораторную), эстакады для промывки и обработки; очистные сооружения, канализационную насосную станцию и др.

Эксплуатация ДПС производится с участием работников следующих должностей и профессий: начальник ДПС, бригадиры, мойщики-уборщики подвижного состава, мастер котельной, операторы котельной, слесари по ремонту котельного оборудования, слесарь по контрольно-измерительным приборам и автоматике, аппаратчики химводоочистки, уборщики производственных помещений.

Решение задачи научного исследования проблемы техногенной безопасности и охраны труда при эксплуатации ДПС начинается с системно-логического обнаружения процессов, событий и

происшествий, приводящих к возникновению техногенных воздействий.

Обнаруженные техногенные воздействия выражаются количественными показателями, значения которых устанавливаются посредством измерений и расчётов. Сравнение их с предельно допустимыми значениями позволяет выявлять техногенные опасности.

Способы снижения уровней выявленных техногенных опасностей и уменьшения вероятности их возникновения дают возможность конкретизировать мероприятия, повышающие безопасность и улучшающие условия труда на ДПС.

*Ю.М. Овсянников, ст. преп.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА МЕТОДОМ «РАССУЖДЕНИЙ ПО ПРЕЦЕДЕНТАМ»

Метод рассуждений по прецедентам (Case-Base Reasoning) – метод поиска решения задачи, в котором решение текущей задачи вырабатывается исходя из известного решения аналогичной задачи в прошлом [1].

Задачи, решаемые данным методом, характеризуются следующими свойствами:

- регулярность, подобные задачи должны иметь подобные решения;
- повторяемость, рассматриваемые задачи не должны быть уникальными, требуется наличие прецедентов на предыдущем временном этапе.

Применительно к вопросу технического состояния силового маслонаполненного трансформатора (СМТ), данным критериям удовлетворяет процедура хроматографического анализа растворённых в масле газов (ХАРГ) т.е., определения концентрации характерных диагностических газов.

Данная процедура определения концентрации характерных газов массово проводится с конца 70-х годов прошлого столетия, для каждого объекта данная процедура проводится не менее 2-х раз в год [2]. Соответственно, спустя более 40 лет сбора данных в экспертных системах накоплено значительное количество данных. Вопрос в том, о каких прецедентах в данном случае можно вести речь.

Под прецедентом будем понимать изменение с течением времени близкого с точки зрения выбранной метрики (1) вектора концентрации характерных газов $\mathbf{X} = (x_1, \dots, x_p)$, где $p = 7$ - количество диагностируемых газов; x_j - концентрация j -ого газа.

$$d_{ij} = \sqrt{(1 - \phi_{ij})/2}, \text{ где} \quad (1)$$

$$\phi_{ij} = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j) / \left[\sum_{k=1}^p (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \sum_{k=1}^p (x_{jk} - \bar{x}_j)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

Применение метрики (1), с одной стороны, основано на гипотезе, что физические процессы единой природы в различных СМТ будут протекать схожим образом, вызывая схожие изменения концентрации газов в масле, и приводить к подобным дефектам.

Развитие принципов данной гипотезы можно обнаружить в работах по разработке вариофикационных моделей развития дефектов в изоляции СМТ [3].

С другой стороны, в работе [4] можно обнаружить, как проводят сравнение технического состояния исследуемого объекта с «эталоном» на основе метрики, основанной на коэффициенте корреляции Пирсона (2).

Таким образом, представляется целесообразным использовать «метод рассуждений по прецедентам» к вопросу прогнозирования изменения концентраций газов в масле СМТ и тем самым, прогнозировать техническое состояние трансформатора. При этом выделение прецедентов предлагается совершать на основе метрики (1) с использованием коэффициента корреляции Пирсона (2).

Библиографический список

1. **Lenz, M.**; Burkhard, H.-D.; Bartsch-Spörl, B. & Stefan, W. (Eds.) Case-Based Reasoning Technology: From Foundations to Applications. Springer, 1998, P 351.
2. Объём и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45-51.300-97. 6-е изд., с изм. (по состоянию на 01.10.2006 г.) ЭНАС, 2013, С. 256
3. **Попов Г.В.**, Чернов К.В., Асташов А.С., Овсянников Ю.М. О разработке вариофикационных моделей для представления развития дефектов в силовых маслонаполненных трансформаторах // Вестник ИГЭУ. 2013. № 1. С. 25 - 48
4. **Шутенко О. В.**, Баглай, Д. Н., Острикова Т. А., Мельник Н. Ю., Анализ причин газовыделения в силовых трансформаторах на основе исследования корреляционных связей между растворёнными в масле газами. // Светотехника и электроэнергетика. 2012. №3. С. 72 – 81

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

ТЕХНОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Мазутное хозяйство электростанции предназначается для приема, хранения и подготовки мазута к сжиганию, бесперебойного снабжения подогретым и профильтрованным топочным мазутом в необходимом количестве и с необходимым давлением и вязкостью.

Мазутное хозяйство тепловой электростанции (ТЭС) имеет в своём составе следующие сооружения и устройства: приемно-сливное устройство; мазутохранилище с резервуарами; мазутонасосную; паропроводы и мазутопроводы от мазутоподогревателей до мазутных форсунок котельных агрегатов.

Эксплуатация мазутного хозяйства ТЭС производится с участием следующих работников топливно-транспортного цеха: начальника цеха, начальников смен, сливщиков-разливщиков мазута, весовщиков-приемщиков топлива, слесарей по ремонту, машинистов насосных установок и др.

Решение задачи научного исследования проблемы техногенной безопасности при эксплуатации мазутного хозяйства начинается с системнологического описания сооружений и устройств, которые становятся источниками техногенных воздействий.

Одно из технетических сооружений мазутного хозяйства, создающих и способных создавать техногенные воздействия, – стальной вертикальный цилиндрический резервуар для хранения мазута.

Представление резервуара посредством системы позволяет обозначить элементарные технетические компоненты, определить их функции и указать разновидности вещества и энергии, которые обуславливают содержание техногенных воздействий.

Наименование выявляемых техногенных воздействий, которые создаются и могут быть созданы резервуаром с мазутом, учитывает следующие обстоятельства их совершения: свойства разновидностей вещества и энергии, пути их поступления в организм работника, название техногенных происшествий.

*Ю.В. Кумачева, студ.; рук. В.П. Строев, к.т.н., доцент
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ЧЕЛОВЕКА. ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ РАБОТЕ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Опасность поражения людей электрическим током на производстве и в быту появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования и бытовых приборов. По сравнению с другими видами производственного травматизма электротравматизм составляет небольшой процент, однако по числу травм с тяжелым и особенно летальным исходом занимает одно из первых мест. На производстве из-за несоблюдения правил электробезопасности происходит 75 % электропоражений.

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое, биологическое, световое воздействие. Согласно ГОСТ 12.1.019 “ССБТ. Электробезопасность. Общие требования” степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от силы тока, напряжения, рода тока, частоты электрического тока и пути прохождения через тело человека, продолжительности воздействия и условий внешней среды. По степени воздействия на человека различают три пороговых значения тока: осязаемый, неотпускающий и фибрилляционный.

Основной причиной электротравматизма является прикосновение к токоведущим частям электроустановок (80...90 % случаев). Множество электротравм получены при работах без снятия напряжения.

Другие причины – ошибочная подача напряжения и неправильное отключение электроустановок; прикосновение к нетокковедущим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением; замыкания на корпус электроустановок вследствие ухудшения состояния изоляции (10...20 % случаев).

Большинство электротравм происходит в электроустановках напряжением свыше 1000 В с электротехническим персоналом, имеющим малый стаж работы — до 5 лет (первичная беспечность), и с опытными работниками, стаж которых составляет более 15 лет (вторичная беспечность, обусловленная игнорированием требований безопасности).

Организационными мероприятиями являются: оформление работ нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ в порядке текущей эксплуатации; допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе, перевода на другое рабочее место, окончания работы. Следует большее внимание уделять вопросам обучения работников и руководителей требованиям электробезопасности, приемам оказания первой доврачебной помощи и контролю полученных знаний.

Технические мероприятия включают в себя: отключение электроустановки; принятие мер, препятствующих подаче напряжения; вывешивание запрещающих плакатов на приводах ручного и ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов, предписывающих и предупреждающих плакатов, плаката «Заземлено»; проверка отсутствия напряжения; установка заземления; ограждение рабочих мест и оставшихся под напряжением токоведущих частей.

Таким образом, необходимо соблюдать все вышеперечисленные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках. Не пренебрегать требованиями правил безопасности. Для более эффективного предупреждения электротравматизма, необходимо осознанное отношение к вопросам электробезопасности на основе понимания всех аспектов поражения электрическим током. Оценка риска поражения электротоком на основе анализа электротравматизма в различных отраслях будет способствовать разработке конкретных мероприятий по электробезопасности для различных категорий производственного персонала и населения.

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

АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Общество становится все более зависимым от техносферы, разрушение которой приводит как к деградации окружающей природной среды, так и к ухудшению материального, физического и социального благополучия людей. В последнее время всё чаще наблюдается рост количества техногенных аварий и катастроф.

Для предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера, а так же для обеспечения нормальной жизнедеятельности людей и защиты от опасно-

стей сформирована нормативно-правовая база, которая активно разрабатывалась в последнее десятилетие, с учетом требований мировых стандартов.

Правовое обеспечение в области защиты населения и территории от ЧС – это совокупность нормативно-правовых актов федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Российской Федерации (РФ). Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности является Конституция – основной закон государства.

Законодательной основой защиты населения и территорий от ЧС являются: Конституция РФ, федеральные конституционные законы, федеральные законы, указы президента РФ, постановления Правительства РФ, ведомственные нормативно-правовые акты и внутриорганизационные нормативно-правовые акты. Одними из основных законодательных актов в области обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях являются:

1. Закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (№68-ФЗ от 21.12.1994 г.). Закон определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории РФ, всего земельного, водного, воздушного пространств в пределах РФ или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

2. Закон РФ «О гражданской обороне» (№28-ФЗ от 12.02.1998 г.). Федеральный закон определяет задачи в области гражданской обороны и правовые основы их осуществления, полномочия органов государственной власти РФ, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления, организаций независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также силы и средства гражданской обороны.

3. Постановление Правительства РФ «О создании единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» №1113 от 5.11.1995 г.

Органами законодательной и исполнительной власти принят также ряд важных правовых актов в области обеспечения безопасности жизнедеятельности. В Российской Федерации действует система нормативных подзаконных актов, включающая в себя [1]:

– государственные стандарты (ГОСТ);

- межотраслевые правила по охране труда (ПОТ Р М), межотраслевые типовые инструкции по охране труда (ТИ Р М);
- отраслевые правила по охране труда (ПОТ Р О), типовые инструкции по охране труда (ТИ Р О);
- правила безопасности (ПБ), правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), инструкции по безопасности (ИБ);
- государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: гигиенические нормативы (ГН), санитарные нормы (СН), санитарные правила (СП), санитарные правила и нормы (СанПиН);
- строительные нормы и правила (СНиП), своды правил по проектированию и строительству (СП).

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что существующая в России нормативно-правовая база по техногенной безопасности охватывает практически весь спектр вопросов по обеспечению безопасности персонала объектов и населения. Для обеспечения безопасности, в первую очередь, необходимо соблюдать требования нормативно-правовых документов.

Библиографический список

1. База нормативных документов. – URL: http://www.transform.ru/Npa_html/main.htm (дата обр. 16.03.2013).

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

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Большую часть жизни большинство людей проводят в помещениях – квартире, офисе, школе, детском саду, и т. п. Следовательно, время воздействия вредных факторов воздушной среды помещений больше времени воздействия вредных факторов наружного воздуха. Поэтому для здоровья человека более важно качество воздушной среды помещений, которое зависит от многих факторов.

Оценка и обеспечение экологической безопасности воздушной среды помещений представляет сложную проблему, решение которой определяет множество факторов. Значения концентраций вредных и опасных веществ определяются двумя основными процессами:

- поступлением опасных веществ в воздушную среду помещений и
- удалением их из помещений с помощью вентиляции.

Рассмотрим эти процессы.

В результате специальных исследований, проведенных в США, было установлено, что концентрация загрязняющих веществ в помещениях была в десятки, и даже сотни раз выше, чем снаружи в атмосферном воздухе. В ходе этой работы было выявлено около 1500 химически соединений, содержание которых в помещении было выше наружных концентраций [1]. Другие исследования показали, что в воздухе помещений содержится более 1800 видов бактерий и микробов, которые в основном обитают на твердых и в жидких частицах.

Источниками загрязнений являются строительные материалы, которые характеризуются повышенным радиационным фоном и средства домашнего обихода.

В табл. приведены источники некоторых загрязнений воздуха.

Основным способом удаления загрязнений из жилых помещений является вентиляция, как правило, естественная.

Таблица - Некоторые источники загрязняющих веществ [2]

Источники загрязнения	Основные загрязнители воздух
Амиловый спирт	Старые книги
Ацетальдегид	Полимерные материалы, мебель, ковровые покрытия, виниловые обои, краски
Бензальдегид	Строительные материалы, парфюмерия
Толуол	Полимерные материалы, мебель, ковры
Фенол	Фенолформальдегидная смола, являющаяся связующим в ДСП, строительный утеплитель, полимерные материалы, мебель, ковры
Формальдегид	Мебель (ДСП), мочевиноформальдегидные смолы, строительный утеплитель, пенопластиковые теплоизоляторы, фанеры синтетические ткани, полимерные материалы, ковровые покрытия, клеи
Хлор	Поливинилхлорид (пластиковые рамы для окон), линолеум (хлористые соединения выделяются при его старении), горение газовых плит
Этилбензол	Теплоизоляция из пенополистирола
Истирание материалов	Пыль

Естественная вентиляция осуществляется через вентиляционные каналы и через окна. Побудительной силой, вызывающей приток и вытяжку воздуха, является разность давлений внутри и снаружи помещения.

Величина разности давлений зависит от перепада температур воздуха в помещении и наружного воздуха, направления и силы ветра, которые непостоянны. Кроме того, в некоторых зданиях старой постройки естественная вентиляция через вентиляционные каналы осо-

бенно верхних этажей не эффективна, поэтому воздухообмен может осуществляться только проветриванием через окна.

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

Воздушная среда жилых помещений в значительной степени определяет здоровье человека, так как она воздействует на него большую часть жизни.

Процессы загрязнения воздуха помещений и его очистки путем вентиляции практически не контролируются и не регулируются. Поэтому целесообразны исследования по разработке рекомендаций для улучшения эффективности вентиляции, которые позволят повысить экологическую безопасность воздушной среды жилых помещений.

Библиографический список

1. **Необходимость** ионизации воздуха. – URL: <http://alyansk.m.odessa.ua/articles/need-ionization/> (дата обр. 19.02.2015).

2. **Великова Т.Д.** Определение количества вредных примесей в воздухе. – URL: www.nlr.ru/fdcc/publ/examination/pdf/09.pdf (дата обр. 19.02.2015).

О.В. Богданович, студ., Ю.С. Некрасова, инж.;
рук. А.К. Соколов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)

ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОТРАБОТАННЫХ БАТАРЕЕК И АККУМУЛЯТОРОВ

Батарейка – обиходное название источника электричества для автономного питания разнообразных устройств. Может представлять собой одиночный гальванический элемент, аккумулятор или их соединение в виде батареи для увеличения напряжения. Элементы питания выпускают разных размеров (от пальчиковых батареек до автомобильных аккумуляторов) и разных типов (солевые, щелочные, ртутные, никелево-кадмиевые, литиевые и др.). Они могут быть одноразовыми (гальванические элементы) и перезаряжаемыми (аккумуляторы). Когда батарейки или аккумуляторы исчерпывают свой ресурс, их выбрасывают, заменяя новыми. Подсчитано, что одна пальчиковая батарейка, беспечно выброшенная на землю или в мусорное ведро, а затем на свалку, может загрязнить тяжёлыми металлами около 400 литров воды или 20 квадратных метров земли, а в лесной зоне это территория оби-

тания двух деревьев, двух кротов, одного ёжика и нескольких тысяч дождевых червей!

Батарейки – очень опасный твердый отход в обиходе "мусор". В них содержится множество различных металлов – ртуть, никель, кадмий, свинец, литий, марганец и цинк, которые имеют свойство накапливаться в живых организмах, в том числе и в организме человека, и наносить существенный вред здоровью.

Свинец. Накапливается в основном в почках. Вызывает также заболевания мозга, нервные расстройства.

Кадмий. Накапливается в печени, почках, костях и щитовидной железе. Является канцерогеном, то есть провоцирует рак.

Ртуть относится к 1-му классу опасности — «чрезвычайно опасное вещества. Независимо от путей поступления в организм ртуть накапливается в почках. Она влияет на мозг, нервную систему, почки и печень; вызывает нервные расстройства, ухудшение зрения, слуха, нарушения двигательного аппарата, заболевания дыхательной системы. Наиболее уязвимы к действию ртути – дети.

Батарейки разлагаются под действием кислорода, конечным продуктом разложения являются соли цинка и марганца и др. На земле и в спокойной воде батарейки разлагаются около 10 лет. Тяжелые металлы и их соли попадают в почву и грунтовые воды. Из грунтовых вод они могут попасть в реки, озера или в артезианские воды, используемые для питьевого водоснабжения.

При неорганизованном сжигании батареек на свалках или на специальном мусоросжигательном заводе в атмосферу выбрасываются диоксины. Предельно допустимая концентрация диоксина $5 \cdot 10^{-10}$ мг/м³ и $2 \cdot 10^{-8}$ мг/л. (Диоксины опаснее бенз(а)пирена в 50000 раз.) Ядовитые диоксины вызывают отравления, замедленное развитие и ослабление здоровья детей, онкологические и репродукционные заболевания.

Диоксины проникают в организм человека не только с дымом. С дождевой водой они попадают в почву, воду и растения. Дальше по цепям питания – в организмы животных и человека.

Для снижения экологической опасности использованных батареек их не следует выбрасывать с обычными бытовыми отходами. Для напоминания об этом на корпусах батареек ставится специальный знак и предупреждающая надпись.

Обращаем внимание, что в некоторых магазинах г. Иванова уже установлены специальные контейнеры для сбора старых и использованных батареек, из которых они будут отправляться на безопасную переработку и утилизацию!

Для более широкого привлечения населения к решению этой экологической проблемы необходимо более активно повышать уровень экологической сознательности населения, в первую очередь за счет повышения экологической грамотности [1].

Библиографический список

1. Соколов А.К. Основы экологии: Учеб. пособие. Иваново: ИГЭУ, 2013. 210 с.

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

СПОСОБЫ И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОАО «ГАЗПРОМТРУБИНВЕСТ»

ОАО «Газпромтрубинвест» является дочерним предприятием ОАО «Газпром», специализирующимся на выпуске труб для газовой и нефтедобывающей промышленности.

Одним из основных опасных производственных факторов на участках являются открытые узлы производственного оборудования, расположенные непосредственно вблизи проходов, а также места, где возможен переход от одного рабочего места к другому, через производственные линии.

Снижение производственного травматизма на производственных участках ОАО «Газпромтрубинвест» возможно:

- при установлении извещателей, контролирующих работу производственного оборудования (остановка, оповещающий звуковой, световой или комбинированный сигнал) при появлении работника в потенциально опасной зоне;
- при проведении модернизации и реконструкции защитных ограждений;
- при включении во вводный, первичные, повторные, целевые инструктажи по охране труда графических, анимационных и видео материалов, разработанных на основе моделирования возможных несчастных случаев в процессе производства труб.

При появлении работника в потенциально опасной зоне, контроль производственного оборудования можно осуществлять при помощи следующих видов извещателей [2]:

- принцип работы, которых основан на создании многолучевого инфракрасного барьера, который позволяет создать зону обнаружения в виде занавеса;

- принцип работы, которых основан на создании в пространстве, между передатчиком и приемником, электромагнитного поля, которое формирует объемную зону обнаружения в виде вытянутого эллипсоида вращения;

- принцип работы, которых основан на методе линейно – частотной модуляции электромагнитного поля и обработке принимаемого сигнала на основе эффекта Доплера.

Выбор и установка извещателей осуществляется с учетом особенностей рабочего места (длина и высота зоны обнаружения, температура и влажность воздуха рабочей зоны и т.д.).

Модернизация и реконструкция защитных ограждений заключается в исключении возможного несанкционированного доступа к открытым узлам производственного оборудования или перехода от одного рабочего места к другому через производственные линии.

Данные требования могут быть достигнуты:

- за счет добавления к защитным ограждениям металлической сетки;
- за счет увеличения высоты защитных ограждений.

Доступ к производственному оборудованию, при проведении пуско-наладочных работ и планово-предупредительных ремонтов может осуществляться через проходы, оснащенные откидными, раздвижными или съемными ограждения с устройствами блокировки. Наиболее опасные узлы оборудования могут быть оснащены защитными съемными кожухами.

При модернизации или реконструкции защитных ограждений необходимо соблюдать их соответствие ГОСТ 12.2.062-81* «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные» [1].

Разработка обучающих анимационных, графических и видео материалов, используемых при проведении вводного, первичных, повторных и целевых инструктажей по охране труда, может быть реализована при применении возможных сценариев несчастных случаев. Воспроизведение данных сценариев возможно за счет 3D моделирования несчастных случаев.

Библиографический список

1. **ГОСТ 12.2.062-81*** «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные». – URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/17/17580/index.php (дата обр. 18.02.2015).
2. **Сайт** компании «ООО "Охранная техника"». – URL: <http://forteza.ru/> (дата обр. 18.02.2015).

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

ТЕХНОГЕННАЯ ОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАСЛЯНОГО И МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА ИВАНОВСКОЙ ТЭЦ-2

Масляное хозяйство ТЭЦ-2 имеет в своём составе: узел приема масла в транспортные емкости и его выдачи; склад хранения масел; маслоаппаратную; систему маслопроводов; стационарное и передвижное маслоочистительное оборудование для обработки масел; помещения для хранения запасных частей, сорбентов и расходных материалов; транспортные ёмкости для доставки масел к оборудованию. В составе мазутного хозяйства находятся: приемно-сливное устройство; мазутохранилище с резервуарами; мазутонасосная; паропроводы и мазутопроводы от мазутоподогревателей до котельных агрегатов.

Эксплуатация масляного и мазутного хозяйства ТЭЦ производится с участием следующих работников: начальника цеха топливоподачи, начальников турбинного и электрического цехов, начальников смен, машинистов паровых турбин, электромонтеров по обслуживанию электрооборудования, сливщиков-разливщиков мазута, весовщиков-приемщиков топлива, слесарей по ремонту, машинистов насосных установок и др.

Решение задачи научного исследования проблемы техногенной безопасности и охраны труда при эксплуатации масляного и мазутного хозяйства ТЭЦ начинается с системно-логического обнаружения процессов, событий и происшествий, приводящих к возникновению техногенных воздействий.

Обнаруженные техногенные воздействия выражаются количественными показателями, значения которых устанавливаются посредством измерений и расчётов. Сравнение их с предельно допустимыми значениями позволяет выявлять техногенные опасности.

Способы снижения уровней выявленных техногенных опасностей и уменьшения вероятности их возникновения дают возможность конкретизировать мероприятия, повышающие безопасность и улучшающие условия труда работников масляного и мазутного хозяйства ТЭЦ.

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

ТЕХНОГЕННАЯ ОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС ЛАДОЖСКОГО КАСКАДА

Каскад Ладожских гидроэлектростанция (ГЭС) объединяет Верхне-Сиверскую, Нижне-Сиверскую и Волховскую ГЭС и входит в состав территориальной генерирующей компании ОАО «ТГК-1».

Каждая ГЭС имеет в своём составе гидротехнические сооружения и электромеханическое оборудование.

Эксплуатация ГЭС производится с участием следующих работников: обходчиков гидросооружений, машинистов гидроагрегатов, электромонтеров по обслуживанию гидроагрегатов машинного зала, слесарей по ремонту гидротурбинного оборудования и др.

Решение задачи научного исследования проблемы техногенной безопасности и охраны труда при эксплуатации оборудования ГЭС начинается с системнологического обнаружения процессов, событий и происшествий, приводящих к возникновению техногенных воздействий.

Обнаруженные техногенные воздействия выражаются количественными показателями, значения которых устанавливаются посредством измерений и расчётов. Сравнение их с предельно допустимыми значениями позволяет выявлять техногенные опасности.

Способы снижения уровней выявленных техногенных опасностей и уменьшения вероятности их возникновения дают возможность конкретизировать мероприятия, повышающие безопасность и улучшающие условия труда на ГЭС.

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

ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Обеспечение безопасности производственной среды для работников предприятия в значительной степени зависит от скоординированности деятельности должностных лиц и структурных подразделений, в чьи функции входит решение задач охраны труда. Поэтому форми-

рование системы управления охраной труда (СУОТ) представляется одним из направлений повышения эффективности контроля производственной безопасности. Управление охраной труда на предприятии осуществляется инженером по охране труда, генеральным директором, руководителями структурных подразделений, начальниками отделов (служб), для которых назначены соответствующие функции в СУОТ. Объектом управления СУОТ является деятельность функциональных служб и структурных подразделений предприятия по обеспечению безопасных и здоровых условий труда на рабочих местах, производственных участках, в цехах и предприятии в целом. Можно выделить следующие задачи управления, решаемыми с помощью СУОТ: обучение работников безопасности труда, пропаганда вопросов охраны труда; обеспечение безопасности производственного оборудования, производственных процессов, зданий и сооружений; нормализация санитарно-гигиенических условий труда; обеспечение работающих средствами индивидуальной защиты; обеспечение оптимальных режимов труда и отдыха; организация лечебно-профилактического обслуживания работающих.

Таким образом, перечисленные выше службы и подразделения, должностные лица в совокупности выполняют функции планирования работ, контроля, анализа состояния охраны труда, а также материально-финансового обеспечения работ по охране труда, и требуется введение показателей оценки эффективности обеспечения безопасных условий труда в рамках создаваемой СУОТ для предприятия.

При оценке экономической эффективности трудоохранных мероприятий исходят из того, что экономия средств обусловлена:

- снижением потерь, связанных с авариями, пожарами, утратой трудоспособности вследствие травматизма и заболеваний;
- снижением потерь за счет уменьшения текучести кадров по причине улучшения условий труда;
- снижением издержек, связанных с обеспечением льгот и компенсаций для работающих во вредных условиях труда.

Потери, связанные с травматизмом или заболеваниями, учитывают следующие показатели [1]:

$$P = C_1 + C_2 + \dots + C_{10},$$

где C_1 – стоимость расследования несчастных случаев; C_2 – стоимость оказания первой доврачебной медицинской помощи; C_3 – стоимость амбулаторного и клинического лечения; C_4 – сумма выплат по больничному листу; C_5 – сумма выплат к среднему заработку при переводе на нижеоплачиваемую работу; C_6 – выплата при получении инвалид-

ности или смертельном исходе; C_7 – выплаты по уходу за инвалидами; C_8 – затраты на переквалификацию пострадавших и на обучение новых рабочих; C_9 – убытки в виде валовой продукции, недополученной вследствие снижения производительности труда; C_{10} – убытки в виде валовой продукции, недополученной из-за невыходов на работу.

Для укрупненных расчетов материальных последствий только от травматизма используется следующая зависимость:

$$P = 1,5 \cdot Z_n \cdot D,$$

где 1,5 – коэффициент, учитывающий другие материальные потери, кроме выплат по больничным листам; Z_n – средняя заработная плата пострадавших; D – суммарное число дней нетрудоспособности.

Ожидаемый прирост производительности труда от улучшения биологически значимых условий определяют по формуле:

$$П = K_p \cdot (I_{p1} / I_{p2} - 1) \cdot 100,$$

где K_p – коэффициент, учитывающий влияние роста работоспособности на производительность труда (в среднем составляет 1,2); I_{p1} и I_{p2} – интегральные показатели работоспособности соответственно до и после улучшения условий труда;

$$I_{pi} = 100 - \frac{(I_T - 15,6)}{0,64},$$

где I_T – интегральный показатель тяжести условий труда.

Библиографический список

1. Орлов А.И. Менеджмент в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений /А. И. Орлов, В. Н. Федосеев. — М.: Издательский центр «Академия», 2003.

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

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Комплексный подход к обеспечению техногенной безопасности на предприятии предполагает решение проблем производственной, экологической безопасности и безопасности в ЧС, что достигается выполнением функций контроля, управления, планирования и проведения защитных мероприятий в области охраны труда, пожаро- и взрывобезопасности, защиты окружающей среды.

Практическая реализация указанных выше функций создает необходимость в оценке опасности производственного процесса и используемых технологий на всех стадиях, разработке методик, позволяющих провести идентификацию и анализ опасностей, организации системы эффективной защиты человека и окружающей среды от вредных и опасных производственных факторов, а также в контроле выполнения требований производственной безопасности.

Для обеспечения необходимого уровня управления производственной безопасностью и обоснованного принятия управленческих решений по обеспечению техногенной безопасности, ограничению риска и оптимизации условий труда работников предлагается внедрение компьютерных методов обработки и представления информации о травматизме в многолетней динамике, а также использование показателей для оценки профессионального риска и алгоритмов для разработки мер по его снижению.

Рассматривается применение методики оценки профессионального риска для категорий работников предприятия, на которых воздействуют вредные и опасные факторы в соответствии с «Руководством по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (Р.2.2.176–03).

Результатом анализа профессионального риска является количественная оценка степени риска ущерба для здоровья работников от действия вредных и опасных факторов производственной среды и трудовой нагрузки по вероятности нарушений здоровья с учетом их тяжести.

На основании установления класса условий труда и категории доказанности риска определяют профилактические мероприятия, которые требуются для рассматриваемой категории работников: организационно-технические мероприятия, применение средств индивидуальной защиты, лечебно-профилактических мероприятий, периодические медосмотры, корректировка режимов труда и отдыха, установление сокращенного рабочего дня и дополнительного отпуска.

Для анализа обеспечения экологической безопасности предприятия предлагается использование программного обеспечения для внедрения в практику процедур анализа показателей безопасности. Рассмотрена возможность применения программных средств, реализующих методики определения класса предприятия по степени воздействия на загрязнение воздушного бассейна, индекса загрязнения атмосферы и воды, экологической оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха, показателей качества воды после очистных установок и анализа

качества воды в водном объекте. Оценка экологических рисков и ущербов от загрязнения в динамике позволит планировать приоритетные направления деятельности для снижения воздействия предприятия на здоровье населения и состояние экосистем.

В качестве действенной меры обеспечения техногенной безопасности является проведение профилактических и ремонтных работ по обеспечению исправности и надежности эксплуатируемого оборудования. В частности, очистные сооружения, применяемые для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, должны регулярно осматриваться на наличие повреждений, при выходе из строя ремонтироваться или заменяться новыми.

Рассмотрены вопросы обеспечения требований пожаро- и взрывобезопасности на предприятии и организации обучения работников правильным действиям при возникновении пожара. Все работники должны знать расположение запасных выходов, пути эвакуации, расположение огнетушителей на этаже, правила поведения при пожаре.

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ

Для обучения и тестирования знаний обучающихся могут применяться различные программы, которые имеются в свободном доступе. Выбор наиболее эффективных программ представляет довольно сложную проблему, поскольку при их анализе требуется учитывать многие факторы. Решение задачи выбора наиболее оптимального варианта можно упростить с помощью метода экспертных оценок, который позволит оценить программы по нескольким критериям.

Нами проведен анализ пяти наиболее популярных программных средств для обучения и тестирования: MentalControl, ABSSoftTest, MyTestXPr, Quick Exam System, TestSystem. Ниже дано краткое описание возможностей программ.

1. MentalControl

Программа предназначена для использования в образовательных учреждениях для проверки знаний учащихся. Проверка знаний в программе осуществляется в форме тестирования, где каждому вопросу может соответствовать один или несколько вариантов ответа, причём правильных может быть несколько. Всего вопросов может быть до

256. В программе также можно создавать и редактировать тесты. Требуется установка.

2. ABSSoftTest

Программа предназначена для создания и проведения тестов. Тесты можно создавать в обычном блокноте или использовать специально созданную программу. Вопросов может быть до 7000.

При окончании тестирования программа запишет результаты ответа, имя, количество правильных/неправильных ответов. Это поможет проверяющему оценить знания испытуемого. По завершении теста программа выдаст статистику об ответах. Не требует установки на компьютер.

3. MyTestXPro

Это система программ для создания и проведения компьютерного тестирования знаний, сбора и анализа результатов. Программа состоит из трех модулей: Модуль тестирования (MyTestStudent), Редактор тестов (MyTestEditor) и Журнал тестирования (MyTestServer).

Программа MyTest работает с 7 типами заданий: одиночный выбор, множественный выбор, установление порядка следования, установление соответствия, ручной ввод числа, ручной ввод текста, выбор места на изображении (последнее нами не опробовалось).

При правильном отборе контрольного материала содержание теста может быть использовано не только для контроля, но и для обучения. При включении обучающего режима учащийся получает информацию об своих ошибках и верных ответах. Требуется установка.

4. Quick Exam System

Универсальный комплекс программ для быстрого создания, проведения различных тестов. Мощные средства вывода как результатов, так и сводных расчетов по ним, в популярный текстовый редактор MSWord, позволят быстро подготовить отчет, с возможностью редактирования его в MSWord. Требуется установка.

5. TestSystem

Программа для проведения тестов. Возможности: поддержка до 200-х вопросов, поддержка до 4-х вариантов ответа, возможность составления (редактирования) тестов, оценка по 20-ти балльной системе.

Программа требует установки.

В табл. приведены результаты сравнения программ (W – коэффициент значимости, O – оценка показателя по пятибалльной шкале).

По данным табл. (по значениям критериев оптимальности, вычисленных по суммам произведений OxW) можно сделать вывод, что MyTestXPro является удобной и оптимальной программой для работы

в области тестирования и обучения, поскольку критерий оптимальности для нее имеет наибольшее значение (29,5).

Таблица 1 - Сравнение используемых программ

Показатель	W	Номера программных средств									
		1		2		3		4		5	
		O	OW	O	OW	O	OW	O	OW	O	OW
Удобство пользования	0,7	2	1,4	3	2,1	5	3,5	3	2,1	2	1,4
Необходимость установки	0,7	2	1,4	5	3,5	5	3,5	2	1,4	2	1,4
Простота установки	0,5	2	4	5	2,5	5	2,5	2	1	2	1
Режим обучения	1	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
Сетевое тестирование	1	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0
Варианты представления вопросов	1	3	3	4	4	5	5	3	3	2	2
Статистика об ответах	1	1	1	4	4	5	5	4	4	2	2
Критерий оптимальности		10,8		10,8		29,5		11,5		7,8	

Программу MyTestXPro рекомендуется принять для организации тестирования знаний по учебным курсам кафедры БЖД.

*А.Н. Крупина, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, д. с-х н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И СРЕДА ОБИТАНИЯ

В мире ежегодно сжигается примерно 4,5 млрд. т топлива, все это сопровождается массивным загрязнением природной среды. При сжигании топливно-энергетических ресурсов в атмосферу выбрасываются огромное количество угарного газа, который в атмосфере превращается в углекислый газ, а также других не менее вредных для человека и природной среды газов, образующихся при сгорании. При добыче угля в огромном количестве из шахт в атмосферу попадает метан, который является тоже парниковым газом. Если все эти выбросы останутся на прежнем уровне, то к 2050 г концентрация CO₂ и метана в атмосфере вырастет практически в два раза. В результате антропогенной деятельности за последние 50-60 лет содержание метана в атмосферном воздухе повысилось примерно на 100 %. Известно, что 86 % энергии получается при сжигании органики – угля, нефти, газа, торфа, сланцев. При этом в течение года «вылетает в трубу» от 9·10⁷ до 6,8·10⁹ т серы. В пересчете на серную кислоту это примерно около

$2,5 \cdot 10^{10}$ и $2,8 \cdot 10^8$ т. С середины 19 века потребление энергии на земном шаре возросло в 20 раз, а за счет ископаемого топлива – в 100. В структуре производства электрической энергии в Российской Федерации приходится на энергоблоки: ТЭС – 30,9 %; ТЭЦ – 28,6 %; ГТУ и ПГУ – 8,7 %; ГЭС – 18,6 %; АЭС – 11,2 % [1].

Энергетика является одной из наиболее важных отраслей промышленного производства, в целом определяющая прогресс общества. Вместе с тем является самым серьезным загрязнителем природной среды не только при сжигании, но при добыче и использовании ископаемых энергоресурсов, прежде всего, нефти, угля и природного газа, обеспечивающих более 90 % мировой потребности энергии. При сжигании теплоэнергетических ресурсов выбрасывается в атмосферу 50 % вредных веществ от их общего количества, 47 % парниковых газов, постоянно циркулирующих в глобальной атмосфере, сбрасываются 27 % загрязненных сточных вод, складываются 30 % твердых отходов, отнесенных к загрязнителям, [2].

По суммарным выбросам вредных веществ в атмосферу теплоэнергетика занимает первое место среди всех отраслей народного хозяйства. Доля предприятий энергетической отрасли в выбросах загрязняющих веществ от стационарных источников по территориям субъектов Российской Федерации соответствует: 60-70 % - в Рязанской, Смоленской и Ростовской областях; 50-60 % - Ивановской, Тверской, Тульской, Амурской областях и Хабаровском крае; 40-50 % - в Республике Бурятия, Алтайском крае, Костромской, Новосибирской, Омской, Иркутской областях, в Санкт-Петербурге; 30-40 % - в Республике Татарстан, Ленинградской, Псковской, Кировской, Нижегородской, Пензенской, Ульяновской, Челябинской, Камчатской и Магаданской областях. Теплоэнергетика считается также крупнейшим потребителем пресной воды, примерно около 20-21 млрд. м³ в год.

В результате выброса теплой воды в водоем, может увеличиться температура в нем и тем самым нарушится его естественный гидравлический режим, в связи с этим могут интенсифицироваться процессы «цветения» воды, уменьшится способность газов растворяться в воде, изменятся ее физические свойства, ускорятся все химические и биохимические процессы, протекающие в водоеме явления. В зоне подогрева снижается прозрачность воды, увеличивается рН, скорость разложения легко окисляющих веществ, скорость фотосинтеза в такой воде значительно падает. В России только около 50 % тепловых электрических станций соблюдают нормы предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в водоемы [3].

По данным Росстата Российской Федерации, удельный вес теплоэнергетических станций (ТЭС) и теплоэнерго централей (ТЭЦ) в электробалансе страны составляет 80 %. Они потребляют до 25% добываемого твердого топлива и сбрасывают в среду обитания человека более 15 млн. т золы, шлаков и газообразных веществ. На долю ТЭС приходится около 70 % выбросов оксидов азота в атмосферу.

При работе ТЭС и ТЭЦ РФ, сжигающих каменный уголь, ежегодно образуется более 100 млн. т золошлаковых отходов, из них вторично используется лишь 10-12 %. На золоотвалах действующих тепловых электрических станций и централей скопилось примерно около 2 млрд. т золы. Такие объемы складированных золошлаковых отходов около ТЭС и ТЭЦ само по себе уже составляют большую экологическую проблему и опасность. Они могут стать источниками интенсивного пыления, при неправильном хранении, в результате чего загрязняются почвы и основные водозаборы [4].

Библиографический список

1. **Балансы** электроэнергии и мощности - Отчет о функционировании ЕЭС России в 2013 г.– URL: <http://forca.ru/stati/energetika/> (дата обр. 12.02.2015).
2. **Луц Д.В.** Теплоэнергетика и окружающая среда. – URL: http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00099259_0.html (дата обр. 12.02.2015).
3. **Воздействие** объектов теплоэнергетики на окружающую среду. – URL: <http://kursgm.ru/enerprob/energetika34.htm> (дата обр. 12.02.2015).
4. **Роль** воздействия предприятий теплоэнергетики на загрязнение атмосферы города Хабаровска. – URL: http://knowledge.allbest.ru/ecology/3c0b65635b2bd68a4d43b88421216c26_0.html (дата обр. 12.02.2015).

*А.С. Волков, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, д. с-х н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КУРЕНИЕ ТАБАКА И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Курение на первый взгляд как будто безобидное занятие, которое можно бросить в любое время без всяких на то усилий. Но это не так, курение – настоящая наркомания, и тем более опасная, многие не воспринимают его в серьез. Выделяемый при курении никотин - яд растительного происхождения. Для человека смертельная доза никотина составляет 2-3 капли. Такая доза поступает в кровь после выкуривания 20-25 сигарет. Курильщик сразу не погибает вследствие того, что доза вводится постепенно, а часть никотина нейтрализуется формальдеги-

дом - другим ядом, содержащимся в табаке. В течение 30 лет заядлый курильщик выкуривает примерно 20 тыс. сигарет, или 160 кг табака, поглощая при этом 800 г никотина. Систематическое поглощение небольших, не смертельных доз никотина вызывает привычку и пристрастие к курению. Опасно еще это тем, что вредное действие табачного дыма распространяется не только на курильщика, но и на всех окружающих, вынужденных дышать одним с ним воздухом. Химический состав табака очень сложен. В листьях растения содержатся клетчатка, крахмал и другие углеводы, белки, минеральные составные части и вода. Содержание никотина колеблется в различных сортах табака от 0,7 до 5 %. Кроме никотина, в табаке содержатся и другие алкалоиды, общее содержание которых не превышает 0,2-0,25 %. Никотин является естественным компонентом табачных растений. Он легко проникает в кровь, накапливается в самых жизненно важных органах, приводя к нарушению их функций. Он является естественной защитой табачного растения от поедания насекомыми, обладает три раза большей токсичностью, чем мышьяк. Когда никотин попадает в мозг, он предоставляет доступ к воздействию на разнообразные процессы нервной системы человека. Отравление никотином характеризуется головной болью, головокружением, тошнотой и рвотой. В тяжелых случаях потеря сознания и судороги. Хроническое отравление - никотинизм, проявляется ослаблением памяти, снижением работоспособности. После затяжки никотин попадает в головной мозг через 7 секунд. Он вызывает спазм сосудов, отсюда нарушение питания тканей кислородом. Из-за вреда курения у женщин повышается частота воспалительных заболеваний, что часто приводит к бесплодию. В перечень агентов, придающих сигаретному дыму опасный фактор, входят: ацетальдегид, ацетон, аммиак, бензол, формальдегид, сероводород, гидрохинон, метиловый спирт, метиламин, соединения никеля и пиридина и многие другие соединения.

Известно, что соединения мышьяка, хрома вызывают развитие рака легких у людей. Есть данные, позволяющие предположить, что соединения никеля и кадмия также проявляют канцерогенные свойства. Так, например, шестивалентный хром давно известен в качестве канцерогена. С ингаляционным воздействием хрома связывают развитие астмы. Содержание тяжелых металлов в табачном листе определяется условиями возделывания табака, составом вносимых удобрений, гербицидов, а также погодными условиями.

Никель относится к группе веществ, провоцирующих развитие астмы, а также способствует развитию рака легких. Вдыхание частиц никеля приводит к развитию бронхолита, то есть воспаления самых

мелких бронхов. К тяжелым металлам относится и кадмий. Наиболее частым источником поступления кадмия в организм человека считается курение. Последствия воздействия кадмия оказываются наиболее выраженными у тех людей, у которых имеется дефицит цинка и кальция в организме и пище. Кадмий накапливается в почках. Он обладает токсичным воздействием на почки и способствует снижению минеральной плотности костной ткани. В результате этого кадмий вмешивается в течение беременности, повышая риск недостаточной массы тела плода и преждевременных родов [1].

В табачном дыме в очень высокой концентрации содержатся радиоактивные компоненты. К ним относятся: полоний-210, свинец-210 и калий-40. Помимо этого, присутствуют также радий-226 и-228, торий-228. Проведенные в Греции исследования показали, что табачный лист содержит также изотопы цезия-134 и цезия-137 чернобыльского происхождения. Исследованиями четко установлено, что радиоактивные компоненты являются канцерогенами. В легких у курильщиков зафиксированы отложения полония-210 и изотопа свинца-210, благодаря чему курильщики подвергаются радиоактивному заражению намного более высокими дозами радиации, чем те дозы, которые люди обычно получают от естественных источников. Такое постоянное облучение либо само по себе, либо синергетически с иными канцерогенами может способствовать развитию рака [2].

Библиографический список.

1. **Вред** курения. – URL: http://ayzdorov.ru/kyrenie_sposobi_vred.php (дата обр. 16.02.2015).
2. **Вред** курения. Советы по отказу от курения табака. – URL: <http://www.ovrede.ru/vred-kureniya/36-vred-kureniya-sovety-po-otkazu-ot-kureniya-tabaka.html> (дата обр. 16.02.2015).

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

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Основные требования к обеспечению электробезопасности содержатся в следующих нормативных документах:

– МПОТ (ПБ) ЭЭУ –межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТРМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00);

- ПТЭ – правила технической эксплуатации электрических станций и сетей (РД 34.20.501-95);
- ПУЭ – правила устройства электроустановок;
- ППСЗ – правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технические требования к ним.

Электробезопасность в электроцехе обеспечивается за счет соблюдения требований, указанных в нормативных документах, в том числе за счет применения заземления, зануления и защитного отключения.

В качестве естественного заземлителя, при определенных условиях, допускается использовать железобетонный фундамент здания.

Сопротивление растеканию заземляющего устройства при использовании фундамента определяется по формуле:

$$R = 0.5 \cdot \frac{\rho_3}{\sqrt{S}},$$

где S – площадь, ограниченная периметром здания, м^2 ; ρ_3 – удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли, $\text{Ом} \cdot \text{м}$.

Удельное эквивалентное электрическое сопротивление земли определяется по формуле:

$$\rho_3 = \rho_1 \cdot \left[1 - \exp\left(-\alpha \cdot \frac{h_1}{\sqrt{S}}\right) \right] + \rho_2 \cdot \left[1 - \exp\left(-\beta \cdot \frac{\sqrt{S}}{h_1}\right) \right],$$

где ρ_1 – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя земли, $\text{Ом} \cdot \text{м}$;

ρ_2 – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя земли, $\text{Ом} \cdot \text{м}$;

h_1 – толщина верхнего слоя земли, м^2 ;

α, β – безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения удельных электрических сопротивлений слоев земли.

При $\rho_1 < \rho_2$, $\alpha = 1,1 \cdot 10^2$, $\beta = 0,3 \cdot 10^{-2}$;

В результате расчета получается, что:

$$\begin{aligned} \rho_3 &= 50 \cdot \left[1 - \exp\left(-110 \cdot \frac{2,5}{\sqrt{300}}\right) \right] + \\ &+ 100 \cdot \left[1 - \exp\left(-0,003 \cdot \frac{\sqrt{300}}{2,5}\right) \right] = 52,1 \text{ Ом} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Сопротивление растеканию заземляющего устройства:

$$R = 0.5 \cdot \frac{52,1}{\sqrt{300}} = 1,5 \text{ Ом},$$

что меньше, чем наибольшее допустимое значение $R_3 = 4 \text{ Ом}$ ($R < R_3$). Таким образом, в качестве естественного заземлителя можно использовать железобетонный фундамент здания.

Библиографический список

1. **Дьяков В.И.** Типовые расчеты по электрооборудованию: практическое пособие / В.И. Дьяков; Министерство образования РФ, Ивановский государственный энергетический университет. Иваново: Б.и., 2003. 146 с.

*В.С. Ащанулова, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, д. с-х н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ОПАСНЫЕ ДЛЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Ветер – это перемещение воздуха параллельно земной поверхности, возникающее в результате неравномерного распределения тепла (прогрева подстилающей поверхности) и атмосферного давления, которое направлено в зону низкого давления. Он характеризуется направлением, скоростью и силой. К опасным воздушным массам, способные нанести серьезный ущерб здоровью человека и экономике, являются смерчи и ураганы

Смерч (или торнадо) – это сильный атмосферный вихрь, возникающий в грозовом облаке и распространяющийся до поверхности земли или воды в виде темного гигантского рукава - «хобота». Обычно смерч начинается таким образом: на горизонте появляется грозовое облако, имеющее зеленоватый свет, затем нарастает в атмосфере влажный зной. Поднимается слабый ветер, начинает моросить дождь, и вдруг температура резко падает на 15 °С из-за нависших туч. К земле (воде) опускается гигантский «хобот», вращающийся с огромной скоростью, а навстречу ему с подстилающей поверхности, похожей на опрокинутую воронку, тянется другой вихрь. Когда они смыкаются, то образуют огромный столб, вращающийся против часовой стрелки.

Возникновение смерчи связано с быстрым выделением энергии, накапливающейся при определенных условиях в нижних слоях атмосферы. Такие условия чаще возникают в жаркую погоду. Внутри вращающейся воронки воздух движется с огромной скоростью — до 300 и более км/ч. Сопровождающий прохождение смерча шум, переходящий в гул, создается раскатами грома, стуком падающих градин, столкновением поднятых в воздух предметов [1].

Ураган (циклон) – это ветер, скорость которого составляет более 32 м/с (> 115 км/ч). Ураганы подразделяются на сильные, скорость ветра которых более 32 - 46 м/с (140-170 км/ч); сильные – более 49 м/с (или > 170 км/ч). Часто ураганы сопровождаются сильными обильными ливнями, которые опаснее урагана, так как они являются причиной

селевых потоков и оползней. Нами представлены наиболее разрушительные ураганы планеты.

Сильнейший ураган 1780 года опустошил Пуэрто-Рико, Доминиканскую Республику, Малые Антильские острова, Бермудские острова, и частично штат Флорида и другие государства. Общий ущерб не определен, но число погибших составило свыше 22000 человек, это больше чем в любой другой атлантический ураган.

Ураган Галвестон обрушился на город Галвестон, штат Техас 8 сентября 1900 года. Скорость ветра достигала 200-215 км/час, урагану была присвоена 4 категория. В общей сложности более 3600 домов были разрушены. Ураган Галвестон был крупнейшим стихийным бедствием в США, который унес 6000 жизней. Общий ущерб превысил 20 млн. долларов, что составляет более 500 млн. долларов по сегодняшнему курсу [2].

Ураган Бхола обрушился на Восточный Пакистан (Бангладеш) и на Западную Бенгалию Индии. Пик действия пришелся на 12 ноября 1970 года. По оценкам число погибших насчитывался 300 тыс.- 500 тыс. человек, что делает его одним из самых страшных стихийных бедствий в этом регионе. Этот циклон по силе и скорости ветра был относительно невелик, ему присвоили только 3 категорию. Разрушительная сила этого урагана объясняется огромным количеством осадков, которые вызвали затопление большей части островов в дельте реки Ганг, буквально смывая деревни и посевы с лица земли [3].

На территории Китая, ураганы не редкость, но мощнейший ураган Нина (1975) обладал колоссальной разрушительной силой, была прорвана плотина Банкиао. Крушение плотины привело к большому наводнению, что вызвало серию обрушений других плотин. Число жертв исчисляется от 100 тыс. до 230 тыс. человек [4].

Урагану Кенна присвоена 5 категория. За историю наблюдений было всего три таких тихоокеанских урагана такой огромной силы у западного побережья Мексики. 25 октября 2002 года достиг города Нааярит. Скорость ветра превышала 250 километров в час, поднимая валы океанской воды на высоту до 10 метров. Очень сильно пострадал посёлок Сан Блас, где 75 % всем строениям нанесены сильные повреждения, на улицах наводнение вырывало с корнем деревья. Разрушены подъездные дороги, линии электропередач и трубопроводы водоснабжения, в порту Сан Бласа практически все суда были выброшены на берег, причинив различную степень повреждений [5].

Библиографический список.

1. **Ураганы**, бури и смерчи. – URL: <http://otherreferats.allbest.ru/life/> (датаобр. 14.02.2015).

2. **Ураганы**, бури, смерчи: причины возникновения, краткое описание и методы предотвращения. – URL: <http://stud24.ru/life-safety/uragany-buri-smerchi-prichiny-vozniknoveniya/> (дата обр. 14.02.2015).

3. **Ураганы** и бури, причины их возникновения, возможные последствия. – URL: <http://allbest.ru/> (дата обр. 14.02.2015).

4. **10 самых** больших ураганов на планете. – URL: <http://mostinfo.su/56-10-samyh-bolshih-uraganov-na-planete.html> (дата обр. 14.02.2015).

5. **Самый** сильный ураган в мире. – URL: <http://www.uznayvse.ru/interesting-facts/samiy-silnyiy-uragan-v-mire.html> (дата обр. 14.02.2015).

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

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОДНОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАЧ

Процесс принятия решений при одном критерии рассматривается как максимизация (минимизация) заданного критерия. Предполагается, что каждую альтернативу можно оценить конкретным числом и, таким образом, сравнение альтернатив сводится к сравнению соответствующих им значений критерия.

Пусть \bar{X} - множество альтернатив, а X – конкретная альтернатива. Для всех $X \in \bar{X}$ может быть задана функция, которая выполняет роль критерия. Эта функция часто называется как целевая функция, критерий качества и т.д.

Обозначим целевую функцию буквой f . Действие, связанное с оценкой альтернативы, будет иметь вид:

$$Z=f(X),$$

а процесс принятия решения:

$$X^* = \operatorname{argmax}_{X \in \bar{X}} f(X) \text{ при поиске максимума;}$$

$$X^* = \operatorname{argmin}_{X \in \bar{X}} f(X) \text{ при поиске минимума,}$$

при этом результатом ППР являются X^* и $Z^*=f(X^*)$

При принятии решений обычно ставится задача найти глобальный экстремум.

Если X представляет точку в n -мерном пространстве, то тогда это вектор – $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, для одномерного пространства $X=x$, т.е. вектор вырождается в скаляр.

Для тестового примера в лабораторном практикуме была взята функция с одним, явно выраженным экстремумом, которая имеет вид:

$$f(x_1, x_2) = (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 10)^2.$$

Экстремумом данной функции является точка с координатами $x_1=5$ и $x_2=10$.

В докладе приводится анализ результатов поиска экстремума данной, а также ряда других функций, четырьмя различными методами однокритериальной оптимизации, а именно:

- градиентный метод;
- метод сканирования (перебора);
- метод Гаусса-Зейделя (покоординатного спуска);
- метод случайного поиска (Монте-Карло).

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

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНО- ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ И НОРМАЛЬНО- ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛЕЙ К ОЦЕНКЕ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

Процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека или здоровья будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания, определяется как *оценка риска для здоровья*. Оценка риска для здоровья при анализе качества окружающей человека среды включает выполнение четырех основных этапов: идентификацию опасности, оценку экспозиции, оценку зависимости доза-эффект, характеристику риска.

Для математического описания зависимости *доза-эффект* используются различные модели. Наиболее часто для оценки рисков для здоровья применяется нормально-вероятностная модель.

В общем виде нормально-вероятностная модель может быть описана формулой:

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

где $a+b \cdot \lg(D)$ – 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 τ .

Риск определяется в долях единицы (от 0 до 1) или в % (от 0 до 100).

Среди факторов риска здоровью населения обычно выделяют уровень атмосферного загрязнения, качество питьевой воды, рекреационных водных объектов, почвы.

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 максимальных разовых ПДК:

$$\text{Prob} = a + b \cdot \lg(C/\text{ПДК}_{\text{М.р}}).$$

Расчет риска хронической интоксикации (неспецифических токсических эффектов) основан на линейно-экспоненциальной модели с использованием уравнения:

$$R = 1 - e^{\left(\ln(0,84) \cdot \left(\frac{C_{с.г}}{\text{ПДК}_{сс}} \right)^s \cdot \frac{1}{k_3} \cdot \frac{\tau}{70} \right)},$$

где $C_{с.г}$ – среднегодовая концентрация, $\text{мкг}/\text{м}^3$, k_3 – коэффициент запаса; s – коэффициент изоэффективности, $\text{ПДК}_{сс}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация, $\text{мкг}/\text{м}^3$, 70 – средняя продолжительность жизни человека, годы.

В зависимости от качества питьевой воды расчет потенциального риска может проводиться по эпидемиологическим, органолептическим и токсикологическим показателям. Для оценки риска в зависимости от качества питьевой воды по токсикологическим показателям используют уравнение:

$$R = 1 - e^{\left(\ln(0,84) \cdot \left(\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} \right)^s \cdot \frac{2}{k_3} \right)},$$

где k_3 – коэффициент запаса, принимаемый равным 100 для веществ с выраженной вероятностью отдаленных последствий (канцерогенным действием и т. п.) и 10 для остальных веществ; C_1 – концентрация примеси в питьевой воде, $\text{мг}/\text{дм}^3$; 2 – объем среднесуточного потребления питьевой воды, дм^3 .

Библиографический список

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

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

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕССОВКИ И СОЗДАНИЕ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Технологический процесс производства древесно-стружечных плит (ДСП) рассматривается на примере завода ООО "Эггер Древ-продукт" мощностью 250 тыс. т. продукции в год. Основным сырьем для производства ДСП являются древесина и связующее вещество (клеи и присадки).

Годовая потребность в сырье составляет:

- древесина-175000 т;
- КФ - и МКФ-клеи (65 % твердой смолы) - 25000 т;
- восковая эмульсия (60 % парафина) - 2000 т;
- сульфат или сульфит аммония - 300 т;
- карбамид-400 т.

Баки для клея и эмульсии запроектированы в улавливающих ваннах для того, чтобы в случае аварии избежать загрязнения.

Сульфит или сульфат аммония, а также карбамид хранятся в сухом состоянии в здании, в предусмотренном месте.

Важными сырьевыми компонентами для производства ДСП с покрытием являются ДСП без покрытия и импрегнированная декоративная бумага.

На первом этапе строительства запланировано производство около 125000 м плиты с покрытием на одной установке.

Древесное сырье для основного технологического процесса может использоваться в различных формах (круглый лесоматериал, остаточная древесина, стружка, щепка, отходы древесины и др.).

В качестве энергоносителя для отопления и производства используется газ.

Формовочная линия состоит из формовочного отделения, формовальной ленты, форпресса и делительной пилы. Проклеенный стружечный материал насыпается на формовочный лист через две ветровые рассеивающие машины для покрывающего слоя и через рассеивающую машину механического действия для среднего слоя. После насыпания стружечный пирог поступает в роликковый форпресс, где подпрессовывается. После предварительного сжатия выступившие по сторонам излишки стружки обрезаются продольной пилой и отсасываются. После этого слой-ковер делится делительной пилой соответственно длине пресса (желаемая длина плиты). Затем стружечно-

волокнистый ковер с формовочной ленты транспортируется на стальную ленту прессы и в одноэтажный тактовый пресс.

Пресс оснащен нагревательными плитами, теплоноситель в которых движется по системе каналов. Нагревательные плиты имеют отдельную систему регулирования, позволяющую устанавливать различные температуры верхней и нижней плит. В качестве теплоносителя применяется термальное масло. В каждой из двух рам прессы размещены два цилиндра, которые прижимают ползун прессы к слою ковра. При одновременном воздействии тепла на слой-ковер образуется древесностружечная плита без покрытия. После завершения периода прессования (в зависимости от клея, температуры, толщины плиты) ползун прессы снова транспортируется по вертикали реверсирующими цилиндрами, которые смонтированы между рамами. Теперь приводится в движение стальная лента, проходящая между приводным барабаном и барабаном стружки, и лежащая на ней плита выводится из прессовальной установки. Одновременно окончательно насыпанный слой-ковер передается с формовальной ленты на стальную ленту и поступает в прессовальную установку, после чего цикл прессования повторяется.

Короткотактный пресс служит для отделки необработанных плит (плит без покрытия). При этом необработанные плиты покрываются декоративной бумагой (одноцветной, с декором, имитирующим древесину, фантазийным декором). Эти древесностружечные плиты с меламиновым покрытием применяются, главным образом, при производстве мебели.

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

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ШУМА НА ПЕРСОНАЛ КОТЕЛЬНОГО ЦЕХА

Одним из основных параметров шума является уровень звукового давления. Для оценки воздействия на человека постоянного шума измеряется уровень звукового давления в стандартных октавных полосах частот. Для ориентировочной оценки воздействия как постоянного, так и непостоянного шума, измеряется эквивалентный уровень звука (L), который характеризует субъективное восприятие шума человеком.

Если известны уровень звуковой мощности (L_p), фактор направленности излучения (Φ), телесный угол (Ω), расстояние (r) и постоянная помещения (B), то уровень звука можно определить расчетным путем.

Представляется расчетная оценка уровня звука для рабочего места аппаратчика химической водоочистки. Работник может находиться в двух рабочих зонах (насосная, лаборатория). Рабочая смена аппаратчика 12 часов: 11,5 часов проводит в лаборатории; 0,5 часа – в насосной.

Уровень звука в каждой зоне рассчитывается по формуле [1]:

$$L = L_p + 10 \lg \left[\frac{\Phi}{\Omega \cdot r^2} + \frac{4}{V} \right], \quad \text{дБА.}$$

Для первой зоны:

$$L_1 = 70 + 10 \lg \left[\frac{1}{3.14 \cdot 0.5^2} + \frac{4}{41.5} \right] = 71.4, \quad \text{дБА.}$$

Для второй зоны:

$$L_2 = 45 + 10 \lg \left[\frac{1}{3.14 \cdot 0.5^2} + \frac{4}{7} \right] = 47.7, \quad \text{дБА.}$$

Так как шум на рабочем месте непостоянный, эквивалентный уровень звука рассчитывается по следующей формуле:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_i} \cdot \tau_i, \quad \text{дБА.}$$
$$L_{\text{экв}} = 10 \lg (10^{0.1 \cdot 71.4} \cdot 0.04 + 10^{0.1 \cdot 47.7} \cdot 0.96) = 57.8, \quad \text{дБА.}$$

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 предельно допустимый уровень звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий составляет 80 дБА. В данном случае расчетное значение не превышает допустимое.

Библиографический список

1. **Безопасность** жизнедеятельности: в вопросах и ответах, задачах и решениях: учебное пособие / А.Г. Горбунов [и др.], Ивановский государственный энергетический университет. Иваново: Б.и., 2000. 408 с.

*А.Н. Крупина, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, д. с-х н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЭНЕРГЕТИКА И ЭКОЛОГИЯ

Человечество сжигает каждый год примерно 1,2 млрд. т угля, около 3,3 млрд. т нефтепродуктов, природного газа, торфа, горючих сланцев и дров, все это частично трансформируется в тепло, в угарный газ и другие химические вредные соединения. При сжигании угля вместе с золой и отходящими газами в окружающую среду поступает некоторых веществ значительно больше, чем добывают их из недр земли. Так, например, магния в 1,5 раза, молибдена – 3, мышьяка – 7, урана,

титана — 10, алюминия, стронция, бериллия, циркония — 100, галлия, германия — 1000, иттрия — в десятки тысяч раз.

В Российской Федерации на территориях с загрязненным атмосферным воздухом вредными веществами проживают (млн. чел.): взвешенными веществами — 15.2, СО — 4.7, бенз(а)пиреном — 13.9, аммиаком — 3.7, фенолом — 10.4, бензолом — 2.6, диоксидом азота — 53, свинцом — 2.4, фтористым водородом — 5.3, оксидом азота — 1.5, сероуглеродом — 5.1, сероводородом — 1.5, формальдегидом — 4.9. Чтобы уменьшить поступление вредных веществ в окружающую природную среду необходимо предусмотреть использование очистного оборудования. При сжигании различных видов твердого, жидкого и газообразного топлива в атмосферу поступает значительное количество твердых частиц (зола, пыли, сажи), окислов серы (SO_2 и SO_3), окислов азота (NO и NO_2), окислов углерода (CO , CO_2), а также альдегиды и органические кислоты. В суммарном выбросе вредных веществ в атмосферу 50 % приходится на предприятия энергетической отрасли. Около 60 % от общего количества аэрозолей, попадающих в атмосферный воздух, составляют твердые частицы (зола, сажа, пыль), образовавшиеся при сжигании угля. Выброс зола при сжигании твердого топлива зависит от состава его минеральной части, типа топочного устройства и эффективности работы пылеулавливающих установок.

Наиболее значительными по объему и трудно поддающимися очистке загрязнителями атмосферы считаются окислы серы. 60—80 % ежегодного выброса окислов серы в атмосферу поступает с продуктами сгорания от котлов и печей. При сжигании топлива в камерных топках практически вся сера переходит в сернистый ангидрид, причем содержание окиси серы в дымовых газах не зависит от организации топочных процессов и практически определяется только концентрацией серы в топливе.

Более 90 % от общего количества выбросов азота в атмосферу приходится на продукты сгорания всех видов органического топлива. 1-5 % от общего количества окиси азота вместе с продуктами сгорания удаляются через дымовые трубы и депонируются в атмосфере.

При горении жидкого топлива выделяется мелкодисперсная сажа, обладающая большей токсичностью, чем обычная пыль, оказывающая неблагоприятное воздействие на прозрачность атмосферы. Количество твердых частиц, выбрасываемых в атмосферу при сгорании мазута, составляет до 0,5 % от массы топлива.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а так-

же при разложении и окислении азотсодержащих соединений, входящих в состав топлива.

Количество золы, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от котельного агрегата при сжигании твердого и жидкого топлива, можем рассчитать по следующей формуле [1]:

$$K_3 = \frac{B \cdot K_{M.Ч}}{100 - G_{ун}} \cdot a_{ун} (1 - \eta_3).$$

Количество окислов серы и сернистого ангидрида в пересчете на SO₂, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании твердого или жидкого топлива, вычисляется по формуле [2], т,

$$M (so_2) = 0,02 \cdot B \cdot S_P \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot (1 - \eta_{SO_2}^1)$$

Количество окиси углерода, выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами котельных агрегатов за год при сжигании органического топлива, рассчитывают по формуле [3], т,

$$M_{Co} = 0,001 \cdot C_H \cdot B \cdot \gamma_H \cdot \left(1 - \frac{g_4}{100}\right).$$

Библиографический список

1. **Щадрова, С.Н.**, Беляков С.А. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Экология»/ Щадрова, С.Н., Беляков С.А, ИГТА, г. Иваново, 1988, 88 с.
2. **Воздействие** объектов теплоэнергетики на окружающую среду. – URL: <http://msd.com.ua/osnovy-sovremennoj-maloj-energetiki/> (дата обр. 10.02.2015).
3. **Тепловые** электрические станции. Общие сведения. – URL: <http://plysh.narod.ru/1.htm> (дата обр. 10.02.2015).

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

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА АППАРАТЧИКА ХИМВОДООЧИСТКИ КОТЕЛЬНОЙ

Каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда, получение достоверной информации от работодателя, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов [1].

Для осуществления контроля состояния условий труда на том или ином рабочем месте проводится специальная оценка условий труда.

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 с учетом отклонения их фактических значений от установленных гигиенических нормативов условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников [2].

Аппаратчик химводоочистки (ХВО) котельной осуществляет контроль над работой оборудования ХВО, обеспечивает водоподготовку котельной, отбор проб, регенерацию фильтров, регулирует параметры технологического режима по показаниям контрольно-измерительных приборов и результатам химических анализов, оформляет документацию.

Оценка условий труда проводится по степени вредности и (или) опасности производственной среды и трудового процесса, по травмобезопасности и по обеспеченности средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

Оценка травмобезопасности рабочего места аппаратчика химводоочистки должна проводиться на соответствие требованиям, указанным в нормативных правовых актах.

Оценка обеспечения работников СИЗ на рабочем месте заключается в проверке наличия всех необходимых СИЗ, положенных работникам, согласно действующим нормам.

Результаты оценки условий труда аппаратчика химводоочистки по степени вредности и опасности факторов производственной среды, выполненной в ОАО Ивгортеплоэнерго, приведены в табл.

Таблица - Оценка условий труда аппаратчика химводоочистки по степени вредности и (или) опасности факторов производственной среды

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс условий труда
Шум	3.1
Микроклимат	2
Освещение	2
Тяжесть трудового процесса	2
Напряженность трудового процесса	2
Общая оценка условий труда	3.1

Из оценки условий по степени вредности и (или) опасности факторов производственной среды видно, что все параметры находятся в допустимых пределах, кроме шума (класс 3.1).

При проведении специальной оценки условий труда аппаратчика химводоочистки установлено, что класс условий труда по травмобез-

опасности 1 (оптимальный); работник обеспечен всеми необходимыми СИЗ.

По итогам оценки условий труда установлено:

- раз в год работник должен проходить медицинские осмотры;
- работнику должна выплачиваться компенсация за работу в вредных условиях труда в виде дополнительных процентов к основному заработку (4 %).

Библиографический список

1. Трудовой кодекс РФ, Статья 219.
2. ФЗ №426 О специальной оценке условий труда.

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

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО УЧЕБНОМУ КУРСУ “ЭКОЛОГИЯ”

Вместе с развитием инновационных методик обучения начинают преобразовываться и способы проверки знаний. Бумажные тесты уходят в прошлое и уступают дорогу электронному тестированию, которое помогает оценить уровень знаний и оперативно обработать результаты. Электронное тестирование дает возможность сделать контроль уровня знаний объективным. Кроме того, возможность обмануть систему или подсмотреть вариант ответа у коллеги-студента нет возможности: на каждый вопрос отводится минимальное количество времени, поэтому принимать решение может только сам тестирующийся.

Мы разрабатываем базу данных для тестирования по учебному курсу “Экология” с помощью программы MyTestXPro.

MyTestXPro – это система программ для создания и проведения компьютерного тестирования знаний, сбора и анализа результатов. Программа состоит из трех модулей: Модуль тестирования (MyTestStudent), Редактор тестов (MyTestEditor) и Журнал тестирования (MyTestServer). В программе вопросы могут представляться разными формами, такими как: одиночный выбор, множественный выбор, установление порядка следования, установление соответствия, указание истинности или ложности утверждений, ручной ввод числа (чисел), ручной ввод текста, выбор места на изображении, перестановка букв, заполнение пропусков. Текст вопроса и вариантов ответа (там,

где они возможны) поддерживают возможности форматирования текста, вставки рисунков, таблиц, символов. В программе имеется удобный встроенный текстовый редактор. Форматировать текст, вставлять таблицы, рисунки и символы можно не только в вопросы, но и в варианты ответов. 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. Как и какие именно задания из теста будут заданы тестируемому, сколько времени будет ему на обдумывание, будет ли показан верный ответ, будут ли сохранены или отправлены результаты тестирования и многие другие опции легко настраиваются с помощью редактора тестов. С помощью MyTestXPro можно организовать как локальное, так и сетевое тестирование. Можно проводить тестирование не имея подключения к сети. При сетевом тестировании результаты тестирования могут быть автоматически переданы по сети в модуль Журнал.

Тексты вопросов с вариантами ответов, которые будут использоваться в тестах, взяты из ресурсов интернета, учебного пособия “Основы экологии” А.К. Соколова [1], учебника “Вопросы и ответы для электронного зачета и экзамена по курсу Экология” И.Г. Мельцаева [2]. Вопросы разбиты на темы и подтемы.

В качестве основных тем, соответствующих программе учебного курса, были приняты:

- биосфера;
- экосистемы;
- организм и среда;
- глобальные экологические проблемы;
- рациональное природопользование и охрана окружающей среды;
- социально-экономические аспекты экологии.

Они включают в себя весь курс экологии, который соответствует государственному стандарту общего образования по курсу экология.

Предполагается использовать данный материал для проведения трех видов занятий:

- подготовка к интернет тестированию;
- проверка знаний теории по курсу лекций;
- отчет по лабораторным работам.

Подготовка к интернет тестированию позволяет приобрести у студента опыт сдачи тестов, ознакомить с возможными вопросами, которые будут применяться при интернет тестировании.

Проверку знаний теории по курсу лекций можно применять для проведения текущего или промежуточного контроля.

Эта система позволяет формализовать сдачу зачета по теоретической части и лабораторным работам. После опытной эксплуатации базы данных по экологии будут разработаны системы по другим предметам, таким как экологическая экспертиза, система защиты среды обитания и энергосистемы обеспечения жизнедеятельности.

Библиографический список

1. Соколов А.К. Основы экологии: Учеб. пособие. Иваново: ИГЭУ, 2013. 210 с.
2. Мельцаев И.Г., Воробьева Е.А., Мингалеева Т.Ю. Вопросы и ответы для электронного зачета и экзамена по экологии: Учеб. пособие. Иваново: ИГЭУ, 2013. 372 с.

*А.С. Волков, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, д. с-х н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ – ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ БЕДСТВО

В настоящее время в мире ежегодно происходит около 9 миллионов пожаров различного происхождения, уносящих жизни более 100 тыс. человек. И это притом, что в настоящее время люди научились бороться с этой страшной стихией. В старину же из-за недостатка средств для борьбы с огнем пожары потушить было практически невозможно. В истории известны случаи, когда пожары целиком уничтожали огромные территории лесных массивов и даже целые города.

Внешними признаками зоны активного горения считается наличие пламени, а также тлеющих или раскаленных материалов. Основной характеристикой разрушительного действия пожара является температура, развивающаяся при горении. В жилых домах и общественных зданиях температуры внутри помещения достигают + 800—900 °С. Как правило, наиболее высокие температуры возникают при наружных пожарах и в среднем составляют для горючих газов +1200—1350 °С, для жидкостей +1100—1300 °С, для твердых веществ +1000—1250 °С. При горении термита, электрода, магния максимальная температура достигает +2000—3000 °С.

Пространство вокруг зоны горения, в котором температура в результате теплообмена достигает больших значений, вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека, называют зоной теплового воздействия. Принято считать, что в зону теплового воздействия, окружающую зону горения, входит территория, на которой температура смеси воздуха и газообразных продуктов сгорания не меньше плюс 60—80 °С. Во время пожара проис-

ходят значительные перемещения воздуха и продуктов горения. Нагретые газообразные продукты сгорания устремляются вверх, вызывая приток более плотного холодного и обогащенного кислородом атмосферного воздуха в зону горения. При пожарах внутри зданий интенсивность газового обмена зависит от размеров и расположения проёмов в стенах и перекрытиях, высоты помещений, а также от количества и свойств горящих материалов. Направление движения нагретых продуктов обычно определяет и вероятные пути распространения пожара, так как мощные восходящие тепловые потоки могут переносить искры, горящие угли и головни на значительное расстояние, создавая новые очаги возгорания. Выделяющиеся при пожаре продукты сгорания (дым) образуют зону задымления. В состав дыма обычно входят азот, кислород, оксид углерода, углекислый газ, пары воды, а также пепел и другие вещества. Многие продукты полного и неполного сгорания, входящие в состав дыма, обладают повышенной токсичностью, особенно токсичны продукты, образующиеся при горении полимеров. В некоторых случаях продукты неполного сгорания, например, оксид углерода, могут образовывать с кислородом горючие и взрывоопасные смеси. Как правило, люди при пожаре гибнут именно от дыма (продуктов горения), а не собственно от огня [1].

На территории лесного фонда Российской Федерации ежегодно регистрируется от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,5 до 2,5 млн. га. За период 1994-2005 гг. в Российской Федерации сгорело 5308 тыс. га лесных насаждений (в среднем 442 тыс. га в год). Расходы на тушение лесных пожаров в России оцениваются примерно около 20-30 млрд. руб. [2].

Так, например, с середины июня 2010 года в Европейской части России, стояла аномальная жара и засуха, которые впоследствии привели к сильным лесным, травяным и торфяным пожарам. В 2010 году стихия унесла более 50 человеческих жизней. Сгорели более 2,5 тыс. домов в 150 населенных пунктах, более 3,5 тыс. человек остались без крова и имущества. По данным Рослесхоза, общая площадь, пройденная лесными пожарами с начала года до середины августа составила более 1,5 млн. га. Для борьбы с этими пожарами и их обнаружения, носящими характер природной катастрофы, Рослесхозу приходилось пользоваться снимками наземных станций слежения и снимками спутников. Наиболее пострадавшими регионами были субъекты Центрального и Приволжского федеральных округов: Нижегородская, Владимирская, Рязанская, Ульяновская области, республики Мордовия, Марий Эл. На борьбу с этими пожарами было брошено около 150 тыс. человек и более 26 тыс. единиц техники. Ежедневно в туше-

нии пожаров задействовано было около 25 отечественных воздушных судов, ещё примерно 15 самолётов и вертолётов было предоставлено иностранными государствами [3].

Библиографический список

1. **Электронный ресурс.** – URL: renitherm.ru/krupnejshie-pojari (дата обр. 12.01.14).
2. **Электронный ресурс.** – URL: knowledge.allbest.ru/life/3c0b (дата обр. 12.01.14).
3. **Электронный ресурс.** – URL: samogo.net/articles.php?id=311 (дата обр. 12.01.14).

*В.С. Ащазулова, студ.; рук. И.Г. Мельцаев, д. с-х н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ АВТОТРАНСПОРТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Негативное влияние на биосферу и здоровье человека оказывают выбросы любого вида автомобильного транспорта, работающего органическом топливе. Только загрязненность нефтепродуктами питьевой воды несет большую опасность для всего живого на Земле. Наиболее остро результаты воздействия автотранспортных средств ощущаются в городах, где его концентрация особенно велика. Автомобиль потребляет в 45 раз больше кислорода, чем сам водитель. Машина с бензиновым двигателем за пройденные 15 тыс. км потребляет примерно около 4350 кг кислорода (на сгорание 1 кг бензина затрачивается 1,338 кг), выбрасывает 530 кг — оксида углерода (или 3250 кг углекислого газа), 93 кг — углеводов, 27 кг — оксидов азота [1].

Доля автомобильного парка в загрязнении биосферы в Российской Федерации соответствует примерно 40—50 % от общих выбросов. В мегаполисах выбросы загрязняющих веществ находятся на уровне 70—80 % от общего количества выбросов. Так же автомобиль за год эксплуатации выделяет 3 кг — металлической и резиновой пыли, 0,5 кг — свинца, 2 кг — бенз(а)пирена и других опасных выбросов, выбрасывает в атмосферу до 60 ГДж тепла.

Кроме перечисленного, по данным ВОЗ на дорогах мира ежегодно в результате ДТП погибает 5.1 млн чел. и каждый пятый из них — ребенок. В РФ погибают 30—33 тыс. человек и получают травмы разной тяжести 250—290 тыс. чел. Загрязнение воздуха представляет серьезную угрозу здоровью населения и способствует снижению качества жизни.

Загрязнение атмосферы является причиной шести процентов смертей в мире. Через выхлопные трубы автомобилей в атмосферу выбрасывается более двухсот химических веществ. Самое токсичное воздействие на живые организмы оказывают соединения тяжелых металлов, среди них наиболее опасен свинец. По мнению ученых, он разрушает гормоны. Его высокое содержание в крови вызывает замедление роста, расстройства слуха и интеллектуальную деградацию, поскольку разрушает химические соединения в мозге живых существ. К основным токсичным выбросам автомобиля относятся: отработавшие газы, картерные газы и топливные испарения. Отработавшие газы, выбрасываемые двигателем внутреннего сгорания, содержат окись углерода, углеводороды (C_nH_n), окислы азота, бенз(а)пирен, альдегиды и сажу. Выбрасываемые газы содержат 95 % угарного газа, 55 % - углеводородов и 98 % - окислов азота; картерные газы 5 % - углеводородов, 2 % - окислов азота, а топливные испарения до 40 % - углеводородов. Вредные токсичные выбросы делятся на регламентированные и нерегламентированные. Действуют на организм человека они по-разному. Опасные токсичные выбросы: угарный газ, окислы азота, углеводороды, бенз(а)пирен, окислы серы, сажа, дым.

Угарный газ способен соединяться с гемоглобином крови и тем самым уменьшает способность крови переносить кислород, что сказывается на функционировании всех тканей организма. Он также повреждает стенки артерий и увеличивает риск сужения коронарных сосудов, что может привести к сердечным приступам [2].

Оксиды азота содержатся в выхлопном газе в довольно высоких концентрациях. Они могут вызывать повреждения в легких, ведущие к эмфиземе. Диоксид азота понижает сопротивляемость организма к респираторным заболеваниям, что может привести к развитию бронхита. При отравлении оксидами азота в крови образуются нитраты и нитриты, а соединяясь с парами воздуха - слабые кислоты. Нитраты и нитриты, действуя непосредственно на артерии, вызывают расширение сосудов и снижение кровяного давления [3].

Бенз(а)пирен - химическое соединение, представитель семейства полициклических углеводородов. Он типичный химический канцероген и опасен для человека даже в минимальных концентрациях, поскольку обладает свойством накапливаться в организме человека. Кроме того бенз(а)пирен обладает мутагенным свойством, то есть способен вызывать злокачественные опухоли. Различные альдегиды раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей, вредно влияют на нервную систему [4].

Сажа состоит из определенных частиц с размерами 0,3-100 мкм. Вредность сажи состоит в том, что на своей пористой поверхности адсорбирует вредные химические соединения вещества, такие как - бенз(а)пирен, диоксины и бифенилы, которые могут вызвать отравление организма, мутацию на генном уровне, при их аккумуляции способствовать появлению серьезных заболеваний [5].

Библиографический список

1. **Савинов Н.И.** Влияние выбросов автомобильного транспорта на здоровье человека. – URL: http://otherreferats.allbest.ru/ecology/00048805_0.html (дата обр. 13.02.2015).
2. **Влияние** автотранспорта на окружающую среду. – URL: <http://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2013/07/05/proekt-vliyanie-avtotransporta-na-okruzhayushchuyu-sredu> (дата обр. 13.02.2015).
3. **Влияние** автотранспорта на экологию города и здоровье человека. – URL: <http://ppt4web.ru/ehkologija/vlijanie-avtotransporta-na-ehkologiju-goroda-i-zdorove-cheloveka.html> (дата обр. 13.02.2015).
4. **Электронный** ресурс. – URL: surwiki.ru/wiki/index.php (дата обр. 13.02.2015).
5. **Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А.** Энциклопедия. Статьи для написания рефератов, курсовых работ, научные статьи, биографии. – URL: <http://www.brokgauz.ru/text/087/949.htm> (дата обр. 13.02.2015).

О.Г.Максакова, А.С. Серуков, студ.;
рук. Е.А. Крестниковская, преп.
(ИПЭК, г.Иваново)

СОТОВЫЙ ТЕЛЕФОН: ЗА И ПРОТИВ

Мобильный телефон рядом с большинством из нас круглые сутки, мы постоянно решаем с его помощью свои проблемы: разговариваем, читаем и пишем сообщения, выходим в Мобильный Интернет, слушаем музыку, фотографируем, используем как органайзер. Мобильная связь – это очень удобно и полезно – многомиллионные абонентские базы сотовых операторов тому лучшее подтверждение. Но любая медаль имеет две стороны. Обратная сторона мобильных телефонов и мобильной связи – это их биологическое действие, то есть влияние на человека. Насколько опасно электромагнитное излучение для человека? Этот вопрос волнует ученых вот уже более десяти лет.

В данной работе произведена попытка анализа и систематизации различных точек зрения по вопросу о вредном воздействии сотовых телефонов на здоровье человека, проверка уровня информированности людей разного возраста об этой проблеме и создание брошюры с пра-

вилами для молодежи, выполнение которых поможет снизить уровень вредного влияния мобильного телефона на молодой организм.

Для реализации поставленных целей были использованы следующие методы исследования: библиографическое и анкетирование.

В результате анализа информации были выявлены две противоположные точки зрения: одни считают излучение сотового телефона абсолютно безвредным как для нынешнего поколения людей, так и для их потомков; другие, наоборот, приводят факты значительного влияния электромагнитных волн на все системы организма человека – сердечнососудистую, эндокринную, нервную, половую, иммунную.

В результате анкетирования выяснилось, что в среднем 90 % опрошенных считают излучение мобильного телефона вредным. Но, в то же время, практически не выполняют правила безопасного пользования не только сотовым телефоном, но и домашним радиотелефоном.

В связи с этим нами разработана брошюра, в которой четко изложены основные действия, выполнение которых позволит снизить уровень вредного влияния мобильного телефона на организм человека.

Мобильная связь (как и любое другое широко распространённое явление), притягивает к себе повышенное внимание общественности. Это не случайно – ведь сотовые появились сравнительно недавно, и пока никто точно не знает, как телефоны повлияют на тех, кто пользуется ими много лет и на будущие поколения людей. Ясно лишь одно – небольшие предосторожности в использовании мобильных сводят на нет любые реальные и надуманные угрозы. Хочется надеяться, что мобильные телефоны будут делать нашу жизнь лишь лучше, не навредив при этом здоровью пользователя.

СЕКЦИЯ 12

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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

*А. И. Хайбуллина, асп.; рук. В.К. Ильин, д.т.н., проф.
(КГЭУ, г. Казань)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ПОТОКА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

В данной работе между собой, а также с экспериментальными данными сравниваются три модели: Spalart–Allmaras model (S-A); Shear-Stress Transport model (Transition SST) и Reynolds Stress model (RSM).

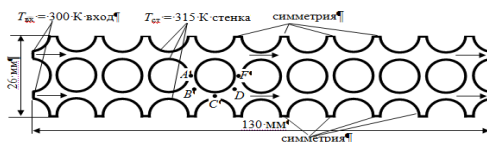


Рис.1. Геометрическая модель

Геометрическая модель представляла собой прямоугольный канал, состоящий из пучка труб (рис. 1). Диаметр трубок составлял $d = 0,01$ м, шаг трубок по горизонтали и вертикали $S_{1,2} = 0,013$ м. На стенках трубок задавалась постоянная температура $T_{ст} = 315$ К, в межтрубном пространстве циркулировала вода. На входе задавалась скорость жидкости с постоянной температурой $T_{вх} = 300$ К, давление на выходе соответствовало давлению окружающей среды.

Каждая модель турбулентности рассчитывалась при постоянном и пульсирующем течении потока жидкости в пучке труб. Расчеты выполнены с помощью ПО Ansys Fluent 14.0 в двухмерной постановке без учета силы тяжести. Для нестационарного течения скорость на входе изменялась по заданному закону (рис. 2), при этом частота пульсаций $f = 0,1666$ Гц, амплитуда пульсаций $A = 1,9d$, где d диаметр

трубки, м. Средняя скорость воды в канале $w \approx 0,0398$ м/с, что примерно соответствовало числам Рейнольдса $Re \approx 500$.

Расчетная сетка состояла из 67618 контрольных объемов (рис. 3) со средним размером $2 \cdot 10^{-4}$ м. Размер сетки в пристеночных областях зависит от толщины пограничного слоя. Поэтому сначала рассчитывалась толщина пограничного слоя, которая в свою очередь зависит от ряда величин: U_τ – динамическая скорость (или скорость трения; τ_w – касательное напряжение на стенке, кг/(м·с²); C_f – коэффициент поверхностного трения.

$$U_\tau = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}, \text{ где } \rho \text{ – плотность воды, кг/м}^3.$$

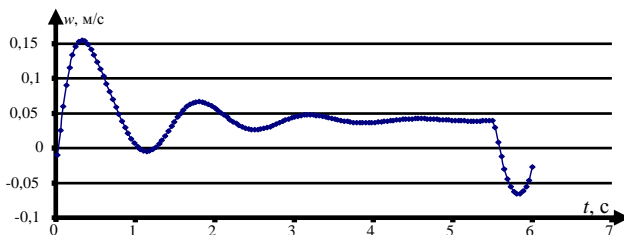


Рис.2. Профиль скорости при пульсирующем течении

$$\tau_w = \frac{1}{2} \cdot C_f \cdot \rho \cdot U^2, \text{ где } U \text{ – скорость потока.}$$

Коэффициент трения для коридорного пучка труб [1]

$$C_f = 4 \cdot Re^{-0,5}, \text{ где } Re = lU / \nu.$$

Здесь l – характерный размер, м в нашем случае расстояние между двумя трубками, ν – кинематическая вязкость, м²/с.

В пограничном слое, по его толщине обычно размещается от 10 до 20 ячеек сетки (в нашем случае принималось 10 слоев) поэтому его общая толщина равняется сумме всех ячеек. Размер первой ячейки на стенке $\Delta y_1 = 3,16 \cdot 10^{-5}$ м и рассчитывался следующим образом:

$$\Delta y_1 = \frac{y^+ \cdot \mu}{\rho \cdot U}, \text{ где } \mu \text{ – динамическая вязкость, Па·с; } y^+ \text{ – безразмерное}$$

расстояние для ламинарного течения принимается равным 1-му. Размер каждой последующей ячейки $\Delta y_i = \Delta y_1 \cdot 1,2^{(i-1)}$, где i – номер ячейки.

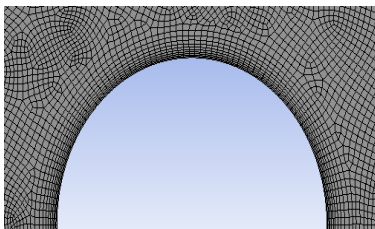


Рис.1. Расчетная сетка

По результатам моделирования можно сделать вывод, что все три модели турбулентности подходят для решения поставленной задачи, поскольку полученные данные хорошо согласуются между собой. S-A модель имеет меньше расчетных уравнений, чем SST и RSM модель, поэтому ввиду экономии машинного времени можно выделить S-A модель.

Библиографический список

1. Хайбуллина А.И., Ильин В.К. Экспериментальное исследование внешней теплоотдачи при поперечном обтекании коридорного пучка труб при $Re \leq 500$ с наложением на поток низкочастотных несимметричных пульсаций. Известия высших учебных заведений. «Проблемы энергетики». 2014 г., № 1-2, с.11-19.

*К.О. Макаревич, стажер м.н.с.; рук. С.А. Кутень к.ф.-м.н.
(НИИ ЯП БГУ, г. Минск)*

ОЦЕНКА МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В связи с выходом 110-ой публикации МКРЗ [1], изменившей саму концепцию определения дозовых нагрузок и рекомендующей новые референтные воксельные фантомы (мужской и женский) для дозиметрических расчетов, возникла необходимость провести соответствующие оценки дозовых нагрузок, получаемых пациентом при прохождении рентгенологических исследований, с использованием новых рекомендаций.

Для этих фантомов был разработан алгоритм оценки доз облучения в органах и тканях пациента в зависимости от характеристик источника излучения для основных видов рентгенологических исследований.

Алгоритм реализован в виде пакета компьютерных программ, состоящего из трех частей:

- первая из них в коде Mathematica в зависимости от характеристик рентгеновского аппарата, параметров поля облучения и вида рентгенологического исследования создает входной файл для кода MCNP [2] для расчета поглощенной дозы в фантоме МКРЗ. Необходимые для входного файла спектры излучения рентгеновского источника создаются с помощью программы TASMIP [3];

- вторая часть представляет собой специальный скрипт на языке Perl, который запускает входной файл и обрабатывает результаты моделирования в коде MCNP, которые представляют собой пространственное распределение поглощенной дозы в фантоме;

- в третьей части программного пакета происходит расчет дозовых нагрузок на органы и ткани условного пациента по пространственному дозовому распределению в фантоме.

Рассчитаны дозовые распределения и определены дозовые нагрузки на органы для стандартных воксельных фантомов мужчины и женщины для 5 рентгенологических исследований (флюорография и 4 наиболее часто встречающиеся режима облучения для грудной клетки).

Например, для процедуры облучения грудной клетки (переднезадняя проекция, поле облучения 30×40 см, напряжение 70 кВ, расстояние «источник-поверхность» 70 см, фильтрация 2,5 мм Al, заряд 10 мАс) эффективная доза составила 0,87 мЗв, при этом наибольшая нагрузка идет (в порядке возрастания) на молочную и щитовидную железы, легкие, тимус и сердце.

Результаты работы позволяют получить адекватные оценки дозовых нагрузок на органы и ткани пациента, и эффективной дозы, полученной им при прохождении рентгенологического исследования. Они также могут быть положены в основу современной программы расчета дозовых нагрузок при рентгенологических процедурах.

Библиографический список

1. **ICRP Publication 110**: Adult Reference Computational Phantoms. //Ann. ICRP. – 2009. – 137 p.
2. **MCNP-A** General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4B. / Briesmeister J.F., Ed. Los Alamos National Laboratory. LA-12625-M. - Los Alamos. 1997. – 736 p.
3. **Boone, J.M.** «An accurate method for computer-generating tungsten anode X-ray spectra from 30 to 140 keV» / J.M. Boone, J.A. Seibert // Med. Phys. – 1997. – №24(1). – P. 1661-1670

*М.С. Хамидуллина, асп.; рук. Н.И. Москаленко д.ф.-м.н., проф.
(КГЭУ, г.Казань)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕНА И КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОСТЯДЕРНЫХ КОНФЛИКТОВ

Развитие аэрокосмических технологий, энергетики, рост народонаселения планеты приводят к увеличению выброса в окружающую среду низкопотенциального тепла, оптически активных ингредиентов, канцерогенных соединений частиц сажевого золя. Не исключена вероятность возникновения ядерных конфликтов, последствия которых на природную среду и биосферу могут быть катастрофическими.

Настоящая работа направлена на развитие методов и выполнение численного моделирования радиационного теплообмена в средах, возмущенных сильными антропогенными воздействиями, когда возмущения атмосферы настолько велики, что квазистационарное радиационно-конвективное состояние атмосферы нарушается, и применение этой модели для решения задачи радиационного теплообмена и временных вариации климата становится не обоснованным. В модели ядерной войны наиболее вероятный сценарий – одновременное возникновение очагов поражения. В начальный период ядерной войны нарушение состояния носит очаговый характер в зонах ядерных ударов конфликтующих сторон. На второй стадии воздействия ядерных взрывов на климат проявляется через возникновение пожаров в городах и лесах.

В настоящее время нет полной ясности по факторам, влияющим на генерацию дыма в результате воспламенения органического топлива. При тлеющем горении процент сажевого золя в продуктах сгорания может достигнуть 2÷3% от массы сгоревшего материала, а при горении с хорошей вентиляцией он составляет ~0,4%. Модальный радиус частиц, генерируемых при горении промышленных материалов, варьируется от 0,2 до 0,8 мкм. Концентрация сажи в промышленных дымах может варьировать от 0,01 до 0,1. В тоже время может наблюдаться высокая концентрация ароматических соединений в составе частиц. Факторы, уменьшающие высоту дымового выноса следующие: чрезвычайные ветра и турбулентность, сильные температурные инверсии, ИК-выхолаживание в ночных условиях, низкий уровень температурной дивергенции, тлеющее горение, высокое влагосодержание растительного и почвенного покровов. Факторами, повышающими высоту выноса, являются: чрезвычайная атмосферная стабильность или условная нестабильность, поглощение солнечного излучения дымом и потепление выноса, низкий уровень атмосферной конвергенции, быстрое горение.

В результате конденсационного роста частицы сажевого золя могут вырасти до размера $r=1$ мкм. Постоянная времени конденсационного роста размера частиц составляет несколько секунд. Последующий рост этих ядер конденсации до размера дождевых капель требует время в несколько часов.

На рис.1 приведены некоторые результаты зонального моделирования вертикальных профилей температуры в широтном поясе $\in \{30^\circ, 70^\circ\}$ Северного полушария Земли в начальный момент, предшествующий ядерному конфликту, на 5-ый день постядерного конфликта (когда изменения состояния атмосферы максимальны) и через два года после ядерного конфликта.

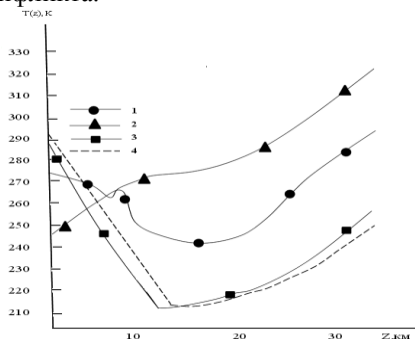


Рис.1. Результаты зонального моделирования вертикальных профилей температуры в широтном поясе $\in \{30^\circ, 70^\circ\}$ Северного полушария Земли в начальный момент, предшествующий ядерному конфликту (3), на пятый день постядерного конфликта (1), через 2 года (4). Кривая (2) – модель Кратцена

Выполненное зональное моделирование радиационного теплообмена в системе «Солнце - атмосфера постядерного конфликта – подстилающая поверхность» с использованием стратегического ядерного арсенала не обнаружила глобального оледенения планеты. Снижение температуры у поверхности вызывает повышение относительной влажности пограничного слоя атмосферы и усиление поглощения приземным слоем атмосферы теплового противозлучения более высоко-температурной стратосферы и верхней тропосферы, что стабилизирует температуру у подстилающей поверхности даже в условиях, когда солнечная радиация не поступает к подстилающей поверхности.

Библиографический список

1. **Crutzen P.J.**, Birks J.W. The atmosphere after a nuclear war: twilight at noon.//AMBIO. 1982.№11. -114-125 p.

*Н.К. Масляков, студ.; рук. Н.П. Пророкова, д.т.н.;
С.Ю. Вавилова, к.т.н. (ИВГПУ, г. Иваново)*

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНОЙ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ НИТИ, МОДИФИЦИРОВАННОЙ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

Одним из наиболее перспективных направлений модифицирования волокон и нитей из термопластичных полимеров считается введение в полимерную матрицу на стадии формования нитей из расплава наноразмерных наполнителей – модификаторов, в частности, ряда металлов и их оксидов. Однако серьезным препятствием для реализации процессов наномодифицирования нитей является присущая наночастицам склонность к агрегированию. Составляющие нить филаменты имеют малый диаметр и обладают высокоориентированной надмолекулярной структурой, что обуславливает высокую чувствительность их к размерам наполнителей, т.е. даже незначительное агрегирование наноразмерных наполнителей может отрицательно сказаться на прочности и упруго-эластических характеристиках нитей. Образование же агрегатов больших размеров вызовет засорение фильера, что приведет к возрастанию обрывности нитей до технологически неприемлемого уровня. Таким образом, задача предотвращения агрегации наноразмерных наполнителей при получении наномодифицированных синтетических нитей из расплава является весьма актуальной, хотя и очень сложной, поскольку образование агрегатов наночастиц обусловлено метастабильностью наноразмерных частиц, обладающих избыточной поверхностной энергией. В настоящей работе предлагается новый подход к решению указанной задачи, основанный на применении в качестве наполнителей для модифицирования нитей металлсодержащих наночастиц, стабилизированных химически инертной полимерной матрицей в процессе синтеза наночастиц. В связи с тем, что указанные наноразмерные частицы в процессе синтеза композитов прочно связываются с полиэтиленовой матрицей, при введении в расплав волокнообразующего полимера их агрегирования не происходит. В работе рассмотрены структура наномодифицированных полипропиленовых нитей, показано, что при наномодифицировании происходит улучшение основных физико-механических характеристик нитей и появление новых, ранее не присущих полипропиленовым нитям свойств (пониженного поверхностного электрического сопротивления, антимикробной активности).

*А.В. Умников, студ.; рук. Н.П. Пророкова, д.т.н.;
Т.Ю. Кумеева, к.т.н. (ИВГПУ, г. Иваново)*

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЭФИРСОДЕРЖАЩИХ ТКАНЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ПОВЕРХНОСТНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ТЕЛОМЕРАМИ ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

Одним из наиболее эффективных направлений модифицирования волокнистых материалов, предназначенного для улучшения ряда их качественных характеристик и придания новых, ранее не присущих свойств, является модифицирование поверхности волокон посредством формирования на ней наноразмерного покрытия специального препарата-модификатора. В ИХР РАН (г. Иваново) в течение ряда лет ведутся исследования структуры и свойств покрытий, сформированных из растворов теломеров тетрафторэтилена (ТФЭ), синтезированных в ИПХФ РАН (г. Черноголовка) в ацетоне и хлористом бутиле.

Свойства теломеров определяются концевыми группами, остатками переносчика цепи – телогена, которым в данном случае является растворитель. Продукт, получаемый после осаждения на подложку раствора теломера ТФЭ в ацетоне и хлористом бутиле, имеет строение, близкое к молекулярному политетрафторэтилену. Он составлен из коротких спиральных цепей из группировок $-CF_2-$, с концевыми группами $CH_3-C=O-CH_2-$ при синтезе в ацетоне и $Cl-$ при синтезе в хлористом бутиле. Спираль имеет от 5-6 до 7-16 звеньев $-CF_2-$.

Практическое использование растворов теломеров ТФЭ представляется весьма перспективным, поскольку позволяет применять жидкофазные технологии и тем самым преодолевать трудности при создании композитов и покрытий на основе промышленного политетрафторэтилена, связанные с его нерастворимостью. Простота нанесения и получения покрытия одновременно с возможностью использовать продукты с разной реакционной способностью, обусловленной наличием функциональных групп отличной природы, делает растворы теломеров перспективными и в области создания новых композиций для заключительной отделки текстиля.

Настоящий этап работы посвящен оценке возможности регулирования трибологических характеристик тканей на основе полиэфира за счет формирования на поверхности волокон покрытий из растворов теломеров тетрафторэтилена.

*Н.В. Паршинцева, студ.; рук. Пророкова Н.П., д.т.н.;
Т.Ю. Кумеева, к.т.н.; С.М. Кузьмин, к.х.н.
(ИВГПУ, г. Иваново)*

ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА

В настоящее время высоким спросом пользуются полиэфирные текстильные материалы с барьерными антимикробными свойствами, обеспечивающие подавление жизнедеятельности контактирующих с ними патогенных микроорганизмов. Такие ткани могут использоваться для отделки вагонов, салонов автомобилей, самолетов, как интерьерные ткани в больничных стационарах, социальных и детских учреждениях и т.п.. Сейчас указанные ткани производятся в небольших количествах по технологии, предусматривающей обработку их специальными дорогостоящими биоцидными препаратами, многие из которых вызывают у людей аллергию. Такая обработка не обеспечивает прочную фиксацию препарата на ткани и часто приводит к повышенной загрязняемости волокнистого материала. Это, в свою очередь, делает необходимыми частые стирки и химические чистки ткани, в результате чего с неё удаляется биоцидный препарат. Таким образом, актуальным является поиск альтернативных путей решения проблемы придания полиэфирным тканям барьерных антимикробных свойств в сочетании с пониженной способностью к загрязнению.

Целью настоящего исследования является разработка способа придания полиэфирным тканям барьерных антимикробных свойств и 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 прочно зафиксировано на поверхности полиэфирных волокон. Однако обеспечить его высокую адгезию трудно, поскольку волокна на основе полиэтилентерефталата имеют очень малое количество активных функциональных групп и обладают гладкой поверхностью. В настоящем исследовании для увеличения количества активных функциональных групп на поверхности ткани разрабатывается способ активации поверхности полиэфирной ткани плазмой поверхностно-барьерного разряда. Основой активации полиэфирных волокон является регулируемый слабый поверхностный гидролиз по-

лиэтилентерефталата, осуществляемый при сохранении исходного уровня прочности волокнистого материала. За счет этого увеличивается адгезионная способность полиэфирной ткани, что создает условия для прочной фиксации на её поверхности наночастиц диоксида титана.

¹Э.Г. Шамсудинова, студ.; ²Л.И. Владимирцева, асс.
¹Е.Л. Владимирцева, к.т.н., доц.;
(¹ИГХТУ, ²ИГЭУ, Иваново)

ВЫБОР СПОСОБА ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДИФИЦИРОВАННОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА

В настоящее время актуальность приобретает проблема создания новых текстильных материалов с заранее заданными свойствами. На сегодняшний день есть примеры практического использования наночастиц окислов металлов, которые вводят в массу полимера на стадии формирования синтетических волокон. Однако для натуральных волокнистых материалов такой возможности нет. Улучшить имеющиеся или придать качественно новые свойства волокнам, сформированным природой, можно только путем их целенаправленной модификации.

Разработан способ изменения характеристик шерстяного волокна путем обработки его дисперсией нерастворимых алюмосиликатов. Такая обработка придает шерсти улучшенные потребительские и технологические свойства: фиксация в волокне глинистых минералов повышает мягкость волокна, регулирует его валкоспособность, улучшает устойчивость к действию микроорганизмов и УФ-излучения.

Способность шерстяного волокна сорбировать мельчайшие частицы алюмосиликатов из водной дисперсии была обоснована в работах [2,3]. Количество зафиксированного на волокне порошка алюмосиликатов оценивалось гравиметрическим методом и выражалась в относительном изменении массы образца по сравнению с исходным.

Проблема заключается в том, что при обработке шерсти в дисперсии глин одновременно происходят конкурирующие процессы: сорбция шерстью мельчайшей фракции алюмосиликатов и абразивное истирание волокна более крупными частицами [2]. Неконтролируемый процесс истирания может привести к деструкции волокна. В связи с этим, особый интерес приобретает оценка прочностных характеристик модифицированного шерстяного волокна.

В текстильной химии наибольшее распространение получили три способа оценки степени повреждения шерстяного волокна: метод Гарриса и Смита, основанный на растворении шерсти в щелочи (увеличе-

ние степени растворимости свидетельствует об уменьшении прочности волокна [5]); определение степени повреждения кератина при окрашивании шерсти метиленовым голубым – чем насыщенней цвет, тем больше повреждения [5]; оценка прочности на разрыв отдельных волокон на динамометре типа ДШ-3М по ГОСТ 20269-93. Анализ показал, что результаты, полученные различными способами, плохо коррелируют между собой.

Сопоставив их с данными о привесе волокна после обработки алюмосиликатной дисперсией, предположили, что такой эффект связан с высокой сорбционной активностью закрепленных на волокне порошков минералов. Поглощенные шерстяным волокном алюмосиликаты взаимодействуют с кислотным красителем и щелочным агентом. В этом случае наиболее интенсивная синяя окраска наблюдается не у поврежденных волокон, а у тех, на которых закреплено большее количество минералов. В тоже время, присутствие на поверхности волокна глины предохраняет шерсть от действия щелочного агента, провозируя ошибку при оценке ее повреждения.

Таким образом, установили, что для модифицированного алюмосиликатами шерстяного волокна оценка степени повреждения физико-механическим методом является наиболее корректной.

*Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием
Министерства образования и науки РФ*

Библиографический список

1. **Перепелкин К.Е.** Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы. С-Пб: Издание СПГУТД, 2008. 354 с
2. **Владимирцева Е.Л.** Исследование сорбции алюмосиликатов шерстяным волокном / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, И.Б. Блиничева и др // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. С.50-54
3. **Владимирцева Е.Л.** Оценка сорбционных свойств шерстяного волокна по отношению к нерастворимым алюмосиликатам/ Владимирцева, Л.В. Шарнина, А.С. Желнова // Сб. мат-лов XIII Международного семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы», (Smartex-2010) / ИГХТУ, Иваново. 2010. С.162-163
4. **Владимирцева Е.Л.** Улучшение потребительских свойств шерсти / Владимирцева, Л.В. Шарнина, М.А.Вельбой // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности 2012. т.17. № 3. С. 91-95
5. **Лувшис Л.А.** Технический контроль в ткачестве и отделке шерстяных тканей /Л.А. Лувшис, Е.И. Биренбаум М.: Легкая индустрия, 1971. 264 с

*Е.С. Егорова, студ.; рук. О.А. Кабанов к.ф.-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ИЗЛУЧЕНИЯ СЕРОГО ТЕЛА

Согласно закону Стефана – Больцмана, энергетическая светимость абсолютно чёрного тела прямо пропорциональна четвёртой степени абсолютной температуры:

$$R = \sigma T^4, \quad (1)$$

Для серого тела закон записывают в таком виде:

$$R = \varepsilon \sigma T^4, \quad (2)$$

где ε – степень черноты.

Предлагается учитывать степень черноты не в коэффициенте, а в показателе степени температуры, т. е.

$$R = \sigma T^n, \quad (3)$$

где n – близко к 4.

Данное предположение основано на результатах эксперимента.

Была снята вольтамперная характеристика осветительной лампы накаливания мощностью 25 Вт в диапазоне напряжений 100 – 190В.

Допущения, принятые при интерпретации экспериментальных данных:

- нить лампы накаливания является серым телом;
- серое тело не находится в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой;
- вся мощность электрического тока, или какая-то постоянная её часть, преобразуется в мощность излучения, $RS \sim IU$;
- сопротивление нити лампы накаливания пропорционально абсолютной температуре, $\frac{U}{I} \sim T$.

На рис. 1. представлен график зависимости логарифма мощности излучения от логарифма абсолютной температуры. Экспериментальные данные с хорошей точностью аппроксимируются линейной зависимостью. Это подтверждает, что энергетическая светимость представляет собой степенную зависимость от абсолютной температуры.

Через полученные экспериментальные точки в двойном логарифмическом масштабе по методу наименьших квадратов проведены прямые линии. Сплошная прямая линия соответствует выражению (3) с $n=2,98$. Пунктирная прямая линия соответствует выражению (2), т. е. с показателем степени абсолютной температуры, равным 4.

Наиболее близкое описание экспериментальных данных даёт, предложенный вид уравнения с учетом степени черноты тела в показателе степени абсолютной температуры с n , близким к 4 (выражение 3). Среднее квадратичное отклонение экспериментальных данных от зависимости (3) на порядок меньше, чем от (2).

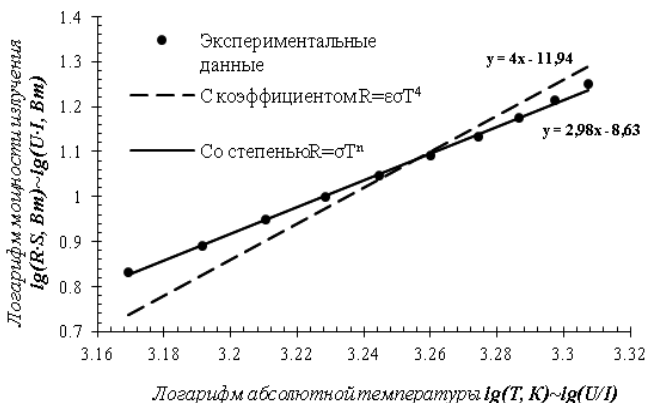


Рис. 1. Зависимость логарифма мощности излучения от логарифма абсолютной температуры

*Шашурин К.С. студ.; рук. И.П. Игошин, к.ф.-м.н., доц.;
О.А. Кабанов к.ф.-м.н., доц. (ИГЭУ)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСРЕДНЕННОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЖИДКОСТИ В ПЕРЕМЕННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ

Молекулы многих жидкостей представляют собой электрические диполи, которые, в отсутствие внешнего электрического поля, ориентированы хаотически. Упорядочение диполей во внешнем электрическом поле занимает некоторое время и называется процессом поляризации диэлектрика. Степень поляризации (модуль вектора поляризации) зависит от напряженности поля и характеризуется диэлектрической восприимчивостью или диэлектрической проницаемостью. В переменном электрическом поле ориентация диполей не успевает следовать за изменениями направления напряженности поля, поэтому для таких диэлектриков характерны диэлектрические потери или проводи-

мость на переменном токе, не связанная с перемещением заряженных частиц.

В некоторых полярных жидкостях, например в воде, взаимодействие между молекулами может привести к определенному упорядочению их расположения в ограниченном объеме и образуется так называемый кластер (1). Наличие таких кластеров практически не влияет на диэлектрическую проницаемость жидкости, если измерительное электрическое поле однородное. В таком поле происходит только изменение ориентации диполей в кластере, но не разрушается сам кластер. В неоднородном электрическом поле кроме вращающего момента, на диполь действует еще и сила, стремящаяся «втянуть» его в область более сильного поля, что может привести к разрушению кластера и к изменению диэлектрической проницаемости. Добиться разрушения кластера в процессе измерений можно увеличением степени неоднородности измерительного поля.

Для экспериментальной проверки зависимости усредненной диэлектрической проницаемости жидкостей от степени неоднородности электрического поля мы используем цилиндрический конденсатор со сменным внутренним цилиндром. Диэлектрическая проницаемость и проводимость вычисляется по экспериментальным значениям электрической емкости и проводимости этого конденсатора после заполнения пространства между обкладками исследуемой жидкостью. Заполнение жидкостью осуществляется погружением коаксиальных цилиндров в емкость с исследуемой жидкостью. Степень неоднородности измерительного поля зависит от соотношения диаметров наружного и внутреннего цилиндров. Электроемкость незаполненного жидкостью конденсатора (геометрическая электроемкость) зависит длины и соотношения диаметров цилиндров. При необходимости ее можно сделать достаточно большой для уменьшения относительной погрешности измерений.

Для измерений электроемкости конденсатора и его проводимости (или тангенса угла диэлектрических потерь) используется «Измеритель L C R цифровой E7-8». Эквивалентная схема замещения измеряемого объекта - параллельная; измерительное напряжение - переменное с частотой колебаний 1000 Гц и амплитудным значением не более 4,3 В. Измеритель E7-8 также предусматривает возможность подачи постоянного поляризующего напряжения (до 20 В) на измеряемый конденсатор одновременно с измерением электроемкости. Это дает возможность определения дифференциальной (реверсивной) диэлектрической проницаемости, если жидкость является нелинейным диэлектриком и, одновременно, способствует разрушению кластера.

Библиографический список

1. Зацепина Г.Н. Физические свойства и структура воды. – М: Изд-во Моск. ун-та, 1998. -184 с.

*А. Коробкова, Ф. Маюсупов, студенты;
рук. М.В. Дмитриев, к.т.н., доц.; В.Г. Комин, к.т.н., доц.
(ИГЭУ г. Иваново)*

**ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ
ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ
ЖИДКОСТЕЙ СПОСОБОМ ОТРЫВА КАПЛИ**

Силы взаимодействия молекул поверхностного слоя жидкости с собственными молекулами и молекулами другой среды неодинаковы и это обуславливает существование границы раздела между средами. Молекулы поверхностного слоя наподобие мономолекулярной "пленки" обтягивают весь объем жидкости, и у разных жидкостей такие пленки характеризуются разными свойствами в частности силой поверхностного натяжения. Изучение этой силы расширяет наши представления о взаимодействиях между молекулами, что и служит основанием для введения в лабораторный практикум по молекулярной физике лабораторной работы по измерению коэффициента поверхностного натяжения жидкостей.

Существует несколько способов измерения коэффициента поверхностного натяжения жидкостей и среди них способ отрыва капли от торца капиллярной трубки достаточно прост в проведении измерений и дает результаты, уступающие по точности лишь способу капиллярных волн. Однако практическая реализация этого способа встречает определенные трудности. Причина заключается в том, что материал капиллярной трубки не должен смачиваться исследуемой жидкостью. В этом случае образующаяся при отрыве от капилляра капли шейка по диаметру оказывается равной внутреннему диаметру капилляра. Капли, отрывающиеся с постоянной частотой, одинаковы по массе и при большом их количестве (несколько сотен) масса одной капли может быть определена с большой точностью. Соответственно с большой точностью может быть определен коэффициент поверхностного натяжения. Но случайное загрязнение торца капилляра может вызвать смачивание его исследуемой жидкостью и тогда шейка отрывающейся капли уже не будет равна внутреннему диаметру капилляра. Более того, шейка может быть не одинакова от капли к капле и установка оказывается не пригодной для проведения эксперимента.

При создании лабораторной установки двумя важными задачами были подбор материала капиллярной трубки и защита ее рабочего торца от загрязнения в процессе эксплуатации и хранения. Исследуемыми жидкостями были выбраны вода и растворы разной концентрации этилового спирта в воде. Стеклоянные и металлические капиллярные трубки после ряда испытаний оказались не пригодны, хорошие результаты были получены с полиэтиленовыми трубками.

Схема лабораторной установки показана на рис. 1.

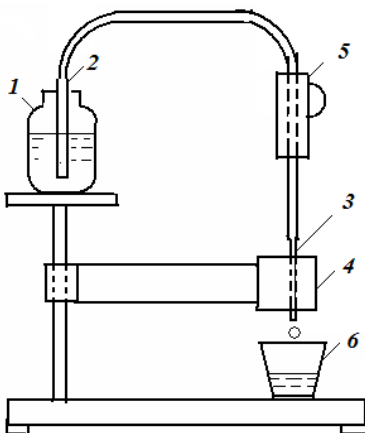


Рис. 1. Схема лабораторной установки

На один конец тонкой прозрачной пластмассовой трубки надета заборная часть 2 в виде пластмассового цилиндра. Этот цилиндр опускается в сосуд 1 с исследуемой жидкостью. На другом ее конце крепится тонкая капиллярная трубка 3, закрепляемая в держателе 4 пружинным зажимом. По середине трубки располагается подвижный зажим 5 для регулировки частоты истечения капель. Капли падают в стаканчик 6, после взвешивания которого определяется масса капель.

После проведения измерений жидкость из пластмассовой трубки и из стаканчика сливается обратно в сосуд 1. Трубка снимается с установки и ее конец с капилляром 3 вставляется в пластмассовый заборный цилиндр 2, что позволяет предохранять его от загрязнения в процессе хранения. В процессе же измерений или подготовки к измерениям не допускается соприкосновение капилляра с какими-либо другими веществами кроме исследуемой жидкости.

Таким образом, две поставленные задачи были успешно решены и испытания лабораторной установки в течение семестра показали надежность разработанной конструкции. Лабораторная работа внедрена в практикум по молекулярной физике на кафедре физики ИГЭУ.

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

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В СОВМЕСТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ И МАГНИТНОМ ПОЛЯХ

Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях широко используется в экспериментальной физике. Управление потоками зарядов электрическими и магнитными полями лежат в основе действия многих электронных приборов: осциллографов, электронных микроскопов, ускорителей, телевизионных устройств и др.

В электрическом поле с напряженностью \vec{E} и магнитном поле с индукцией \vec{B} на частицу, имеющую заряд q и массу m , действует сумма сил

$$\vec{F} = \vec{F}_{эл} + \vec{F}_m = q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}]. \quad (1)$$

Направление вектора $\vec{F}_{эл}$ совпадает с направлением \vec{E} при $q>0$ и противоположно направлению \vec{E} при $q<0$. Электрическая сила $\vec{F}_{эл}$ меняет величину скорости частицы, совершает работу, равную изменению кинетической энергии.

Магнитная сила \vec{F}_m всегда перпендикулярна векторам \vec{v} и \vec{B} . Поэтому она сообщает частице только нормальное ускорение, не изменяя величину скорости и, следовательно, не совершая работы.

Согласно второму закону Ньютона,

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{E} + q[\vec{v}\vec{B}]. \quad (2)$$

Направления векторов \vec{B} и \vec{E} , а также вектора начальной скорости \vec{v}_0 задают характер движения частицы, позволяют найти зависимости скорости и координат от времени и определить траекторию.

В данной работе разбираются три случая:

- 1) векторы \vec{B} и \vec{E} имеют одинаковое направление, \vec{v}_0 совпадает с общим направлением полей;

2) векторы \vec{B} и \vec{E} сонаправлены. Начальная скорость \vec{v}_0 перпендикулярна направлению полей;

3) векторы \vec{B} и \vec{E} взаимно перпендикулярны ($\vec{B} \perp \vec{E}$), и начальная скорость равна нулю.

1 случай.

Магнитное поле не действует на частицу. Электрическое поле сообщает постоянное тангенциальное ускорение. Заряд движется равномерно по прямолинейной траектории.

2 случай.

Заряженная частица участвует одновременно в двух независимых движениях.

Перемещается равноускоренно и прямолинейно вдоль силовых линий полей под действием электрической силы;

Вращается по окружности в плоскости, перпендикулярной силовым линиям, под действием силы Лоренца.

Результирующая траектория – винтовая линия с постоянным радиусом и изменяющимся шагом.

3 случай.

Заряд движется в однородных взаимно перпендикулярных магнитном и электрическом полях ($\vec{B} \perp \vec{E}$). Начальная скорость равна нулю.

Второй закон Ньютона сначала записывается в векторном виде, затем – в координатной форме. Полученная система дифференциальных уравнений решается путем введения удобной комплексной переменной. Находятся выражения для проекций скорости и координат.

Траектория частицы – циклоида.

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

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ДВУХ РАМОК С ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

В настоящее время является актуальным воздействие электромагнитного поля на некоторые участки человеческого мозга. В связи с этим необходимо создать физическую модель электромагнитного поля нескольких рамок с токами.

В настоящей работе приведено аналитическое выражение для напряженностей электрического и магнитного полей одного контура с током.

Получено численное решение уравнений, описывающих электромагнитное поле двух одинаковых контуров с токами для ряда симметричных направлений.

С помощью программы Mathcard рассчитано распределение электромагнитного поля двух контуров с током в двух случаях: а) контуры находятся в одной плоскости, б) нормали к контурам образуют некоторый угол.

Проанализировано распределение плотностей энергии электрического и магнитного полей в зависимости от взаимной ориентации двух контуров.

Проекция вектора напряженности магнитного поля одной рамки

$$\text{имеют вид: } H_{\theta} = -\frac{IS\beta}{2\lambda} \sin \theta \frac{e^{-j\beta r}}{r}$$

$$H_r = \frac{jIS}{\lambda} \cos \theta \frac{e^{-j\beta r}}{r^2}$$

где S – площадь рамки, I – сила тока в рамке, r – расстояние от центра рамки до точки наблюдения, λ – длина электромагнитной волны,

$$\beta = \frac{\omega}{c} - \text{коэффициент фазы волны, } \theta - \text{азимутальный угол.}$$

*В.А. Игошина, А.А. Соколов, студенты;
рук. И.А. Крылов, к.т.н.; доц., Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Электронно-дырочный переход (р-п-переход) является основным элементом многих полупроводниковых приборов: диодов, транзисторов, интегральных схем.

Цель работы – построение вольт-амперной характеристики (ВАХ) р-п перехода полупроводникового диода. Теория р-п перехода рассматривается в трудной теории твердого тела. В современном курсе общей физики это сделали предметом самостоятельного изучения. Однако материал важен для ряда специальных дисциплин, например, промышленной электроники. Поэтому выполнение данной лаборатор-

ной работы поможет студентам в дальнейшем изучении полупроводников, обеспечивая связь учебных предметов.

P-n переходом называется очень тонкий переходный слой, образованный на границе между областью с примесной дырочной проводимостью (p-типа) и примесной электронной проводимостью (n-типа). Толщина p-n перехода составляет примерно $10^{-6} \div 10^{-7}$ м. В области p-типа основными носителями тока являются дырки, а неосновными – электроны. В области n-типа основными носителями являются электроны, а неосновными – дырки. Диффузия электронов в область p-типа и диффузия дырок в область n-типа, во-первых, приводит к увеличению электрического сопротивления p-n-перехода, а во-вторых, к образованию двойного электрического слоя на границе между областями p-типа и n-типа. Этот двойной электрический слой создает контактное электрическое поле, характеризующееся напряженностью \vec{E}_k и разностью потенциалов U_k , составляющей несколько десятых долей вольта.

При подаче на p-n переход прямого напряжения $U_{\text{прям}}$ («+» источника тока к p-области, а «-» к n-области) внешнее электрическое поле будет направлено навстречу \vec{E}_k и будет ослаблять его. В результате ток основных носителей $I_{\text{осн}}$ увеличится, а ток $I_{\text{неосн}}$ останется прежним, т.к. он не зависит от \vec{E}_k . Следовательно, через p-n переход будет протекать результирующий ток, называемый прямым, $I_{\text{прям}} = I_{\text{осн}} - I_{\text{неосн}}$. Он будет быстро нарастать при увеличении $U_{\text{прям}}$ (рис. 1).

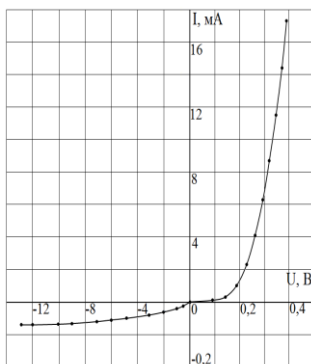


Рис. 1. ВАХ p-n перехода германиевого диода

При подаче на p-n переход обратного напряжения $U_{\text{обр}}$ («+» источника тока к n-области, а «-» к p-области) внешнее поле будет направ-

лено одинаково с \vec{E}_k и будет усиливать его. В результате небольшой ток основных носителей $I_{осн}$ будет быстро уменьшаться, стремясь к нулю, а ток $I_{неосн}$ останется прежним. Следовательно, результирующий ток, называемый обратным, быстро станет равным $I_{обр}=I_{осн}$ (рис.1). Описанная ВАХ позволяет использовать p-n переход для выпрямления переменного тока.

В ходе лабораторной работы снимались прямая и обратная ветви ВАХ p-n перехода германиевого диода. Для этого использовалась электрическая схема, приведенная на рис. 2.

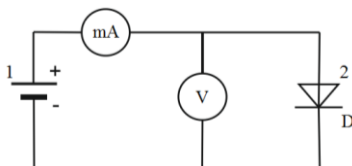


Рис. 2. Электрическая схема для снятия прямой ветви ВАХ p-n перехода германиевого выпрямительного диода D: 1- регулируемый источник постоянного напряжения (0...+15В); 2 - выпрямительный диод D. Для снятия обратной ветви ВАХ диод D в схеме включается наоборот.

Библиографический список

1. Крылов, И.А. Физические основы электромагнитных процессов в технических средствах автоматизации: учеб. пособие/ И.А. Крылов; ИГЭУ. – Иваново, 2004.

*А.В. Дмуховская, М.С. Фадеева, студенты;
рук. Г.А. Шмелева, к.п.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕВОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОДНОРОДНО НАМАГНИЧЕННОГО СТЕРЖНЯ

Уравнения электростатики и магнитостатики в электродинамике Максвелла идентичны. Любой задаче электростатики соответствует аналогичная задача магнитостатики. При замене напряженности электрического поля \vec{E} на напряженность магнитного поля \vec{H} , и вектора

поляризации $\frac{\vec{P}}{\epsilon_0}$ на вектор намагниченности \vec{M} , для нахождения маг-

нитного поля можно применить модель «магнитных» зарядов [1]. Следовательно, для расчета магнитного поля мы рассматриваем электрическое поле такой же системы электрических зарядов. Для электрического поля сначала находим потенциал $\varphi = \int d\varphi = \int k \frac{dq}{r}$, потом находим $\vec{E} = -grad\varphi$. В дальнейшем переходим к магнитному полю \vec{H} . Такого рода задача рассматривается на примере аналогии электрического поля однородно поляризованного шара и магнитного поля однородно намагниченного шара [2].

В данной работе рассчитывается более простой пример магнитного поля однородно намагниченного цилиндрического стержня – «магнитного щупа» (рис. 1). Торец стержня закруглен и имеет вид полусферы радиусом a . Применение метода «магнитных» зарядов позволило найти напряженность осевого магнитного поля \vec{H} на оси стержня Z

$$H(z) = \frac{M}{6} \left(1 + 2 \left(\frac{a}{z} \right)^3 + 2 \left(1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2 \right)^{3/2} - 3 \left(1 + \left(\frac{a}{z} \right)^2 \right)^{1/2} \right). \quad (1)$$

На рис. 2 дан график зависимости напряженности магнитного поля $H(z)$ для стержней разного радиуса: 1 – 1 мм, 2 – 5 мм, 3 – 1 см.

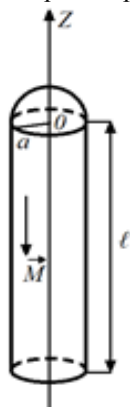


Рис.1

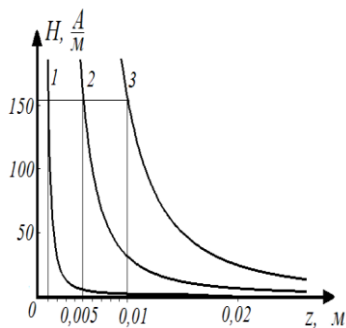


Рис.2

Из графика видно, что при одной и той же намагниченности вещества стержня магнитное поле тонкого «магнитного шупа» убывает быстрее. На больших расстояниях магнитное поле стремится к нулю, как следует из теории. Напряженность магнитного поля вблизи торца стержня при $z=a$ не зависит от радиуса полусферы и имеет одно и то же значение, соответствующее значению магнитного поля на поверхности полусферы.

Возможное практическое применение модели связано с тем, что сила \vec{F} , действующая на магнитные моменты атомов вещества \vec{p}_m в неоднородном магнитном поле \vec{B} , равна

$$\vec{F} = (\vec{p}_m \nabla) \vec{B}. \quad (2)$$

Для тонкого «магнитного шупа» скорость изменения магнитного поля выше, чем для стержня большего радиуса. Следовательно, сила, действующая на малых расстояниях от стержня, будет больше для малого стержня.

Библиографический список

1. Тамм И.Е. Основы теории электричества: Учеб. пособие для вузов. – 11-е изд., испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 616 с.
2. Смайт В. Электростатика и электродинамика. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. – 606 с.

*Н.Н. Ковалева, И.А. Болтунов, студенты;
рук. М.В. Дмитриев, к.т.н., доц.; С.С. Борута, ст. преп.
(ИГЭУ г. Иваново)*

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКА МАКСВЕЛЛА

Любое сложное механическое движение можно разбить на поступательное и вращательное. Типичным видом плоского движения является движение маятника Максвелла.

При создании лабораторной установки для изучения плоского движения твердого тела использовался маятник Максвелла, значение момента инерции которого определялось с помощью разбиения плоского движения маятника на поступательное движение его центра инерции (ЦИ) и вращательное вокруг мгновенной оси вращения, проходящей через ЦИ. Значение определенного момента инерции сверялось с теор-

ретическим значением, которое рассчитывалось из геометрических размеров и плотности материала маятника.

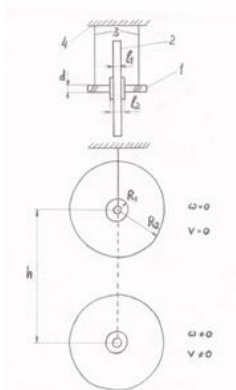


Рис. 1. Схема маятника Максвелла

Упрощенный вид установки для изучения маятника Максвелла представлен на рис. 1. Маятник состоит из цилиндрической оси 1, диска сложной формы 2 и двух нитей одинаковой длины 3. Концы нитей закреплены на опорной площадке 4.

Принцип действия прибора основан на законе сохранения энергии. В начальном состоянии обе нити намотаны на ось, маятник поднят к опорной площадке и удерживается около нее. После отпускания под действием силы тяжести и силы натяжения нитей маятник начинает вращаться и опускаться вниз. При этом потенциальная энергия маятника переходит в кинетическую энергию вращательного движения и кинетическую энергию поступательного движения центра масс маятника. Если центр масс маятника опустился на расстояние h , то момент инерции маятника можно найти как

$$J = \frac{md^2}{4} \left(\frac{gt^2}{2h} - 1 \right), \quad (1)$$

где m – масса; d – диаметр маятника; t – время; g – ускорение свободного падения.

Это выражение является основной рабочей формулой при выполнении работы. Выражение (1) для момента инерции маятника можно получить также чисто динамически, используя 2-й закон Ньютона и основное уравнение динамики вращательного движения.

Теоретический расчет момента инерции маятника Максвелла производится с учетом его аддитивности, т.е. того, что момент инерции сложного тела J относительно произвольной оси равен сумме моментов инерции его составных частей относительно той же оси. В нашем случае

$$J_{\text{теор}} = J_o + J_{\text{ци}} + J_{\text{нц}}, \quad (2)$$

где J_o – момент инерции оси диска; $J_{\text{ци}}$ – момент инерции сплошного цилиндра, являющегося внутренней частью диска сложной формы; $J_{\text{нц}}$ – момент инерции полого цилиндра, являющегося внешней частью диска. Зная линейные размеры и плотность материала оси и диска можно рассчитать эти моменты инерции.

Экспериментальная часть включает в себя следующие пункты:

1. Зафиксировать расстояние h , на котором будет измеряться время t движения маятника вниз. На расстоянии h время падения t измерить 5 раз. Полученные данные занести в таблицу. Рассчитать среднее значение времени падения $t_{\text{ср}}$.
2. Рассчитать массу маятника Максвелла.
3. Рассчитать экспериментально полученное значение момента инерции маятника Максвелла.
4. С помощью штангенциркуля и линейки измерить диаметр оси маятника, длину оси, ширины диска маятника, радиусы диска.
5. Рассчитать моменты инерции оси, сплошного цилиндра, являющегося внутренней частью диска сложной формы, полого цилиндра и теоретическое значение момента инерции всего маятника Максвелла.
6. Сравнить теоретически вычисленное значение момента инерции с экспериментально измеренным в пункте 3. Для этого оценить относительную погрешность измерения момента инерции.

Библиографический список

2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. М: Наука, – 1982.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Механика. М: Наука, – 1978.

*Т.В.Савинова, Е.М.Козлова, Э.М.Маянцев, студ.;
рук. Н. Г. Демьянцева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В настоящее время во многих науках используется компьютерное моделирование, являющееся актуальным при исследовании физических процессов, явлений и проверки различных гипотез и предположений. Так, например, мы не можем увидеть магнитное поле и наблюдать визуально движение в нем элементарных частиц. Одним из выходов в данной ситуации мы видим использование метода компьютерного моделирования.

Цель работы: создание компьютерной программы для моделирования траектории заряженной частицы в однородном магнитном поле.

На заряженную частицу с зарядом q , движущуюся со скоростью \vec{v} в магнитном поле с индукцией \vec{B} действует сила Лоренца

$\vec{F} = q[\vec{v} \times \vec{B}]$. Сила Лоренца всегда направлена перпендикулярно скорости, следовательно, под действием этой силы частица приобретает нормальное ускорение $a_n = \frac{v^2}{R}$, т.е. направление скорости меняется, а ее модуль остается постоянным. Мы рассматривали случай, когда частица влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции. В данной ситуации заряженная частица будет равномерно двигаться по окружности радиуса $R = \frac{mv}{qB}$ с периодом вращения $T = \frac{2\pi m}{qB}$.

Данная компьютерная программа разработана как Windows-приложение в среде программирования C# в программе Visual Studio. Она позволяет наблюдать, как зависит радиус траектории движения заряженной частицы от ее скорости, знака заряда и индукции магнитного поля. Графический интерфейс программы для моделирования траектории движения заряженных частиц в магнитном поле показан на рис. 1.

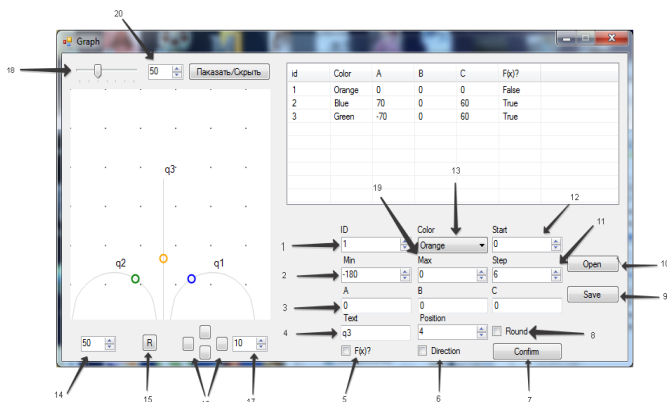


Рис. 1. Графический интерфейс программы:

1 – ID(номер траектории); 2 – Min (минимальное значение траектории на оси); 3 – коэффициенты; 4 – текст траектории и позиция; 5 – стандартная функция; 6 – направление траектории; 7 – подтверждение изменений; 8 – вид траектории; 9 – сохранение в файле; 10 – открыть файл; 11 – скорость движения частицы; 12 – начальное позиция рисования; 13 – цвет частицы; 14 – общая скорость; 15 – сброс; 16 – управление; 17 – задержка движения частицы; 18 – размер траектории; 19 – максимальное положение траектории на оси; 20 – величина магнитной индукции

Данную программу можно использовать на лекциях и на лабораторных работах в качестве демонстрации траектории движения заряженной частицы при изучении темы «Сила Лоренца». На уроках информатики, в качестве накопления опыта по проектированию и созданию компьютерных программ.

Разработка подобных программ способствует выработке навыков компьютерного моделирования, а также позволяет глубже понять сущность физических законов, их теорию и применение в практической деятельности.

*М.А. Лобанов, студ., Т.И. Костромская;
рук. Н. Г. Демьянцева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В ПОЛЕ ПЛОСКОГО КОНДЕНСАТОРА

Нами была разработана программа на языке C# для моделирования движения заряженных частиц в поле плоского конденсатора. Данная программа позволяет наблюдать траекторию движения, варьируя различные характеристики частицы: массу, модуль и знак заряда, модуль и направление начальной скорости влета частицы в поле конденсатора, а так же разность потенциалов между обкладками конденсатора. Программа позволяет наблюдать как движение одной частицы, так и группы частиц с заданными характеристиками, что позволяет одновременно наблюдать за характером движения различных заряженных частиц в однородном электростатическом поле. Для удобства наблюдения траектории нескольких частиц можно изменять их цвет. На рис.1 представлен скриншот экрана в процессе работы программы.

Для моделирования движения частиц использовались законы движения материальной точки.

Движение заряженной частицы в электростатическом поле обусловлено действием на неё силы равной $\vec{F} = q\vec{E}$, где q – заряд частицы, \vec{E} – вектор напряженности электрического поля. Напряженность плоского конденсатора можно выразить через разность потенциалов $\Delta\varphi$ и расстоянием d между обкладками $E = \frac{\Delta\varphi}{d}$.

*Н. А. Кондакова, О. Н. Куликова, Д. С. Кузнецов, студенты;
рук. Н. Г. Демьянцева, к.т.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

С использованием изделия из металлов, появилась необходимость придания им соответствующей функциональной и эстетической формы. Для изменения размеров и формы, а также состояния поверхности металлических изделий используют электрохимические способы обработки, при которых производится электроокисление металлических изделий: электрохимическая размерная обработка, электрохимическое полирование и анодирование.

Анодная обработка изделий для придания им требуемой формы получила название электрохимической обработки металлов. Электрохимические методы обработки металлов основаны на принципе электролиза. Основной закон электролиза сформулировал английский учёный Майкл Фарадей. Согласно этому закону, количество вещества m , выделенного или растворённого на электродах за время t , прямо пропорционально количеству электричества q , прошедшего через электролит.

При электрохимической размерной обработке происходит анодное растворение металлической заготовки при высокой плотности постоянного тока в проточном электролите. Обрабатываемая деталь подсоединяется к положительному источнику тока и становится анодом, а электрод-инструмент – к отрицательному и становится катодом. Расстояние между катодом и анодом устанавливают от 0.05 до 0.5 мм, и в этом малом зазоре, с помощью насоса, непрерывно прокачивается электролит.

Различные стадии электрохимической размерной обработки металлов, выполненные в САД системе, представлены на рис. 1.

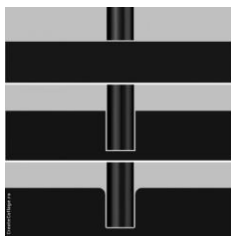


Рис.1. Стадии электрохимической размерной обработки металлов.

Электрохимическая обработка металлов позволяет:

- обрабатывать любые металлы и сплавы, независимо от химоста ва и механических свойств;
- инструмент-катод не изнашивается;
- эта обработка не меняет структуру металла, не даёт трещин и других дефектов;
- упрощается технология обработки, особенно если необходимо выполнить фигурное отверстие и полость сложной формы, т.к. необходимо только поступательное движение катода нужной конфигурации.

В настоящее время разрабатываются различные методики моделирования формообразования при электрохимической обработке металлов, основывающиеся на итерационном расчете соответствующих параметров в различных программах, в том числе в программе ANSYS. Основная часть времени при работе в данной программе требуется для проектирования модели системы используемых электродов.

Цель данной работы заключается в разработке базы различных систем электродов (электрода-инструмента и заготовки) для исследования электрохимической обработки металлов. Данные модели строятся в САД-системе, по указанным размерам в виде 3d моделей и 2d чертежей (рис.2.). В дальнейшем они могут легко импортироваться в специальные программы, в том числе в ANSYS, для наблюдений и изучений данных процессов.

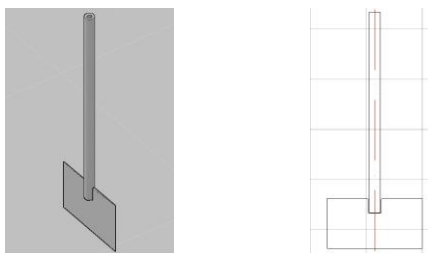


Рис.2. Пример 3d модели и 2d чертежа.

Библиографический список

1. **Давыдов А.Д.**, Козак Е. Высокоскоростное электрохимическое формообразование. М.: Наука. 1990. 272 с.
2. **Мингулина Э.И.**, Масленникова Г.Н., Коровин Н.В. Курс общей химии. М.: Высшая школа. 1990. 446 с.
3. **Девис С.**, Джеймс А. Электрохимический словарь. М.: Мир. 1979. 288 с.

*И.Н. Куварзин, М.О. Мерьякубова, студенты;
рук. И.В. Неверов, доц.
(ИГЭУ, г.Иваново)*

ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ПЛЕНОК

Экранирование электромагнитных полей (ЭМП) является актуальной задачей защиты здоровья, информационной безопасности, электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии жилых помещений. Развитие телевидения и радиосвязи, мобильной сотовой связи, интернета вызывает "загрязнение" окружающей среды. Весомый вклад вносят также бытовые электроприборы, электротранспорт и компьютеры. Наведенные электромагнитные поля все чаще вызывают сбои в работе ИТ-оборудования, влияют на качество связи.

В последнее время углубленно изучаются новые научно-практические способы существенного ослабления воздействия электромагнитных полей, создаваемых какими-либо источниками, как на человека, так и на радиоэлектронные приборы. Традиционно для создания электромагнитного экрана или экранированного объема чаще применяются материалы в виде стальных, медных, алюминиевых листов, фольги. В последние годы применяются более современные гибкие композитные материалы в виде сетки, ткани или пленки. Подобные материалы позволяют создавать эксклюзивные электромагнитные экраны для обеспечения потребностей любой из отраслей промышленности и производить многофункциональные высокоэффективные в широком диапазоне частот (от 50 Гц до 100 ГГц и более) мобильные экранированные объемы.

Объектами испытаний являлись металлизированные ткани (4 шт.) /изг. "Плазма-Лаб.", г. Иваново: ткань полиэфирная "Арт. 12082"; ткань полиэфирная "Арт. 190.31"; ткань полиэфирная "Арт. 90.64"; ткань полиэфирная "Арт. 091339ХС".

Целью испытаний являлась оценка степени экранировки (коэффициента прохождения электромагнитного излучения $K_{прох}$) в диапазонах частот: 0.3 МГц - 8 ГГц, 10 ГГц, 16 ГГц.

Измерения в диапазоне частот 0.3 МГц - 8 ГГц проводились на лабораторном стенде, на базе измерителя комплексных коэффициентов передачи "Обзор-804/1", сопряженного с компьютерной системой регистрации и обработки сигнала. Образцы помещались в коаксиальную измерительную ячейку сечением 16/6.95 мм, согласованную с коаксиальным измерительным трактом и включенную в режим измерения

ослаблений (пропускания). Тракт обеспечивает распространение волны ТЕМ-моды. Перед проведением измерений проводилась калибровка пустой измерительной ячейки по амплитуде и фазе. Достоверность измерений амплитуды ослабленного сигнала проверялась включением набора фиксированных аттенюаторов соответствующего частотного диапазона (30, 50 дБ). Образцы изготавливались таким образом, чтобы обеспечить электрический контакт центрального и внешнего проводников по всему периметру. После помещения ячейки с образцом в измерительный тракт определялись соответствующие коэффициенты пропускания.

Измерения на частотах 10 ГГц и 16 ГГц проводились в секциях прямоугольных, волноводов соответствующих сечений 23x10 мм и 16x8 мм, на основной моде, при нормальном падении электромагнитной волны на образец, полностью заполняющий сечение линии. Измерения выполнены на идентичных лабораторных установках, построенных на базе СВЧ генераторов Г4-83 и Г4-108, измерительных волноводных линии, встроенных в тракт с вентильными развязками, селективных нановольтметров типа "Unipan 235". Динамический диапазон составлял 80 дБ. Экспериментально определялись коэффициенты пропускания $K_{пр}$ и отражения от образцов, перекрывающих сечение согласованного волноводного тракта, при двух поляризационных положениях образцов относительно вектора электрического поля.

Пример частотной зависимости коэффициента пропускания для электропроводящих тканей определённый в коаксиальном тракте, приведен на рис. 1.

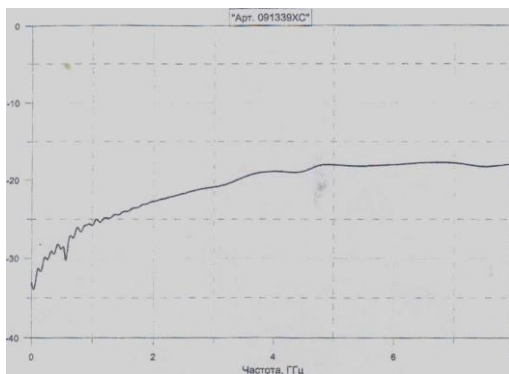


Рис. 1. Частотная зависимость коэффициента пропускания электромагнитного излучения образцом ткани марки «Арт. 091339ХС» (коаксиальный тракт)

Коэффициенты пропускания образцов тканей, определённые в волноводных трактах на частотах 10 ГГц и 16 ГГц приведены в табл.1 для двух поляризий электрического поля

Таблица1 - Коэффициенты пропускания электромагнитного излучения СВЧ диапазона

1 № п/п	Образец ткани (плёнки)	Кпр (волновод), дБ				
		С учётом поляризации			Среднее	
		поляриз.	10 ГГц	16 ГГц	10 ГГц	16 ГГц
1	«Арт. 12082»		-40.7	-38.8	-39.3	-37.9
		⊥	-38.2	-37.2		
2	«Арт. 190.31»		-53.6	-51.7	-53.3	-51.5
		⊥	-53.0	-51.4		
3	«Арт. 90.64»		-52.5	-48.5	-52.3	-48.5
		⊥	-52.2	-48.5		
4	«Арт. 091339XC»		-60	-54.5	-55.4	-51.1
		⊥	-53.2	-49.2		
		⊥	-39.0	-46.4		
		⊥	-18.1	-9.3		

ВЫВОДЫ:

Образцы металлизированных тканей показали высокие экранирующие свойства (усреднённый коэффициент пропускания не более -37 дБ).

Коэффициент пропускания ЭМИ для образцов металлизированных тканей изотропен.

Ткани «Арт. 190.31», «Арт. 90.64» обеспечивают наиболее высокий уровень экранирования (-45...50 дБ) во всём исследованном диапазоне частот и могут использоваться в качестве радиоэкранирующих материалов, ткань «Арт. 12082» обеспечивает экранирование более 30 дБ при высоком светопропускании.

Библиографический список

1. **A.I.Olshanskiy.** Composite material package and carrier made on the basis of the composite material and method of producing the composite material. PCT/RU2009/000177. 14.04.2009 г.
2. **СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96** Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ).

3. **В. Н. Коваленко, Д.Н. Владимиров, Е. Н. Хандогина.** Многофункциональные мобильные экранированные объемы. Технологии оборудование материалы", апрель- июнь 2003.

4. **С.М.Коробейников, Л.И.Сарин, В.М.Хохлов.**Экранирующий материал для защиты от ЭМП. Москва, ГУП ВИМИ, 2005.

*А.А. Басараб, П.А. Шувалов, студенты; рук. И.В. Неверов, доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ИК-СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ МАГНЕТИТА

В качестве объекта исследования использовался нанокристаллический магнетит, полученный химическим способом, имеющий структуру обращенной шпинели, и состоящий из ядра и органической оболочки. Регистрация ИК-спектров проводилась на спектрофотометре Spеrcord-M80 в диапазоне частот от 2200-400 см^{-1} на образцах в виде таблеток, приготовленных методом прессования с КВг.

Для исследования нами были выбраны порошки ультрадисперсного магнетита, синтезированные из водноацетоновой (кривая-а) и водно-диоксановой (кривая-б) сред со средним размером сферических частиц около 80 нм. Спектр пропускания этих образцов приведен на рис. 1.

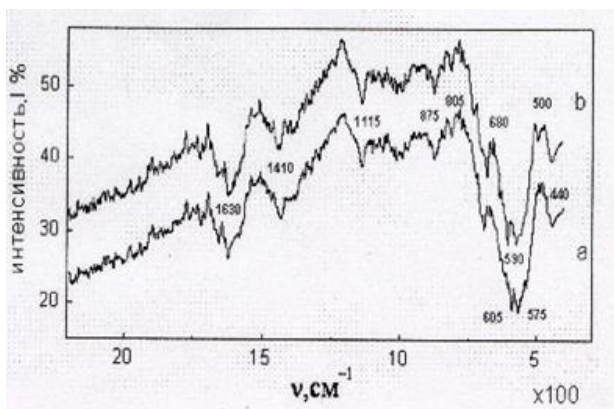


Рис. 1. ИК-спектры наномagnetита (Fe_3O_4)

Можно видеть принципиальное сходство спектральной картины нанопорошков магнетита: профили их спектров практически одинаковы по своей форме. В обоих спектрах наблюдаются две широкие поло-

сы поглощения ν_1 и ν_2 вблизи 590 и 440 см^{-1} , ассоциируемые с решеточными колебаниями Fe-O-связей в тетра- и октаэдрических позициях Fe_3O_4 . Такое отнесение полос находится в согласии с [1], где две полосы ν_1 и ν_2 приписываются колебательным модам Fe-O в катионных подрешетках кристаллической структуры магнетита. Однако колебания Fe-O-связей в ИК-спектре наномангнетита, в отличие от блочного магнетита, где они проявляются при 580 и 400 см^{-1} [2,3], сдвинуты в сторону более высоких частот, а полоса при 590 см^{-1} испытывает расщепление на два пика (605 и 575 см^{-1}). Эти различия – голубой сдвиг полос ν_1 и ν_2 и расщепление полосы ν_1 - можно интерпретировать как результат влияния размерного фактора наночастиц с большим отношением площади поверхности к их объему.

Как отмечается в [4], с достижением предельных наноразмеров на поверхности наночастиц происходит разрушение большого числа межатомных связей и возрастают "натяжения" сохранившихся связей. В результате, с ростом "натяжения" силовая постоянная колебаний (f) оставшихся связей увеличивается и, отвечающие им полосы, согласно

равенству $\nu = \sqrt{\frac{f}{m}}$ сменяются к более высоким частотам. Можно ожидать, что возрастающее между структурными элементами "натяжение" должно в итоге привести к сокращению кристаллической решетки наномангнетита. Это предположение хорошо согласуется с результатами рентгеноструктурного анализа [5], свидетельствующих об уменьшении параметров кристаллической решетки в нано частицах. Другой эффект размерного фактора наночастиц - расщепление полосы ν_1 , указывающее на расщепление энергетических уровней ионов Fe, можно объяснить происходящей в кристаллической структуре магнетита перегруппировкой делокализованных электронов и, возникающим при этом асимметричном воздействии со стороны локальных электрических полей соседних ионов на 3d-оболочку иона Fe.

Наряду с отмеченными выше характеристическими полосами ν_1 и ν_2 в ИК-спектрах наномангнетита присутствуют полосы поглощения, свидетельствующие о наличии в исходных реактивах (при синтезе Fe_3O_4) органических веществ. эта полоса при 1115 см^{-1} , обусловленная валентным колебанием C-O-C связей, а также полосы с максимумом при 875 и 805 см^{-1} , относящиеся к деформационным колебаниям NH_2 групп и к валентным колебаниям NO-группы, соответственно. В спектре наномангнетита наблюдается также полоса при 1630 см^{-1} , относящаяся к деформационным колебаниям остатков воды δ (НОН) и рядом - полоса около 1410-1390, ассоциируемая с колебаниями ради-

кальной группировки -NO_2 . Далее, несмотря на очевидное сходство ИК-спектров наномагнетита, различия водноорганических сред все-таки отражаются на конфигурации ИК-спектров образцов. В ИК-спектре наномагнетита (рис. 3, кривая б), по сравнению с образцом (рис. 3, кривая а) характеристические полосы ν_1 и ν_2 на 5 см^{-1} смещены в сторону более высоких частот и наблюдаются при 595 и 445 см^{-1} , соответственно. При этом интенсивность обоих максимумов (ν_1 и ν_2) испытывает небольшое понижение ($\sim 10\text{-}15\%$). Это может свидетельствовать о первых признаках перестройки кристаллической структуры Fe_3O_4 таких, как нарушение ближнего порядка и изменение силовых взаимодействий между его структурными элементами. Кроме этого, судя по спектрам поглощения, в составе наномагнетита произошли фазовые превращения с новообразованием оксида железа $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Присутствие $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ подтверждается появлением в ИК-спектре наномагнетита двух размытых максимумов вблизи 680 и 500 см^{-1} , ассоциирующихся, в соответствии с [6], с γ -гематитом.

По результатам проведенного сравнения можно сделать вывод, что все изменения в ИК-спектрах наномагнетита - небольшое смещение ($\sim 5 \text{ см}^{-1}$) характеристических полос ν_1 и ν_2 в сторону более высоких частот и появление слабовыраженных и малоинтенсивных пиков, связанных с новообразованием оксида железа гамма- Fe_2O_3 - вносят незначительный вклад в нарушение общего вида ИК-спектра наномагнетита. Это указывает на то, что в нано- магнетите, в основном, сохраняются монофазность и кристаллическая структура.

Библиографический список

1. **Keiser J.T.**, Brown C.W., Heidersbach R.H. Infrared spectra of magnetite nanoparticles // J. Electrochem. Soc. – 1982. – Vol. 129. – Q, 2686
2. **Farmer V.C.** Infrared spectra of minerals. – London, 1974. – 175 p.
3. **Waldron R. D.** IR spectra of Ferrites // Phys. Rev. – 1955. – Vol. 99. – P.1727.
4. **Ma M.**, Zhang Yu., Wei Yu. et. al. Preparation and characterization of magnetite nanoparticles coated by amino silane // Colloids and Surfaces: Physicochem. Eng. Aspects. – 2003. – Vol. 212. – P. 219-226.
5. **Bocanegra-Diaz A.**, Mohallem Nelsy D.S. and Sinesterra R.D. Preparation of a ferrofluid using cyclodextrin and magnetite // Journ. Braz. Chem. Soc. – 2003. – Vol. 14. – P. 936-941.
6. **Kim Ch. Y.**, Jang S. and Yi S. Preparation and stabilization of iron oxide nanoparticles using polymers // Journ. Ceramic Processing Research. – 2004. – Vol. 5. – P.264-268.

*О.В. Крестьянинова, М.Н. Спрыгин, студенты;
рук. М.Н. Шипко д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

ОПТО-ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОСЛЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Использование физико-химических параметров водных растворов, полученных на основе изучения их электромагнитных параметров не позволяет оценивать структурное состояние веществ. В настоящей работе для определения особенностей структурного состояния таких растворов использован метод, позволяющий оценивать химическое взаимодействие между молекулами вещества. Исследования выполнены с использованием камеры газоразрядной визуализации (ГРВ) изображений свечения газового разряда инициируемого электронно-оптической эмиссией капли водного раствора. В результате воздействия на жидкую каплю импульсного электромагнитного поля высокой напряжённости наблюдается эмиссия электронов, способствующих ионизации воздушной среды окружающей такую каплю. Параметры газового разряда переводятся в цифровой код за счет системы видеопреобразования, и после видеопреобразования визуализируются в виде газоразрядного изображения [1]. В таблице 1 приведены параметры таких изображений для трех типов растворов после воздействия физических факторов (электромагнитные поля).

Таблица 1 – параметры опто-электронной эмиссии водных растворов после электромагнитных воздействий

	Площадь засветки, пкс	Нормализованная площадь	Коэф. эмиссии	Сред. интенсивн. свечения	Энтропия	Фрактальность
Раствор исходный	3018	0	2,353	91,15	1,866	1,733
После обработки 1	2947	0	2,242	94,74	1,834	2,134
После обработки 2	3347	0	2,232	98,9	1,961	1,75

Из приведенной табл. 1 видно, что все растворы отличаются своей активностью, которая определяется энергией эмитирующих электронов, их количеством, направлением излучения. В свою очередь эти параметры связаны с наличием радикалов OH^\cdot которые связаны прочными связями с молекулами введенного вещества, повторяя его структуру.

Библиографический список

1. **Коротков К.Г.** Принцип анализа в ГРВ биоэлектрографии. С.-Петербург, 2005.

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

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ЭФФЕКТА БИФЕЛЬДА-БРАУНА**

Эффект Бифельда-Брауна – один из самых интересных и неоднозначных с научной точки зрения эффектов, связанных с ионизационными процессами. Авторами Эффекта Бифельда-Брауна являются немецкий учёный Пауль Альфред Бифельд и американский учёный Томас Таусенд Браун.

Будучи студентом, Браун проводил эксперименты с рентгеновской трубкой и обратил внимание на то, что при подключении к источнику высоковольтного питания незначительно изменяется её вес. Это натолкнуло Брауна на идею создания несимметричного конденсатора. Экспериментами студента заинтересовался немецкий профессор П. Бифельд. Следствием их сотрудничества стало множество патентов Т. Брауна в области проводимых им научных изысканий.

Один из его экспериментов показал, что на электрический конденсатор, заряженный высоким напряжением, действует сила, направленная в сторону наименьшей обкладки. Сила действует до тех пор, пока конденсатор не разрядится.

В процессе поиска научной информации о данном эффекте, мы познакомились в размещённом в Интернете интервью с к.т.н. М. Лавриненко, который утверждал, что данный эффект в некоторой степени может проявляться и в вакууме [1]. Также был найден материал, в котором, по утверждению автора материала, запечатлён эксперимент Эффекта Бифельда-Брауна, проведённый в 2003 году учеными NASA в условиях глубокого вакуума [2]. Тем не менее никаких математических расчётов, доказывающих истинность данных утверждений, найдены не были.

Следует отметить, что в последнее время в СМИ появляется множество публикаций, претендующих на научные изыскания. Поскольку процедура размещения материалов в сети Интернет предельно проста, и авторы не несут никакой ответственности за представляемые работы, большинство из этих трудов к истинной науке не имеет никакого отношения. Но нельзя исключать возможность того, что среди всего этого

околонаучного мусора могут присутствовать здравые мысли, способные привести к научным открытиям.

Мы провели своё экспериментальное исследование Эффекта Бифельда-Брауна. Для этого был собран конденсатор, в котором одной из обкладок является тонкая проволока, а другой обкладкой - лист алюминиевой фольги. Конденсатор подключили к простому нерегулируемому источнику высокого напряжения, сделанному из ЭЛТ монитора. Мы, действительно, смогли наблюдать явление левитации (Рис. 1). Но при дальнейшем рассмотрении эксперимента стало ясно, что в основе причины полёта - другое явление - ионный ветер.



Рис 1. Демонстрация эффекта Бифельда- Брауна

В нашем конденсаторе одной из обкладок является лист алюминиевой фольги. Другая обкладка - тонкая медная проволока. Вокруг неё напряженность электрического поля может достигать значений, вызывающих ионизацию воздуха - образование ионов из нейтрально заряженных частиц. Атомы азота получают положительный заряд.

При подключении устройства к источнику высокого напряжения наблюдалось движение воздуха,,которое объясняется явле нием ионного ветра. Облако ионизированного воздуха образуется вокруг тонкой проволоки. Полученные ионы притягиваются к наибольшей обкладке, сталкиваясь при этом с молекулами воздуха, передавая им часть своей кинетической энергии и создавая направленный поток частиц. Плотность воздуха под конденсатором становится выше плотности воздуха над ним, что и заставляет конденсатор взлетать.

Эффект наблюдался при напряжении между обкладками в десятки киловольт. В ходе эксперимента были отмечены прямые зависимости подъёмной силы от подаваемого напряжения и тока источника питания. Наибольший эффект наблюдался при напряжённости электрического поля близкому к образованию электрического пробоя между электродами. Эффект пропадал при возникновении шнуrowого разряда: электрический пробой закорачивал электроды, и разность потенциалов на них резко падала.

Вышесказанное свидетельствует в пользу того, что причиной движения конденсатора является ионный ветер. То есть данный эксперимент доказывает наличие ионного ветра, но не может исключить присутствие других движущих сил. Поэтому необходимо продолжить исследование данного явления с новыми условиями проведения эксперимента: создать более мощный генератор высокого напряжения с регулируемыми параметрами и регистрирующими устройствами, чтобы иметь возможность детального отслеживания хода эксперимента. Также для проведения экспериментов необходима камера, в которой будет возможно создание низкого давления для исключения эффекта ионного ветра, либо имитация отдельной замкнутой среды.

Библиографический список

1. https://www.youtube.com/watch?v=-fYzN_9qGog
2. <http://lifters.online.fr/lifters/ascvacuum/index.htm>

*А.В.Подобный, студ., рук.: А.И. Тихонов, д.т.н., проф.;
М.А. Солунин, к.ф-м.н., доц.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO

Компьютеризация технологий различных областей человеческой деятельности – необходимость нашего времени. Данный процесс относится и к лабораторным исследованиям, где компьютер нужен для автоматизации физического эксперимента и обработки полученных данных. Это также позволяет проводить эксперименты с высокой точностью воспроизведения процессов. Используя ПК, можно в кратчайшие сроки снимать, обрабатывать и передавать большой объём информации, получаемой с датчиков.

Для связи ПК с периферийными устройствами, которые могут использоваться в экспериментальных исследованиях, нами была выбрана

платформа Arduino - электронный конструктор и удобная платформа быстрой разработки электронных устройств на базе микроконтроллеров Atmega семейства AVR. У нее простой язык программирования, открытая архитектура и программный код. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

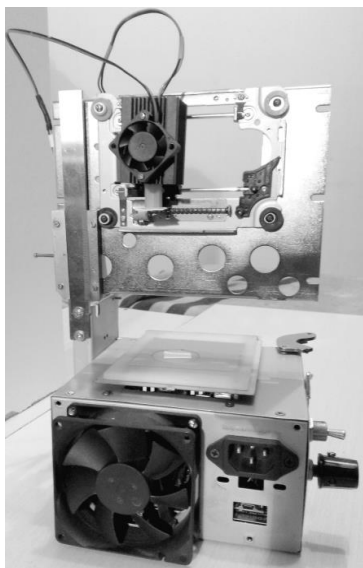


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки

С помощью Arduino можно разрабатывать различные интерактивные устройства и измерительные приборы, обрабатывать данные датчиков и переключателей, управлять двигателями и т.д. Для демонстрации возможностей данной платы было собрано устройство, позволяющее передвигать физический объект в трехмерном пространстве с заданной траекторией. Траекторию перемещения описывает программа, написанная на языке программирования - G-код. Это условное название языка программирования устройств с числовым программным управлением (ЧПУ) – был создан в 1960-х гг

Финальная доработка одобрена в 1980 г., как стандарт RS274D.

В советской технической литературе G-код обозначается как код ИСО 7-бит (ISO 7-bit). Этот язык до сих пор используется производителями объекта к заданной программой траектории максимально точно в каждый момент времени. Используемая прошивка для микроконтроллера Grbl v0.9 позволяет не только менять траекторию, но и подключать периферийные устройства с цифровым и аналоговыми входами для передачи и получения как цифровых, так и аналоговых сигналов.

Устройство, позволяющее перемещать объект в трехмерном пространстве, было собрано из комплектующих устаревшего компьютера: CD-ROM, FDD, блока питания, платы Arduino и драйверов для шаговых биполярных двигателей. Рабочее пространство хода устройства

сравнительно небольшое - 40x40x30 мм, но обладает довольно малым шагом перемещения 0,025 мм.

Для демонстрации возможностей устройства на него был установлен полупроводниковый лазер мощностью в 1,6 Вт, позволяющий наносить информацию путём точечного термического воздействия на обрабатываемый материал сфокусированным лазерным лучом.

Преимущества платформы Arduino делают её удобной для использования автоматизации экспериментальных исследований. Выше мы рассмотрели применение её для перемещения заданного объекта в трехмерном пространстве. Совместив её с различными, мы можем использовать её для систематизации исследования объекта, создания трехмерных моделей исследуемых объектов. Совместив с различными устройствами вывода, можно воздействовать с заданными характеристиками на испытуемый образец термическими, механическими и химическими способами, а также задавать параметры точного положения объекта в пространстве с ПК.

Являясь одним из условий качественного проведения эксперимента, автоматизация экспериментальных исследований в итоге способствует развитию науки.

*Д.Е. Дрязгов, студ.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н., проф.
(ИГЭУ, г. Иваново)*

РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНОГО 3D -ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕМАТИКИ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Изучение физики предполагает использование демонстраций физических законов и эффектов, а также выполнение лабораторных работ с использованием экспериментального оборудования. В то же время при переходе на новые образовательные стандарты был сделан акцент на усиление самостоятельной подготовки студентов. В этих условиях для сохранения уровня подготовки студентов рационально развивать интерактивные формы обучения. Это требует создания виртуальных тренажеров, основное требование к которым состоит в высокой степени подобия с реальными установками.

В настоящее время появляется множество виртуальных тренажеров для выполнения лабораторного практикума по физике. Главным достоинством данных тренажеров является возможность самостоятельного наглядного детального изучения физических эффектов. Их общий недостаток состоит, как правило, в схематичности, не позволяющей

прочувствовать особенности реального эксперимента. В то же время развитие современных компьютерных технологий привело к созданию мощных специализированных систем программирования, являющихся инструментальными средствами для создания компьютерных игр, обладающих высокой реалистичностью, в том числе с использованием 3D-технологий. Данные системы, как правило, обеспечивают разработчика широким набором виртуальных объектов, имитирующих физические объекты, поведение которых описывается физическими законами. Это позволяет использовать технологию создания компьютерных игр для разработки виртуальных тренажеров по физике.

Одним из наиболее популярных инструментов такого рода является пакет Unity, являющийся движком, предназначенным для разработки двух- и трехмерных приложений и игр. С помощью Unity можно создавать как автономные приложения, так и приложения для запуска в браузерах. Приложения, созданные с помощью Unity, поддерживают библиотеки DirectX и OpenGL. Имеется бесплатная версия Unity, с удобным интерфейсом и простая в работе. Поэтому Unity активно используется как разработчиками компьютерных игр (Blizzard, EA, Ubisoft), так и мелкими фирмами. С помощью него были созданы такие игры как Pathologic, Kerbal Space Program, Slender и т.п.

Редактор Unity имеет простой Drag&Drop интерфейс, который легко настраивать, благодаря чему можно производить отладку игры прямо в редакторе. Расчёты физических эффектов производит физический движок PhysX от NVIDIA. Имеется возможность просчитывать траектории движения тел с учетом действия силы гравитации и сил сопротивления среды, отслеживать соударение множества тел, в том числе с учетом прочности и упругости материала, организовывать реалистичное движение осколков разрушенных объектов и т.п.

Пакет Unity был использован для создания визуального 3D-тренажера для исследования кинематики материальной точки, реализованного в виде игровой программы. Материальная точка представлена ядром, которое выстреливает из пушки (рис. 1).

В качестве исходных данных требуется ввести начальную скорость ядра, высоту подъема и угол поворота платформы, угол наклона пушки. Имеется возможность поставить стену на пути ядра. Система имитирует полет ядра и разрушение стены при его попадании. В качестве результатов выдается файл, содержащий значения координат и времени в промежуточных точках траектории полета ядра. Эти данные обрабатываются электронным отчетом, созданным в системе Word. Результаты выдаются в форме графиков x , y , v_x , v_y , a_x , a_y , $a_z = f(t)$.

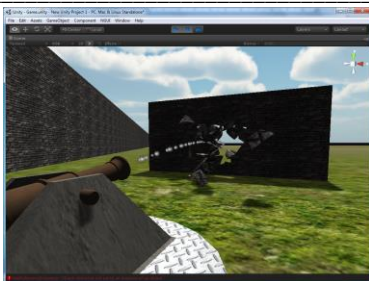


Рис. 1. Внешний вид 3D-тренажера по физике

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

СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ В ЗАДАЧАХ РАСЧЕТА МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В настоящее время современное производство так построено что порой заказчик требует от исполнителя разработку индивидуального проекта электротехнического устройства в очень короткие сроки. В таких случаях перед проектировщиком стоит несколько важных задач: первая заключается в разработке проекта в установленный срок, а вторая, чтобы проект соответствовал установленным требованиям, нормам и ГОСТ. Так же нельзя забывать о том, что спроектированное электротехническое устройство должно быть максимально эффективно и обладать наилучшими характеристиками в своем габарите.

Для достижения поставленных задач необходимо проводить оптимизацию проектируемого электротехнического устройства, каждый раз пересчитывая магнитное поле в поисках наиболее эффективных геометрических параметров проектируемого устройства. Не стоит забывать и о том, что так же нужно проводить исследование динамических режимов работы, в том числе аварийных.

Сегодня для решения поставленных задач можно воспользоваться трехмерными, двухмерными и одномерными – цепными моделями. Наибольшей точностью решения обладают трехмерные модели, но у них есть один недостаток – большое время расчета [2]. В некоторых случаях расчет может затянуться до нескольких часов, что в условиях оптимизации электротехнического устройства не допустимо. Двухмерные модели немного уступают по точности решения трехмерным, но выигрывают по времени [1]. Что касается цепных моделей, то они

дают возможность получения решения за несколько секунд, но у них есть один недостаток – это точность решения. Таким образом, для современного производства актуальна задача сокращения размерности расчета магнитного поля, а именно получение быстрой цепной модели, по точности не уступающей трехмерной.

Для получения точной цепной модели необходимо свести трехмерную задачу к двумерной, а уже затем двумерную к цепной рис. 1.

В работе [2] была представлена полевая трехмерная модель трансформатора полученная в среде Maxwell, которая выступает в качестве поверочного расчета для двумерной и одномерной задачи на примере трансформатора. Для решения двумерных задач в ИГЭУ была разработана библиотека конечно-элементного моделирования EMLib [3], которая дает достаточно точные результаты расчета магнитного поля.

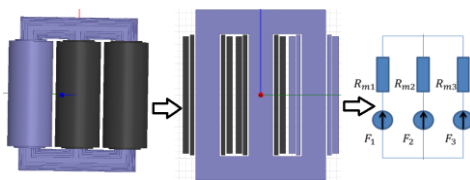


Рис.1. Сокращение размерности магнитного поля

В работе [1] представлена цепная модель трансформатора, которая позволяет проводить расчеты с высокой скоростью. Основным ее недостатком и недоработкой является то, что для составления матрицы индуктивностей необходимо вычислять индуктивность рассеяния катушек трансформатора. Для определения индуктивности рассеяния необходимо сначала найти потокосцепление рассеяния

$$\Psi_{\sigma} = \Psi - \Psi_p \quad (1)$$

где Ψ_p – потокосцепление с основным потоком; Ψ – полное потокосцепление.

Известно, что даже статические трехмерные задачи считаются достаточно долго, что в нашем в нашем случае это недопустимо, поэтому для расчета индуктивности рассеяния необходимо использовать двумерную задачу, приведенную к трехмерной. Полученные значения потокосцеплений в двумерных задачах рассчитываются на единицу длины машины. В связи с этим чтобы получить правильные значения необходимо их привести к трехмерной модели умножив на коэффициент приведения. В нашем случае, для определения потокосцеплений коэффициент определится следующим образом:

$$k = \frac{S_{эф}}{b_s}, \quad (2)$$

где $S_{эф}$ – площадь эффективного сечения стержня, b_s – ширина сердечника трансформатора, используемая в двухмерной модели.

В настоящее время ведется работа по разработке алгоритмов расчета индуктивности рассеяния не прибегая к анализу трехмерных и двухмерных моделей расчета.

Библиографический список

1. **Пайков И.А.**, Тихонов А.И. Разработка модели динамических режимов силовых трансформатора / Вестник Российского национального комитета СИГРЭ // Специализированный выпуск №1. Материалы Молодежной секции РНК СИГРЭ: сборник конкурсных докладов по электроэнергетической и электротехнической тематикам по направлениям исследований СИГРЭ «Энергия-2013». – Иваново. ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2013. – с. 79-82
2. **Пайков И.А.**, Тихонов А.И. Разработка полевой модели силового трансформатора в среде Maxwell: Материалы региональной науч.-техн. конф. студ., асп. и молодых ученых (с международным участием) «Энергия - 2012». Том 8 / Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2012. - с. 56 - 62.
3. **Шмелев А.С.**, Пайков И.А., Булатов Л.Н. Методика организации численного исследования электротехнических устройств с использованием библиотеки конечно-элементного моделирования магнитного поля. - Иваново: "Вестник ИГЭУ", 2014, Вып. 1, с. 55-61.

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ В ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ В РЕЖИМЕ ИМИТАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Основным вопросом в теории самоорганизации является вопрос о том, каким образом из хаоса возникают упорядоченные структуры со сложной организацией. Степень упорядоченности структуры может быть оценена количеством связей, удерживающих ее от разрушения до полного хаоса. Мера упорядоченности состояния термодинамической системы (ТДС), называемая *физической информацией* I , по смыслу противоположна энтропии S , являющейся мерой беспорядка.

Для лучшего понимания процессов релаксации и самоорганизации в ТДС удобно пользоваться моделью, которая может представлять собой, например, некоторый объем пространства (закрытый или откры-

тый сосуд), в котором перемещаются носители энергии (атомы, молекулы и т.п.).

Наиболее простой вариант модели может быть представлен в виде аналога твердого кристалла, узлы кристаллической решетки которого занимают строго определенные положения и соответствуют ячейкам модели (рис. 1). Невозбужденные ячейки ничем не выделяются (белый фон; в терминологии данной модели невозбужденные ячейки образуют окружающую среду), возбужденные ячейки выделяются цветом, зависящим от количества накопленной в них энергии (закрашенные ячейки). Возбуждение передается от ячейки к ячейке квантами – *частицами*. Ячейка модели, содержащая единичный квант энергии – частицу, закрашивается черным цветом. Ячейка может содержать одновременно множество частиц.

В начале эксперимента вся энергия (все частицы) поступает в ограниченную выделенную область системы, которая в терминах рассматриваемой модели называется *объектом*.

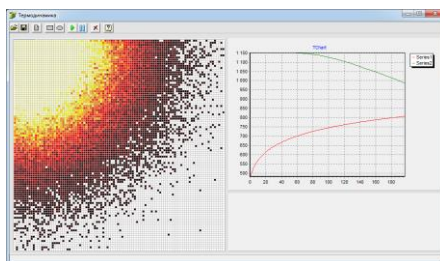


Рис. 1. Виртуальный тренажер для исследования процессов релаксации и самоорганизации в ТДС

Размеры и положение объекта задаются опциями эксперимента. В ходе эксперимента при движении частиц происходит их рассеяние из области объекта.

Направление движения каждой частицы изначально выбирается случайным образом. Оно может меняться либо закономерным образом при столкновении двух частиц (упругий удар) с соблюдением закона сохранения импульса, либо случайным образом после того, как частица сделает количество шагов, равное длине максимального пробега L . Длина свободного пробега может быть как фиксированной, так и варьируемой в зависимости от условий постановки задачи. Таким образом, задавая $L = 1$, можно моделировать броуновское движение частиц, так как после каждого шага движения частица случайным образом меняет направление движения. При $L > 1$ частица в течение L шагов «помнит»

(хранит информацию) о направлении своего движения после очередного столкновения с другой частицей или стенкой области, потом «забывает» его и «выбирает» новое с помощью генератора случайных чисел. Если возможно варьирование длины свободного пробега, то частица может «забыть» о своем направлении раньше, чем сделает L шагов.

Время системы считается в тактах. За один такт системного времени каждая частица успевает сделать один шаг в выбранном направлении (квант энергии переходит к соседней ячейке). Величина шага движения для всех молекул фиксирована (равна одному делению), то есть скорости всех частиц одинаковы.

Виртуальный тренажер позволяет моделировать как открытые, так и замкнутые ТДС. В замкнутой системе ни одна частица не может выйти за пределы расчетной области системы и отражается от ее стенок. В открытой системе одна или несколько стенок могут быть открытыми, и частицы могут свободно выходить через них за пределы расчетной области.

*А.С. Шмелев, асп.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н. проф.
ИГЭУ, г. Иваново*

РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕ ПРЯМОГО РЕШАТЕЛЯ СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Одна из главных особенностей современного проектирования электромеханических устройств состоит в использовании систем инженерных расчетов (САЕ-систем), позволяющих решать задачу моделирования физических процессов в полевой постановке. Для создания САПР электромеханических устройств наиболее актуальной является проблема расчета магнитного поля. В настоящее время в ИГЭУ ведется работа по созданию универсальной библиотеки моделирования физических полей.

Существующая версия библиотеки конечно-элементного моделирования [1] позволяет рассчитывать магнитные поля методом конечных элементов в двухмерной плоскопараллельной и осесимметричной постановке с использованием прямого решателя. Для решения линейной системы уравнений на каждом шаге итераций метода Ньютона можно использовать либо итерационный, либо прямой решатель. Главное достоинство прямого решателя в высокой скорости вычислений по сравнению с итерационным решателем. Однако тенденции развития вычислительной техники в направлении многопроцессорных

высокопроизводительных систем предъявляют дополнительные требования к структуре решателей в плане возможности распараллеливания алгоритмов. Традиционные прямые решатели сложно адаптируются под технологии параллельных вычислений. В то же время с ростом количества уравнений системы расчетное время растет в квадратичной зависимости и может достигать нескольких часов. Поэтому проблема распараллеливания алгоритма прямого решателя является актуальной. Рассмотрим один из вариантов алгоритма прямого решателя системы линейных уравнений, адаптированного к технологии CUDA.

Так как метод конечный элементов сводится к матрице, имеющей ленточную симметричную структуру, то для её решения рационально использовать метод Холесского. Его суть состоит в том, что для каждой симметричной положительно определенной матрицы J существует разложение вида

$$[J] = [T]^T [T], \quad (1)$$

где $[T]$ – нижняя треугольная матрица.

Если такое разложение найдено, то исходная система уравнений сводится к двум треугольным системам:

$$[T][Z] = -[F], \quad (2)$$

$$[T]^T [D] = -[Z]. \quad (3)$$

Элементы матрицы $[T]$ в выражении (3) определяются как

$$T_{kj} = \begin{cases} \frac{1}{T_{kk}} \left(J_{kj} - \sum_{i=i_0}^{k-1} T_{ik} T_{ij} \right), & \text{при } k \leq j \leq k + L \\ 0, & \text{при } k > j > k + L \end{cases} \quad (4)$$

$k = 1..N$
 $j = k .. \min(N, k + L)$
 $i_0 = \max(1, j - L)$

Для диагонального члена получаем

$$T_{kk} = \sqrt{J_{kk} - \sum_{i=i_0}^{k-1} T_{ik}^2} \quad (5)$$

$k = 1..N$
 $i_0 = \max(1, k - L)$

где L – длина полуленты матрицы; J_{kj} , J_{kk} – элементы матрицы J .

Элементы вектора $[Z]$, являющегося решением системы уравнений (2), вычисляются как

$$Z_k = \frac{1}{T_{kk}} \left(F_k - \sum_{i=i_0}^{k-1} T_{ik} F_i \right) \quad (6)$$

$k = 1..N$
 $i_0 = \max(1, k - L)$

Элементы искомого вектора $[D]$ находим путем решения системы уравнений (3)

$$D_k = \frac{1}{T_{kk}} \left(Z_k - \sum_{j=k+1}^{i_0} T_{kj} Z_j \right) \quad \left. \begin{array}{l} k = 1..N \\ i_0 = \min(N, k + L) \end{array} \right\} . \quad (7)$$

Структура матрицы J совпадает со структурой матрицы $[T]^T$. Кроме того, элементы J_{kj} и J_{kk} будучи использованы для вычисления T_{kj} и T_{kk} в дальнейших вычислениях не участвуют.

Процесс разложения идет в цикле построчно. В этом же цикле одновременно с разложением идет решение треугольной системы уравнений (2) с вычислением элементов вектора $[Z]$, которые в оперативной памяти располагаются в том же массиве, что и элементы вектора $[F]$, последовательно замещая их. При этом матрица $[T]$ в явном виде отсутствует.

На каждом шаге расчетного цикла обращение производится лишь к некоторым элементам текущей строки и части полуленты.

Так, при вычислении диагонального элемента k -й строки матрицы по (4) требуется сначала рассчитать элемент матрицы J_{kk} , а затем вычислить сумму $\sum_{i=i_0}^{k-1} T_{ik}^2$ всех элементов матрицы $[T]$, расположенных в k -м столбце выше элемента T_{kk} . При вычислении по (5) остальных элементов k -й строки матрицы $[T]$, расположенных в j -х столбцах, требуется сначала рассчитать элемент матрицы J_{kj} , затем вычислить сумму $\sum_{i=i_0}^{k-1} T_{ik} T_{ij}$, в которую входят все элементы матрицы $[T]$, расположенные в k -м столбце выше элемента T_{kk} , а также все элементы матрицы $[T]$, расположенные в j -м столбце выше элемента T_{kj} . Таким образом, при вычислении j -го элемента k -й строки используется весь k -й столбец матрицы, соответствующий диагональному элементу, а также элементы j -го столбца. Это позволяет использовать для вычисления строки матрицы $[T]$ технологию параллельных вычислений.

Библиографический список

1. Тихонов А.И., Булатов Л.Н. Платформонезависимая библиотека конечно-элементного моделирования магнитного поля / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – М.: Федерал. служба по интеллект. собств., патентам и товарным знакам. – 22.06.2011. – № 2011614852.

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

РАЗРАБОТКА ЦЕПНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Производители электротехнического оборудования заинтересованы в снижении затрат на проектирование и производство продукции. Поэтому возникает необходимость создания программных средств, обладающих повышенной скоростью и достаточной точностью расчетов, которая достигается путём учёта всех основных процессов, происходящих в техническом приборе.

В частности, если брать моделирование трансформаторов, то первым делом будут интересовать токи, протекающие в обмотках и потери [1]. Для трансформаторов, обмотки которых выполнены из широкой полосы ленты или фольги, существует дополнительная необходимость учитывать эффект вытеснения тока на края обмотки. Для моделирования фольговых обмоток необходимо было модернизировать математический аппарат библиотеки моделирования электрических цепей ECLib, вводя взаимные индуктивности [2].

Для нахождения токов в элементах фольговой обмотки трансформатора в каждый момент времени мы разбиваем обмотку на концентры и секции и представляем каждый такой участок сопротивлением с индуктивностью, связанной со всеми остальными взаимными индуктивностями (рис. 1).

Поскольку геометрические и количественные характеристики трансформаторов могут быть различны, то мы пользуемся параметрическим генератором для построения схемы замещения электрической цепи. Единственная проблема, с которой мы сталкиваемся – получение квадратной матрицы индуктивностей, где находятся номиналы элементов и коэффициенты взаимных индуктивностей. В рамках цепной модели, мы не решаем задачу нахождения номиналов индуктивностей. Для этого используется конечно-элементная модель, позволяющая получить индуктивную связь между элементами (рис. 2). Количество рассчитываемых элементов в конечно-элементной модели определяется необходимым уровнем точности и совпадает с цепной моделью (рис. 1).

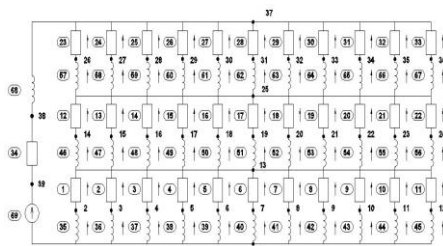


Рис. 1. Электрическая схема замещения фольговой обмотки НН

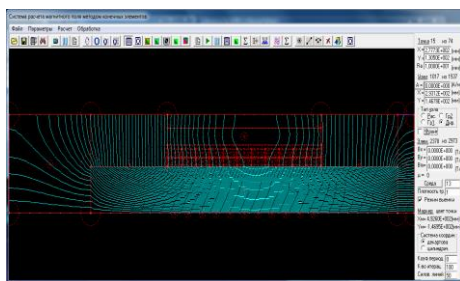


Рис. 2. Получение номиналов взаимных индуктивностей в конечно-элементной модели трансформатора

Так же как и для генерации цепной модели, существует параметрический генератор конечно-элементной модели, благодаря которому, зная геометрические характеристики трансформатора и параметры материала, мы можем построить конечно-элементную модель для различных трансформаторов.

Применение комбинированных моделей (полевых в комбинации с цепными моделями) с использованием параметрических генераторов для построения схемы замещения электрической цепи и конечно-элементной модели позволяет достичь большой гибкости, универсальности и скорости расчётов.

По результатам моделирования обмоток рассчитаны уточненные потери в обмотка с учетом эффекта вытеснения тока

$$[P]=[R][I^2], \quad (1)$$

где $[I^2]$ и $[R]$ - соответственно матрицы квадратов токов и сопротивлений ветвей. Апробация работы системы производилась в рамках ра-

боты конструкторского отдела ЗАО «Трансформер». Результаты расчета и приемосдаточных испытаний показали разницу менее, чем в 5%.

Результаты расчета токов в ветвях схемы замещения обмоток трансформатора в опыте короткого замыкания, полученные с помощью библиотеки моделирования цепей ECLib, представлены на рис. 3.

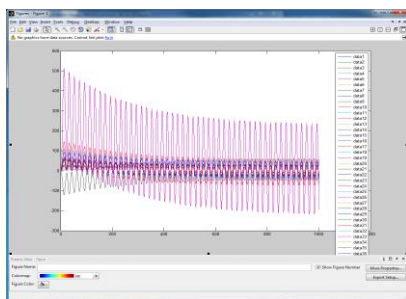


Рис.3. Кривые токов в ветвях электрической схемы замещения обмоток фольгово-ленточного трансформатора

Библиографический список

1. **Стулов А.В.**, Тихонов А.И., Корнев И.А. Разработка многоуровневой подсистемы тепловых расчетов САПР активной части распределительных трансформаторов/ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2014. – 96 с.
2. **Корнев И.А.**, Тихонов А.И. Библиотека моделирования электрических цепей с учетом взаимных индуктивностей и нелинейных элементов // "Радиоэлектроника, электротехника и энергетика": Тезисы докладов двадцатой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Том 2 – М: МЭИ, 2014 г. – с.136.

С. Зайцев, асп.; рук. А.И. Тихонов, д.т.н, проф.

(ИГЭУ, Иваново)

КОМБИНИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА

Одним из наиболее важных компонентов САПР трансформаторов является подсистема поиска оптимального решения. Главное требование, предъявляемое к ней – способность быстро решать задачи поиска оптимального решения в условиях многоэкстремальности, резко выраженной овражности и дискретности целевой функции.

Для решения многоэкстремальной задачи дискретной минимизации овражной целевой функции предлагается применение алгоритма, соче-

тающего достоинства самонастраивающихся эволюционных алгоритмов (параллельные модели) и симплекс-методов (в данном случае метода Нелдера-Мида).

Основой комбинированного алгоритма является двуххостровая модель генетического алгоритма (ГА). Данная модель относится к самонастраивающимся моделям, не требующим подбора параметров для решения требующейся задачи. Достоинством ГА перед другими моделями является способность решать многоэкстремальные задачи с дискретными аргументами целевой функции. Однако поиск экстремума овражных функций приводит к существенному росту времени вычислительного процесса, что может являться неприемлемым в ряде случаев. Для ускорения процесса оптимизации овражных многоэкстремальных функций с дискретными аргументами предполагается организация обучения лучшей особи одной из подпопуляций генетического алгоритма (ГА) методом Нелдера-Мида. Структура комбинированного алгоритма представлена на рис. 1. На рис. 2 – 3 показано, что применение комбинированного алгоритма позволяет выйти на оптимальное значение целевой функции на 65 % быстрее.

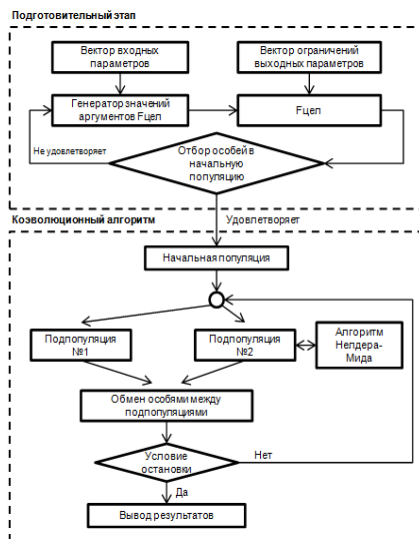


Рис. 1. Структура комбинированного алгоритма

Следует иметь в виду, что выигрыш в 65 % не является постоянным вследствие особенностей работы ГА, однако это позволяет сделать выводы об эффективности применения комбинированного метода при решении сложных задач. Разработанная подсистема оптимизации (реализованная в среде Matlab) интегрирована в единую САПР распределительных трансформаторов, разрабатываемую на ЗАО «Трансформер».

Результаты работы подсистемы оптимизации сравнивались с результатами приемо-сдаточных испытаний трансформаторов в испытательной лаборатории ЗАО «Трансформер»

По результатам работы сделаны выводы о возможности удешевления активной части трансформаторов. В настоящее время в производство запущена опытная партия распределительных трансформаторов ТМГ 25 кВА 10 кВ со сниженной на 10% себестоимостью.

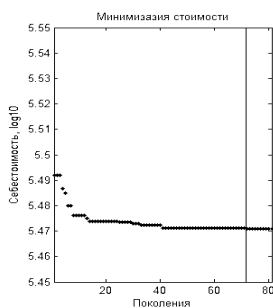


Рис. 2. Процесс минимизации целевой функции распределительного трансформатора двухстрочной моделью ГА

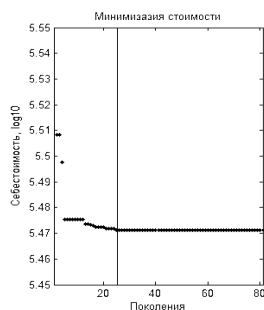


Рис. 3. Процесс минимизации целевой функции распределительного трансформатора комбинированным алгоритмом

Получены протоколы приемо-сдаточных испытаний подтверждающих соответствие расчетных и экспериментальных данных в пределах допустимой погрешности отклонения контролируемых параметров. Проект трансформатора получен при помощи рассмотренной выше подсистемы оптимизации.

СОДЕРЖАНИЕ

*Секция 9. Экономичность, надежность и безопасность
атомных электрических станций*

<i>Хохлов Н.И.</i> Методика прогнозирования работоспособности первичных преобразователей расхода ШАДР.	
<i>Рук. Белозеров В.И., Перегуда А.И.</i>	3
<i>Чубко Н.В.</i> Улучшение физических характеристик быстрых реакторов, охлаждаемых свинцом с доминирующим содержанием изотопа ²⁰⁸ Pb. <i>Рук. Шмелёв А.Н.</i>	5
<i>Вольман М.А.</i> Нейтронно-физические реакторные измерения на тренажере-имитаторе энергоблока АЭС с ВВЭР-1000. <i>Рук. Семенов В.К.</i>	8
<i>Дунаев В.А., Лоншаков Н.А.</i> Повышение эффективности работы оборудования АЭС с использованием нейросетевых технологий. <i>Рук. Горбунов В.А.</i>	10
<i>Бугров М.А.</i> Повышение эффективности АЭС с ВВЭР-1000 путем использования парогазовых технологий. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	11
<i>Иванова М.М.</i> Преимущества использования радиогенного свинца в реакторах на быстрых нейтронах со свинцово-висмутовым теплоносителем. <i>Рук. Терехова А.М.</i>	14
<i>Кирдяшкина А.В.</i> Исследование технологической системы аварийной подачи питательной воды в парогенераторы энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	15
<i>Железов Н.С., Разуваев Н.О.</i> Исследование отключения регенеративного подогрева питательной воды как вращающегося резерва мощности энергоблока ВВЭР-1000. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	17
<i>Теплов А.М., Медников Д.А.</i> Модель двухточечного ядерного реактора для исследования аксиальных ксеноновых колебаний в АЗ. <i>Рук. Семенов В.К.</i>	19
<i>Шакиров Р.Р.</i> Разработка методики определения коэффициентов реактивности на различных уровнях мощности реактора и проверки правильности результатов с помощью программного математического моделирования. <i>Рук. Семенов В.К.</i>	20
<i>Карпеш А.А., Арсенов П.В., Полозкова Е.Н.</i> Экспериментальные исследования локального массообмена теплоносителя в районе направляющих каналов ТВСА реакторов ВБЭР. <i>Рук. Солнцев Д.Н.</i>	22

- Илютина Е.М., Игнатов Е.Д., Табекин А.А.* Экспериментальные исследования влияния дистанционирующих решеток с различными типами дефлекторов на течение теплоносителя в районе направляющего канала ТВС-КВАДРАТ реактора РWR. *Рук. Хробостов А.Е.* 24
- Галчинская В.В.* Разработка компьютерной обучающей программы по течению жидкости в элементах энергетического оборудования. *Рук. Работаев В.Г.* 26
- Сармиенто С.С.* Численное моделирование режимов полного обесточивания энергоблока проекта АЭС-2006. *Рук. Ильченко А.Г.* 27
- Алейник Н.О.* Разработка КОС по предупреждению и ликвидации аварий турбинного оборудования энергоблока №3 Калининской АЭС. *Рук. Булавкин Г.В.* 29
- Алейник Н.О.* Разработка КОС по технологической системе гидроиспытаний трубопроводов и оборудования второго контура энергоблока №3 Калининской АЭС. *Рук. Булавкин Г.В.* 31
- Никитин М.Ю.* Симуляция аварийных процессов энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 на функциональном аналитическом тренажере. *Рук. Вольман М.А.* 32
- Лоншаков Н.А., Мечтаева М.Н.* Разработка программного комплекса теплового расчета паровой турбины. *Рук. Шошин В.Г.* 33
- Воробьев Д.Ф.* Применение системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ 3О) в проекте АЭС-2006. *Рук. Вольман М.А.* 35
- Сметанин А.В.* Разработка КОС по технологической системе маслоаппаратной блочной насосной станции энергоблока №3 Калининской АЭС. *Рук. Булавкин Г.В.* 37
- Кирдяшкина А.В.* Исследование технологической системы деаэрационной установки питательной воды энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. *Рук. Булавкин Г.В.* 39
- Сперанский Ф.А.* Монте-Карло модель реактора типа ВВЭР-1200 для вычисления альбеда отражателей. *Рук. Кутень С.А.* 40
- Мионов А.П.* Разработка КОС по технологической системе промконтура охлаждения отборов проб энергоблока №3 Калининской АЭС. *Рук. Булавкин Г.В.* 42
- Мионов А.П.* Разработка КОС по технологической системе противопожарного водоснабжения энергоблока №3 Калининской АЭС. *Рук. Булавкин Г.В.* 44
- Ерин А.А.* Применение системы пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ ПГ) в проекте АЭС-2006.

Содержание

<i>Рук. Вольман М.А.</i>	45
<i>Халецкий В.И.</i> Выбор альтернативного источника энергии для обеспечения Ростовской (Волгодонской) АЭС электро-энергией в аварийных и чрезвычайных ситуациях. <i>Рук. Горбунов В.А.</i>	47
<i>Сахибгариев А.И., Толстик П.С., Разоренов Г.В.</i> Стратегия и основные подходы к продлению срока эксплуатации энергоблоков атомных электрических станций. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	48
<i>Щепин С.А.</i> Исследование технологической системы очистки технологических сдувок энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	50
<i>Щепин С.А.</i> Исследование технологической системы дожигания водорода энергоблока ВВЭР-1000 как объект для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	52
<i>Шуняев А.Е.</i> Исследование технологической системы боросодержащей воды энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	53
<i>Бородин В.Е., Полозкова Е.Н., Коновалов К.С.</i> Исследование межкассетного взаимодействия теплоносителя в смешанной активной зоне реактора ВВЭР – 1000 между соседними ТВСА – Т и ТВСА – 12 PLUS. <i>Рук. Хробостов А.Е.</i>	54
<i>Тихонов А.Е.</i> Модернизация системы аварийного питания парогенератора энергоблока с ВВЭР-1000. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	56
<i>Лепилов Л.В.</i> Исследование технологической системы дозирования химических реагентов в первый контур энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	58
<i>Лепилов Л.В.</i> Исследование технологической системы дистиллята энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	60
<i>Шуняев А.Е.</i> Исследование технологической системы борного концентрата энергоблока ВВЭР-1000 как объекта для разработки КОС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	61
<i>Ботько Е.Н.</i> Исследование пассивных систем безопасности АЭС.	62
<i>Седов Д.В.</i> Исследование особенностей применения струйных аппаратов, работающих по принципу пароводяного инжектора в системах регенерации низкого давления ТЭС и АЭС. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	63
<i>Чигирева Д.В.</i> Обеспечение Балаковской АЭС э лектроэнергией в аварийных ситуациях при полном обесточивании. <i>Рук. Горбунов В.А.</i>	65
<i>Груздев С.В., Соловьев И.М.</i> Анализ применения воздушно-	

аккумулирующей ГТУ в цикле АЭС с ВВЭР-1000. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	67
<i>Сальников П.С.</i> Повышение безопасности действующих АЭС с ВВЭР в режимах обесточивания. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	69
<i>Сметанин А.В.</i> Разработка КОС по технологической системе маслоаппаратной огнестойкого масла энергоблока №3 Калининской АЭС. <i>Рук. Булавкин Г.В.</i>	71
<i>Крылов И.П., Черняев Н.А.</i> Анализ тепловой экономичности газотурбинных циклов АЭС с ВТГР. <i>Рук. Ильченко А.Г.</i>	73
<i>Хан Н.А.</i> Тепловыделяющая сборка для реактора ВВЭР-1200. <i>Рук. Андрианов С.Г.</i>	74

Секция 10. Теплообмен в промышленных установках

<i>Желонкин Н.В.</i> Интенсификация теплообмена в маслоохладителях паротурбинных установок. <i>Рук. Рябчиков А.Ю.</i>	76
<i>Кононова Д.Ф.</i> Использование синтез-газа в качестве альтернативного источника энергии. <i>Рук. Самышина О.В.</i>	78
<i>Власова В.А.</i> Исследование теплообмена в слое бытовых отходов. <i>Рук. Самышина О.В., Колибаба О.Б.</i>	80
<i>Поцелуев А.А.</i> Теплоснабжение жилых зданий на основе тепловых насосов. <i>Рук. Нагорная О.Ю.</i>	81
<i>Забавина Н.М., Павлов А.А.</i> Перспективы использования когенерационных установок в системах теплоснабжения. <i>Рук. Нагорная О.Ю., Самышина О.В.</i>	83
<i>Демидова К.В.</i> Перспективы применения биотоплива в котельных. <i>Рук. Нагорная О.Ю.</i>	85
<i>Шагалова М.С.</i> Моделирование камерной печи в САПР SOLIDWORKS. <i>Рук. Гусенкова Н.П.</i>	86
<i>Муратова Т.В.</i> Метод определения теплофизических коэффициентов слоя бытовых отходов. <i>Рук. Габитов Р.Н., Колибаба О.Б.</i>	87
<i>Пронин К.А.</i> Экспериментальное исследование аэродинамических сопротивлений слоя ТБО. <i>Рук. Габитов Р.Н., Колибаба О.Б.</i>	89
<i>Потехин А.Е.</i> Исследование нагрева насыпных садов в термической печи при различных режимах фильтрации. <i>Рук. Колибаба О.Б.</i>	90
<i>Белова Ю.В.</i> Моделирование движения жидкости в трубопроводах при различных режимах течения. <i>Рук. Долинин Д.А.</i>	92

Содержание

<i>Кувшинов Н.В.</i> Математическое моделирование систем тепло-снабжения в модуле ANSYS FLUENT. Рук. <i>Долинин Д.А.</i>	94
<i>Вараксин А.В.</i> Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи слоя бытовых отходов. Рук. <i>Габитов Р.Н.</i>	95
<i>Скворцов И.А.</i> Моделирование теплообмена в слое ТБО. Рук. <i>Горинов О.И.</i>	97
<i>Зверев Е.А.</i> Комбинированная ТТУ на основе термического реактора блок-модульного типа. Рук. <i>Горинов О.И.</i>	99
<i>Акимова М.А., Гусева Т.В.</i> Использование энергии низкопотенциальных уходящих газов. Рук. <i>Пронин В.Ю.</i>	101
<i>Едукова К.А.</i> Применение термоэлектрических генераторов в трактах продуктов горения. Рук. <i>Горинов О.И.</i>	103
<i>Ивакина Е.А., Сергашев Е.В.</i> О моделировании температурных полей полуограниченных твердых тел. Рук. <i>Соколов А.К.</i>	104

Секция II. Безопасность жизнедеятельности в техносфере

<i>Посылина А.А.</i> Улучшение условий труда на рабочих местах ПЖБИ №5 ОАО "Ивановская домостроительная компания". Рук. <i>Горбунов А.Г.</i>	107
<i>Черная Е.Ю.</i> Расчет эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день при использовании стратегии измерения на основе рабочей операции профессии "Сварщик". Рук. <i>Горбунов А.Г.</i>	108
<i>Шишкина Д.В.</i> Техногенные воздействия, возникающие при эксплуатации водородного хозяйства электростанции. Рук. <i>Чернов К.В.</i>	110
<i>Степанов Д.А.</i> Применение 3D-моделирования в области охраны труда и промышленной безопасности. Рук. <i>Попов Г.В.</i>	111
<i>Тюленев И.С., Харламов А.В.</i> Расчет шума в силовых масляных трансформаторах. Рук. <i>Попов Г.В.</i>	113
<i>Асафьева Ю.А.</i> Организация системы оценки профессионального риска на предприятии. Рук. <i>Пышненко Е.А.</i>	115
<i>Горшкова М.В.</i> Информационная поддержка курса БЖД в сети Интернет. Рук. <i>Овсянников Ю.М.</i>	117
<i>Желобанова М.А.</i> Организация безопасных работ при эксплуатации и ремонте кабельных линий до 35 кВ. Рук. <i>Попов Г.В.</i>	119
<i>Мужжухина Т.В.</i> Оценка риска ингаляционного воздействия на здоровье населения. Рук. <i>Пышненко Е.А.</i>	120
<i>Романишин С.И.</i> Оптимизация доз обучения персонала Кали-	

нинской АЭС. Рук. Попов Г.В.	122
Андреева М.А. Техногенная опасность и охрана труда при эксплуатации Ивановской железнодорожной ДПС. Рук. Чернов К.В.	123
Овсянников Ю.М. К вопросу прогнозирования технического состояния силового трансформатора методом "Рассуждений по прецедентам".	124
Матвеева А.А. Техногенные воздействия, возникающие при эксплуатации мазутного хозяйства электростанции. Рук. Чернов К.В.	126
Кумачева Ю.В. Оценка действия электрического тока на человека. Организационно-технические мероприятия при работе в электроустановках. Рук. Строев В.П.	127
Головцева Е.А. Анализ нормативно-правовой документации по техногенной безопасности. Рук. Рогожников Ю.Ю.	128
Политов Д.С. Экологическая безопасность воздушной среды жилых помещений. Рук. Соколов А.К.	130
Богданович О.В., Некрасова Ю.С. Об экологической опасности отработанных батареек и аккумуляторов. Рук. Соколов А.К.	132
Степанов Д.А. Способы и методы снижения производственного травматизма в ОАО "Газпромтрубинвест". Рук. Попов Г.В.	134
Малахова К.С. Техногенная опасность и охрана труда при эксплуатации масляного и мазутного хозяйства Ивановской ТЭЦ-2. Рук. Чернов К.В.	136
Тихомолова Д.М. Техногенная опасность и охрана труда при эксплуатации оборудования ГЭС Ладожского каскада. Рук. Чернов К.В.	137
Безруков П.В. Показатели для анализа эффективности управления охраной труда на предприятии. Рук. Пышненко Е.А.	137
Сухорукова А.М. Комплексный подход к обеспечению техногенной безопасности на предприятии. Рук. Пышненко Е.А.	139
Кузьмина Е.М. Сравнительный анализ программ для обучения и тестирования. Рук. Соколов А.К.	141
Крупина А.Н. Теплоэнергетика и среда обитания. Рук. Мельцаев И.Г.	143
Волков А.С. Курение табака и здоровье человека. Рук. Мельцаев И.Г.	145
Иванкова Ю.А. К вопросу обеспечения электробезопасности. Рук. Рогожников Ю.Ю.	147
Ацаулова В.С. Природные явления опасные для жизнедеятельности человека. Рук. Мельцаев И.Г.	149
Шарова Д.С. Применение методов однокритериальной оптими-	

Содержание

зации для решения тестовых задач. Рук. Попов Г.В.	151
Гулина С.В. Применение линейно-экспоненциальной и нормально-вероятностной моделей к оценке риска для здоровья. Рук. Пышненко Е.А.	152
Гусейнова А.А. Технология прессовки и создание древесно-стружечных плит. Рук. Попов Г.В.	154
Адамян М.Г. Оценка воздействия шума на персонал котельного цеха. Рук. Рогожников Ю.Ю.	155
Крупина А.Н. Энергетика и экология. Рук. Мельцаев И.Г.	156
Ивакина Е.А. Специальная оценка условий труда аппаратчика химводоочистки котельной. Рук. Соколов А.К.	158
Кузьмина Е.М. Разработка базы данных для тестирования по учебному курсу "Экология". Рук. Соколов А.К.	160
Волков А.С. Лесные пожары-экологическое бедствие. Рук. Мельцаев И.Г.	162
Айцаулова В.С. Влияние выбросов автотранспорта на биологические объекты. рук . Мельцаев И.Г.	164
Максакова О.Г., Серуков А.С. Сотовый телефон: за и против. Рук. Крестниковская Е.А.	166

Секция 12. Моделирование физических процессов

Хайбуллина А.И. Моделирование турбулентности пульсирующего потока теплоносителя. Рук. Ильин В.К.	168
Макаревич К.О. Оценка методом Монте-Карло доз облучения пациентов при рентгенологических исследованиях. Рук. Кутень С.А.	170
Хамидуллина М.С. Моделирование радиационного теплообмена и климатических последствий постядерных конфликтов. Рук. Москаленко Н.И.	172
Масляков Н.К. Получение и свойства комплексной полипропиленовой нити, модифицированной металлсодержащими наночастицами. Рук. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю.	174
Умников А.В. Оценка возможности регулирования трибологических характеристик полиэфирсодержащих тканей посредством поверхностного модифицирования теломерами тетрафторэтилена. Рук. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю.	175
Паршинцева Н.В. Поверхностное модифицирование полиэфирных волокнистых материалов наночастицами диоксида титана. Рук. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кузьмин С.М.	176
Шамсудинова Э.Г., Владимирцева Л.И. Выбор способа оценки	

прочностных характеристик модифицированного шерстяного волокна. Рук. <i>Владимирцева Е.Л.</i>	177
<i>Егорова Е.С.</i> Подход к описанию излучения серого тела. Рук. <i>Кабанов О.А.</i>	179
<i>Шашурин К.С.</i> Экспериментальная установка для измерения усредненной диэлектрической проницаемости жидкости в переменном электрическом поле различной степени неоднородности. Рук. <i>Игошин И.П., Кабанов О.А.</i>	180
<i>Коробкова А., Маюсупов Ф.</i> Лабораторная установка для изучения поверхностного натяжения жидкостей способом отрыва капли. Рук. <i>Дмитриев М.В., Комин В.Г.</i>	182
<i>Коновальцева С.С.</i> Примеры расчета движения заряженной частицы в совместных электрическом и магнитном полях. Рук. <i>Смельчакова Е.В.</i>	184
<i>Учеваткин Д.А.</i> Электромагнитное поле двух рамок с переменным током. Рук. <i>Розин Е. Г.</i>	185
<i>Игошина В.А., Соколов А.А.</i> Разработка лабораторной работы по изучению электронно-дырочного перехода в полупроводниках. Рук. <i>Крылов И.А., Шмелева Г.А.</i>	186
<i>Дмуховская А.В., Фадеева М.С.</i> Моделирование осевого магнитного поля однородно намагниченного стержня. Рук. <i>Шмелева Г.А.</i>	188
<i>Ковалева Н.Н., Болтунов И.А.</i> Лабораторная установка для изучения движения маятника максвелла. Рук. <i>Дмитриев М.В., Борута С.С.</i>	190
<i>Савинова Т.В., Козлова Е.М., Маянцев Э.М.</i> Компьютерное моделирование траекторий движения заряженных частиц в однородном магнитном поле. Рук. <i>Демьянцева Н.Г.</i>	192
<i>Лобанов М.А., Костромская Т.И.</i> Моделирование движения заряженной частицы в поле плоского конденсатора. Рук. <i>Демьянцева Н.Г.</i>	194
<i>Кондакова Н.А., Куликова О.Н., Кузнецов Д.С.</i> Проектирование системы электродов для исследования электрохимической обработки металлов. Рук. <i>Демьянцева Н.Г.</i>	196
<i>Куварзин И.Н., Мерьякубова М.О.</i> Исследования радиофизических характеристик металлизированных пленок. Рук. <i>Неверов И.В.</i>	198
<i>Басараб А.А., Шувалов П.А.</i> ИК-спектры поглощения нанопорошков магнетита. Рук. <i>Неверов И.В.</i>	201
<i>Крестьянинова О.В., Спрыгин М.Н.</i> Опто-электронная эмиссия водных растворов после физических воздействий.	

Содержание

<i>Рук. Шипко М.Н.</i>	204
<i>Подобный А.В.</i> Экспериментальное исследование эффекта Бифельда-Брауна. <i>Рук. Солунин М.А.</i>	205
<i>Подобный А.В.</i> Автоматизация экспериментальных исследований на платформе ARDUINO. <i>Рук. Тихонов А.И., Солунин М.А.</i>	207
<i>Дрязгов Д.Е.</i> Разработка визуального 3D-тренажера для исследования кинематики материальной точки. <i>Рук. Тихонов А.И.</i>	209
<i>Пайков И.А.</i> Способы сокращения размерности в задачах расчета магнитного поля. <i>Рук. Тихонов А.И.</i>	211
<i>Севрюгов Д.М.</i> Моделирование процессов релаксации в термодинамической системе в режиме имитации эксперимента. <i>Рук. Тихонов А.И.</i>	213
<i>Шмелев А.С.</i> Распараллеливание прямого решателя системы конечно-элементного моделирования магнитного поля. <i>Рук. Тихонов А.И.</i>	215
<i>Корнев И.А.</i> Разработка цепных моделей электротехнических устройств с использованием библиотеки численного моделирования электрических цепей. <i>Рук. Тихонов А.И.</i>	218
<i>Зайцев С.</i> Комбинированный генетический алгоритм оптимизации трансформатора. <i>Рук. Тихонов А.И.</i>	220

ТЕПЛОВЫЕ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИИ

**ДЕСЯТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ЭНЕРГИЯ-2015»**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Том 2

*Печатается в авторской редакции
Составитель Ильченко А.Г.*

Лицензия ИД № 05285 от 4 июля 2001 г.

Подписано в печать Формат 60x84 1/16.

Печать офсетная. Усл. печ. л.

Тираж 60 экз. Заказ №

ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический
университет им. В.И. Ленина»

153003, Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ.