

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Отделение школы (НОЦ) И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Численное моделирование процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике УДК <u>621.1.016.4:536.24</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6Б	Шелемехова Софья Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Половников Вячеслав Юрьевич	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	Антонова Александра Михайловна	к. т. н.		

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества,

	соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Подразделение: Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
 Отделение: НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ А.М. Антонова
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группы	ФИО
5Б6Б	Шелемеховой Софье Дмитриевне

Тема работы:

Численное моделирование процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике	
Утверждена приказом ректора (дата, номер)	№41-31/с от 10.02.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10 июня 2020 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – регенеративный теплообменник. Цель работы – численный анализ процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике с использованием программного пакета Comsol Multiphysics.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ научно-технической литературы по теме работы (книги, статьи, патенты); 2. Постановка задачи и метод ее решения; 3. Результаты и обсуждение; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность; <p>Заключение.</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Т.Г.Трубченко, Доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	О.А Немцова, Ассистент отделения общетехнических дисциплин
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	В.Ю Половников	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6Б	Шелемехова Софья Дмитриевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6Б	Шелемеховой Софье Дмитриевне

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И.Н Бутакова
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 33664 руб. Оклад консультанта - 12664 руб. Материальные затраты – 1100 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Накладные расходы 10%; Районный коэффициент 30% Норма амортизации 33,3 %
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Планирование работ научного исследования
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление календарного плана, формирование сметы затрат на проект
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Диаграмма Ганта*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2020 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6Б	Шелемехова Софья Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6Б	Шелемеховой Софье Дмитриевне

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И.Н Бутакова
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Численное моделирование процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования: регенеративный теплообменник. Задача исследования состоит в анализе влияния различных параметров на эффективность теплообменника, поэтому используется компьютерное моделирование. Область применения: моделирование теплопереноса в теплообменнике, тепловой расчет теплообменника.</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>– ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p>
<p>2. Производственная безопасность – Анализ выявленных вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. – Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные и опасные факторы: – Недостаточная освещенность рабочей зоны – Отклонение параметров микроклимата – Повышенное значение электромагнитные поля : – Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека – Повышенный уровень статического электричества</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Литосфера, атмосфера и гидросфера: – загрязнение сточных вод – загрязнение атмосферы</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>– Возможная и наиболее типичная ЧС: Пожар (причиной возникновения пожара может стать нарушение пожарной безопасности, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2020 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
--------	-----	---------	------

5Б6Б	Шелемехова Софья Дмитриевна		
------	-----------------------------	--	--

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 76 с., 18 рис., 12 табл., 35 источников.

Ключевые слова: регенеративный теплообменник, эффективность, теплоперенос, шариковая насадка, численное моделирование.

Объектом исследования является регенеративный теплообменник с шариковой насадкой.

Цель работы – численный анализ процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике с использованием программного пакета Comsol Multiphysics.

В процессе исследования велась оценка воздействия одной из главных характеристик (режим работы) на равномерность прогрева/охлаждения слоя насадки.

В результате исследования было определено оптимальное время цикла прогрева для равномерного распределения тепла в слое насадки и эффективное время, за которое насадка отдает тепло нагреваемому воздуху.

Область применения регенераторов: химическая, нефтехимическая промышленность, системы отопления, вентиляции и кондиционирования.

Содержание

Введение.....	12
Глава 1. Исследования в области регенеративных теплообменников.....	15
Глава 2. Постановка задачи и метод ее решения.....	22
2.1. Геометрическая и физическая постановка задачи.....	22
2.2. Математическая постановка задачи.....	23
2.3. Исходные данные.....	25
2.4. Метод решения.....	25
Глава 3. Результаты и обсуждение.....	26
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	35
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	36
4.2 Оценка конкурентоспособности разработки.....	36
4.3 SWOT-анализ разработки.....	38
4.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	41
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	41
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	43
4.5 Бюджет затрат на проектирование.....	49
4.5.1 Расчет материальных затрат проекта.....	49
4.5.2 Расчет затрат на амортизацию специального оборудования для научных (экспериментальных) работ.....	50
4.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды.....	51
4.5.4 Формирование затрат на проектирование.....	53
Глава 5. Социальная ответственность.....	56
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	57
5.2. Производственная безопасность.....	59
5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	59
5.2.1.1 Микроклимат рабочей зоны.....	59
5.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	61
5.2.1.3 Повышенное значение статического электричества.....	61
5.2.1.4 Повышенное значение напряжения в электрических сетях.....	62

5.2.1.5 Электромагнитное излучение.....	64
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия.....	66
5.3 Экологическая безопасность.....	67
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
Заключение.....	73
Список литературы.....	74

Введение

Развитие науки и техники принесло больше удобств для людей, но энергетическая проблема все так же имеет место быть. Практически все страны мира ищут новые источники энергии, но в то же время они уделяют большое внимание развитию энергосберегающего пути. Теплообменные аппараты широко используются в нефтяной, химической промышленности, а так же в атомной энергетике. Многие исследователи посвятили себя реализации более высокой эффективности теплообменников, значит, эта проблема по сей день остается актуальной [1].

Существуют регенеративные теплообменники и рекуперативные. В данной работе речь пойдет о регенеративных теплообменниках.

Регенеративный теплообменник представляет собой теплообменный аппарат, в котором одна и та же поверхность нагрева соприкасается то с горячим, то с холодным теплоносителями. Для них характерно наличие твердых тел (насадок) из огнеупорных материалов. Регенеративные теплообменники в основном используются на высокотемпературных агрегатах, так как они способны работать при очень высокой температуре уходящих газов.

Разделяют периодически и непрерывно действующие теплообменники. Установки с циркулирующим зернистым материалом являются непрерывно действующими, а теплообменник, осуществляющий поочередно нагрев и охлаждение называется периодически действующим.

Наиболее распространенные случаи теплообмена с зернистыми материалами и различными насадочными телами мы можем встретить в химической промышленности [2].

Главным элементом, определяющим эффективность работы регенераторов и служащей для нагрева теплоносителя, выступает насадка, которая может быть подвижной и неподвижной. Регенератор с неподвижной

насадкой снабжается двумя аппаратами, а не одним, только тогда теплообмен будет осуществляться равномерно и бесперебойно. Регенератор с подвижной насадкой обеспечивает практически постоянным теплом систему с одним теплоподающим прибором.

Большинство исследований в области регенераторов направлено на изучение режимных параметров, влияния теплофизических свойств материалов. Исследования проводятся для определения эффективности теплообменника и повышения ее с целью меньших затрат энергоресурсов, что соответствует принципам энергосбережения.

Один из аспектов энергосбережения включает в себя мероприятия в области энергетического хозяйства, осуществление которых гарантирует достижение экономического эффекта за счет совершенствования структуры с энергетического производства.

Мероприятия, сопровождаемые дополнительными затратами энергии и связанные с производством новых видов конструкционных и других материалов, относятся к энергосберегающим, если использование этих материалов у потребителей, по сравнению с ранее применяемыми, обеспечивает экономию энергоресурсов.

Сбережение энергоресурсов путем естественного хода развития продолжится и в перспективе, но эффективность его существенно снизится. Обусловлено это сложностью дальнейшего повышения эффективности основных видов используемых сейчас энергоустановок и оборудования [3].

Актуальность работы: разработанная модель позволяет изучить процесс теплопереноса в регенераторе с зернистой насадкой, выявить наиболее эффективный режим работы.

Цель текущей работы – численный анализ процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике с использованием программного пакета Comsol Multyphysics.

Задачи:

1. Изучение примеров построения в программном пакете Comsol регенератора с шариковой насадкой;
2. Определение геометрических размеров исследуемой области и создание ее геометрической модели;
3. Поиск теплофизических характеристик, необходимых для создания модели;
4. Выявить время работы за которое будет осуществляться равномерный прогрев и охлаждение насадок.

Глава 1. Исследования в области регенеративных теплообменников

S P Aktershev, I V Mezentsev and N N Mezentseva [4] в своей работе выполнили численное моделирование регенеративного теплообменника с циклическим изменением направления потока применительно к системе вентиляции. Сделано это было, что бы выявить критерии, которые влияют на эффективность теплообмена в регенераторе. В теоретической модели [5] предполагалось, что температура элемента заряда однородна по объему, а тепловое сопротивление сосредоточено в газовой фазе. В данной работе численно моделировалась работа регенеративного теплообменника с циклическим обратным потоком и теплоаккумулирующей загрузкой сферических элементов.

Задача теплообмена между зернистой загрузкой и потоком газа была решена в следующей простейшей одномерной постановке.

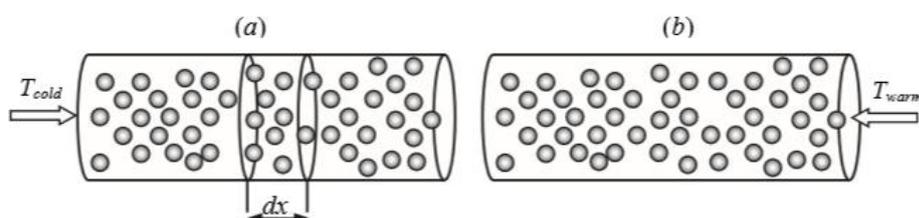


Рисунок 1 – Схема регенеративного теплообменника с периодическим поворотом из потока. Подача холодного воздуха внутрь к зернистой среде (a). Поток отработанного воздуха возвращает тепло в зернистую среду (b) [4].

Исследуемый в работе теплообменник содержал зернистую среду, состоящую из твердых сферических элементов, накапливающих тепло. В течение полупериода поступающий холодный воздух проходил через зернистую среду, нагревая ее до комнатной температуры. Затем направление воздушного потока менялось на обратное, и в течение еще одного полупериода отработанный теплый воздух возвращал тепло в зернистую среду. После нескольких таких циклов устанавливается режим теплообмена с

периодическим изменением температуры внутри, каждое поперечное сечение трубы стабилизировано.

Авторами исследования было определено, что такой режим работы в описанном устройстве позволяет значительно снизить энергозатраты на поддержание заданной температуры горячего потока в вентилируемом помещении, так как атмосферный воздух, прошедший через устройство и попавший в помещение, уже нагрет.

В ходе экспериментального исследования *М. И. Низовцева и В. Ю. Бородулина* [6] было рассмотрено влияние различных параметров регенератора на температурную эффективность.

В качестве экспериментальной модели использовался регенератор воздуха (рис. 1). Совмещением колонн (одна с насадкой для нагрева и вторая для охлаждения вентиляционного воздуха) можно получить теплообменный аппарат с промежуточным теплоносителем [7].

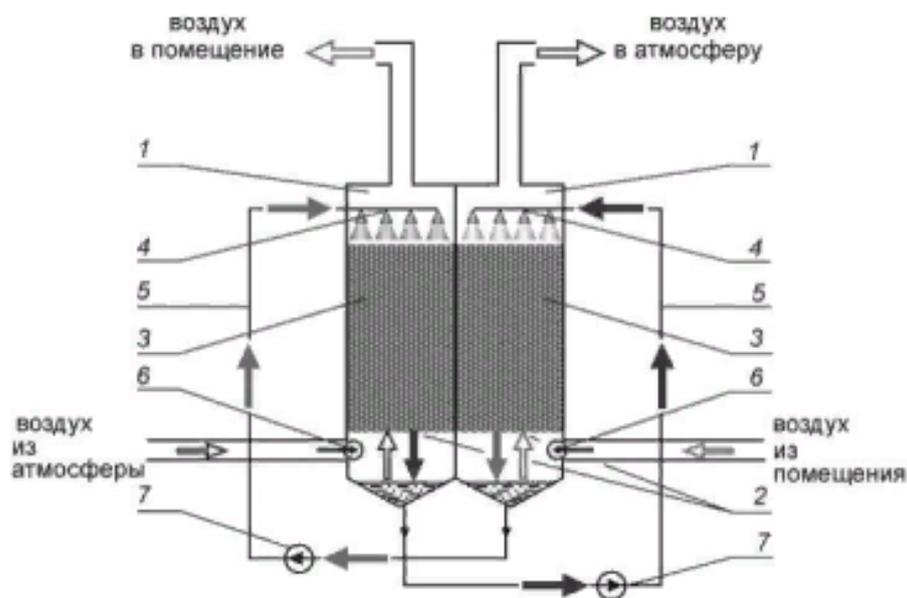


Рисунок 2 – Схема воздушного регенератора с промежуточным теплоносителем: 1– корпус колонны, 2 – решетка, 3 – насадка, 4– ороситель, 5 – трубопровод, 6 – воздушный вентилятор, 7 – водяной насос [6].

Были рассмотрены следующие параметры: высота наполнения засыпки, диаметр насадки, режимные характеристики воздушного потока и жидкого теплоносителя.

Согласно расчетам, увеличение высоты привело к росту эффективности теплообменника. Это связано с увеличением площади поверхности теплообмена, которая зависит от высоты заполнения. Понятно, что естественным ограничением высоты засыпки были габариты регенератора.

Когда диаметр насадки уменьшался, а все остальные параметры сохранялись, температурный КПД повышался. При том, что скорость роста эффективности увеличивалась с уменьшением диаметра.

В исследуемом диапазоне потоков жидкости эффективность теплообменника повышалась до максимального значения, а при дальнейшем увеличении расхода несколько снижался.

В результате проведенных расчетов авторами установлено, что с уменьшением высоты заполнения, максимум температурной эффективности был смещен в сторону уменьшения расхода воздуха от его величины, а с уменьшением диаметра насадки показана возможность повышения эффективности регенератора.

В работе *Г.В. Рыбкиной, М.Ю. Ометовой, Н.Н. Елина* [8] рассматривался теплообменник с насадкой из шамотного кирпича, как объект моделирования в котором необходимо нагреть наружный воздух дымовыми газами. Сначала изучался вклад различных составляющих переноса теплоты теплопроводностью на температурное поле насадки.

Рассматривались три варианта переноса теплоты в насадке. Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными, показали, что наилучшее совпадение, достигается при использовании в расчетах варианта переноса теплоты по трем осям.

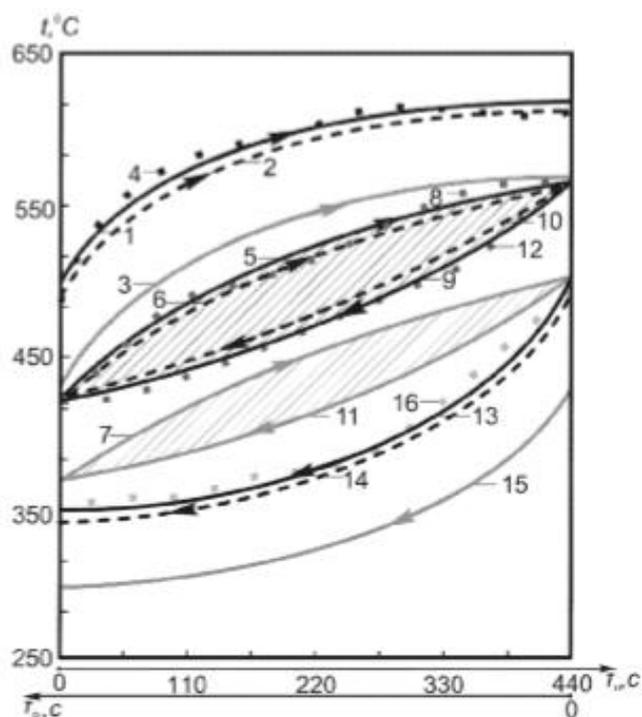


Рисунок 3 – Результаты исследования изменения температур теплоносителей в выходном сечении регенератора и средней по массе температуры насадки в течение цикла при различных вариантах переноса теплоты в насадке: Расчет по варианту №1: 1 – продукты сгорания; 5 и 9 – насадка; 13 – воздух; Расчет по варианту №2: 2 – продукты сгорания; 6 и 10 – насадка; 14 – воздух; Расчет по варианту №3: 3 – продукты сгорания; 7 и 11 – насадка; 15 – воздух; Эксперимент: 4 – продукты сгорания; 8 и 12 – насадка; 16 – воздух. [8]

Путем численного эксперимента удалось произвести выбор оптимальной формы проходного сечения канала. Расчеты тепловой мощности выполнялись при неизменной площади живого сечения прямоугольного канала и различных соотношениях его высоты и ширины. Результаты расчетов, показали, что тепловая мощность изменяется как в зависимости от длительности цикла, так и от формы проходного сечения канала насадки весьма сильно – от 20 до 50%.

При увеличении отношения длин сторон канала увеличение тепловой мощности происходит по двум причинам: увеличение объема материала

насадки, участвующего в ходе аккумуляции теплоты посредством лучшего прогревания углов и увеличение площади теплообмена насадки с газом. Однако, при этом происходит уменьшение теплового потока излучением от газа к насадке по причине уменьшения «эффективной длины луча», которая пропорциональна эквивалентному диаметру канала [9].

Созданная математическая модель процесса и ее компьютерная реализация предоставляет возможность сопоставить тепловую эффективность различных вариантов конструктивного исполнения насадки и находить оптимальную продолжительность цикла, то есть выполнять режимную и конструктивную оптимизацию.

В экспериментальном исследовании *Easwaran N. Krishnan, Hady Ramin, Mohsen Shakouri, Lee D. Wilson, Cary J. Simonson* [10] была представлена новая маломасштабная испытательная установка для оценки производительности регенератора в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Предложенная установка способна испытывать теплообменники, имеющие длину до одного метра, а температура приточного воздуха и скорость движения воздуха могут варьироваться от -25 до 60 °С и от 0,8 до 2,5 м/с соответственно. Было проведено параметрическое исследование, чтобы понять влияние периода и входной скорости на эффективность регенератора.

Методология маломасштабного тестирования верифицируется для регенераторов путем сравнения экспериментальных результатов с численной моделью и двумя численными моделями [11, 12] для постоянного потока и коэффициента теплоемкости. Максимальная разница в эффективности, полученная по результатам испытаний численной модели, составляет 2,3%.

Хорошее согласование результатов испытаний с численными моделями показало, что маломасштабное тестирование является перспективной альтернативной методологией для оценки эффективности регенераторов. Испытательная установка может быть использована для

исследования тепло-и влагопереноса в регенераторах, имеющих различную геометрию и материалы осушителя.

У *A.V. Koshel'nik* [13] рассмотрена математическая модель регенеративных теплообменников (регенераторов) со стационарной огнеупорной насадкой, используемых для нагрева поступающего воздуха на горение в высокотемпературных плавильных агрегатах стекольных заводов.

Сначала определялось распределение температуры по высоте насадки, которое выбирается наиболее близким к установившемуся состоянию, если это возможно. Насадка разбивалась на n -ое количество элементов с шагом h . Введение коэффициента массивности позволило учесть неравномерность температурного поля по толщине насадки.

При проектировании регенераторов было проведено большое количество циклов нагрева и охлаждения насадки. Пока разница в распределении температуры в двух смежных циклах не достигала практически заданной точности, расчет не считался окончанным.

Математическая модель теплообмена в регенераторах со стационарной насадкой более подробно рассмотрена в работе [14], с которой и работал автор. Описанная математическая модель была использована для разработки способа создания компьютерного пакета для исследования работы регенераторов с различными конфигурационными решениями.

Для повышения температуры сжигания, чаще всего целесообразно увеличить объем насадки регенератора. Так как увеличение длины камеры насадки регенератора делает расход теплоносителя неравномерным по сечению насадки, в данном случае использовались двухкамерные регенераторы. Предполагалось, что горячая камера регенератора имеет тот же размер, что и до реконструкции. Из-за запыленности дымовых газов, целесообразно использовать насадки с непрерывными каналами литых элементов.

При переходе к двухкамерным регенераторам, автором было обнаружено, что средняя температура нагрева воздуха значительно

увеличилась, а средняя температура дымовых газов снизилась, что обусловило увеличение эффективности использования тепла регенератором.

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время основным критерием оценки перспективности научного открытия является коммерческая ценность разработки, поскольку затруднительно на первых этапах жизненного цикла оценить масштабность проекта.

Коммерческая ценность предполагает не только более совершенные технические характеристики продукта по сравнению с уже имеющимися на рынке, но и ответ на вопросы о стоимости, востребованности, бюджете проекта, сроках выхода на рынок.

Анализ конкурентных технических решений позволяет производить корректировки научного исследования для увеличения его конкурентоспособности, так как рынки сбыта находятся в постоянном движении.

Настоящая работа проводится на персональном компьютере и предполагает исследование эффективности способа решения поставленной инженерной задачи, а именно – применения программного пакета COMSOL в качестве средства для моделирования теплопереноса в регенеративном теплообменнике. Оценка перспективности, планирование и формирование бюджета научного исследования позволяют анализировать его экономическую эффективность.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом разработки является регенеративный теплообменник. Потенциальными потребителями могут выступать промышленные предприятия (, объекты жилищно-коммунальной сферы (котельные), лаборатории. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 – Сегментирование рынка

		Сфера использования		
		Промышленные предприятия	Объекты ЖКХ	Лаборатории
Размер организации	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

В приведённой карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят крупные промышленные предприятия, объекты ЖКХ (котельные), крупные лаборатории.

4.2 Оценка конкурентоспособности разработки

Исследование посвящено изучению процесса тепломассопереноса в регенеративном подогревателе. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. На российском рынке в качестве производителей теплотехнического оборудования выделены компания «Промкотлоснаб» и завод «Гарант».

«Промкотлоснаб» – одна из крупных компаний в котлостроении, производитель современного оборудования для котельных малой и средней мощности, с полным циклом производства оборудования. Обозначим его как К1 (конкурент 1).

Завод «Гарант» является крупным производителем котельного оборудования в том числе и исследуемых подогревателей. В соответствии с современными тенденциями завод внедряет инновации в промышленное производство. Обозначим его как К2 (конкурент 2).

Результаты оценки приведем в виде таблицы 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Оценка конкурентоспособности разработки

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Энергоэффективность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Надежность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Долговечность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Простота обслуживания	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Безопасность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
Уровень материалоемкости разработки	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
Цена	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Конкурентоспособность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Перспективность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Послепродажное обслуживание	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	44	46	41	4,25	5,05	4,05

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации. В данном случае для сравнения были взяты такие критерии как

энергоэффективность, надежность, долговечность, простота обслуживания, безопасность, уровень материалоемкости, так как это наиболее типичные характеристики для оценки теплообменник, в основном именно на них нацелено исследование и дальнейшие пути модернизации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

По результатам расчета таблицы 2 видно, что рассматриваемый объект исследования конкурентоспособен. Наибольшие преимущества наблюдаются в сфере энергоэффективности, надежности и безопасности.

4.3 SWOT-анализ разработки

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Внешняя среда состоит из макро- и микроуровня.

В настоящей работе макроуровень отсутствует.

Рассмотрим микроуровень:

Конкуренты

Конкурентами являются экспериментаторы и теоретики в области исследования теплопереноса в регенеративных теплообменниках.

Аудиторией влияния являются руководители и сотрудники Томского Политехнического Университета.

Рассмотрим внутреннюю среду:

Проектный продукт и его характеристики

Продуктом нашего проекта будут результаты экспериментальных исследований, которые послужат научными основами для создания эффективной конструкции регенеративного теплообменника.

Основными средствами является: ЭВМ, программное обеспечение. Обратный капитал отсутствует.

Матрица SWOT-анализа представлена в данном разделе в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – SWOT- анализ

<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Возможность получения новых, никем ранее не полученных, результатов</p> <p>С2. Применение полученных результатов в различных направлениях модернизации теплотехнических технологий в энергетике</p> <p>С3. Новое высокотехнологическое оборудование</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Присутствие конкурентов</p> <p>Сл.2. Сложность создания необходимых условий</p> <p>Сл3. Большое количество дополнительных экспериментов</p> <p>Сл.4. Требуется много времени на исследование</p>
--	---

Продолжение таблицы 4.3.1

<p>Возможности:</p> <p>В1. Новые теоретические знания, научные термины</p> <p>В2. Опыт проведения научных и экспериментальных исследований</p> <p>В3 Актуальность в реализации проекта</p> <p>В4. Освоение нового оборудования и программного обеспечения</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых, активных и целеустремленных конкурентов</p> <p>У2. . Большая погрешность измерений.</p> <p>У3 Увеличение цен на энергоресурсы</p> <p>У4. Отсутствие инвесторов</p>
---	---

Сильные стороны и возможности: В1С1,С2,С3; В2С1,С2,С3; В3С2,С3; В4С1,С2,С3.

Слабые стороны и возможности следующие: В1Сл1,Сл3, Сл4; В2Сл3,Сл4; В4Сл3.

Сильные стороны и угрозы: У1С1.

Слабые стороны и угрозы: У1Сл1; У2Сл2,Сл3,Сл4.

Выполнив SWOT-анализ можно сделать вывод о том, что у данного проекта существует масса преимуществ, основным из которых является дальнейшая перспектива модернизации теплотехнических технологий в энергетике, задавать более эффективный режим работы теплообменников, сложностью данного проекта видится появление конкурентов в области исследования и отсутствие инвесторов.

Необходимо сделать упор на такие сильные стороны как применение полученных результатов в теплоэнергетике, так как это связано с наибольшим количеством возможностей проекта. Что касается слабых сторон, нужно

обратить внимание на попытку создания необходимых условий, чтобы избежать большинства угроз проекта.

4.4 Планирование научно-исследовательских работ

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Данная часть экономического раздела выпускной квалификационной работы направлена на определение основных свойств совершаемых работ [15]:

- 1) Определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) Определение участников каждого пункта работ;
- 3) Определение продолжительности работ;
- 4) Построение графика продолжительности проведенных работ.

Для начала определим перечень этапов, работ и распределим исполнителей на каждом этапе. Планирование проведение работ позволит разграничить обязанности каждого из исполнителей проекта, рассчитать заработную плату работников, а также гарантирует реализацию проекта в срок. Основные задачи распределяются между двумя исполнителями проекта: руководителем проекта и инженером. Последовательность и содержание работ, а также распределение исполнителей представлено в таблице 4.4.1.

Таблица 4. 4.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель

Продолжение таблицы 4.4.1.1

Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение теоретического материала	Инженер
	3	Выбор направления исследования	Научный руководитель, инженер
	4	Составление календарного плана работ	Научный руководитель, инженер
Проведение исследования	5	Создание расчетной модели	Инженер
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	7	Проведение экспериментального исследования	Инженер
	8	Анализ результатов и сопоставление теоретических и экспериментальных исследований	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер

Продолжение таблицы 4.4.1.1

Контроль и координирование проекта	10	Контроль качества выполнения проекта и консультирование инженера	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Инженер

По результатам составления данной таблицы можно сделать вывод о том, что проект содержит 11 этапов, большую часть из которых выполняет инженер.

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Так как основной частью стоимости разработки проекта состоит из трудовых затрат, то очень важно определить трудоемкость работ каждого из участников проекта. Определить ожидаемое (среднее) значение трудоемкости возможно по следующей формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}$$

где t_{min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.–дн.;

t_{max} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, чел.–дн.;

Основываясь на ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Проведение данного расчета необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

Для удобства построения графика продолжительности работ, длительность каждого из этапов работ следует перевести в календарные дни. Для осуществления данного перевода существует следующая формула:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot K_{КД}$$

где $K_{КД}$ – коэффициент календарности, расчет которого осуществляется по следующей формуле:

$$K_{КД} = \frac{T_{КД}}{T_{КД} - T_{ВД} - T_{ПД}}$$

где $T_{КД}$ – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

В качестве примера приведем расчет для работы №1 «Составление и утверждение технического задания», выполнение которой осуществляет руководитель проекта.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 7}{5} = 4, \text{ чел} - \text{ дн.}$$

Коэффициент календарности для 2020 года:

$$K_{КД} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22$$

Расчет количества календарных дней:

$$T_{КД} = 4 \cdot 1,22 = 4,88 \approx 5 \text{ к.дн}$$

Для наглядности и простоты построения диаграммы Ганта занесем рассчитанные значения для каждого вида работ каждым исполнителем

(руководитель проекта (НР) и инженер (И)) в таблицу 4.4.2.1. На основании данной таблицы построим календарный план-график (диаграмму Ганта), представленную на рисунке 4.4.2.1.

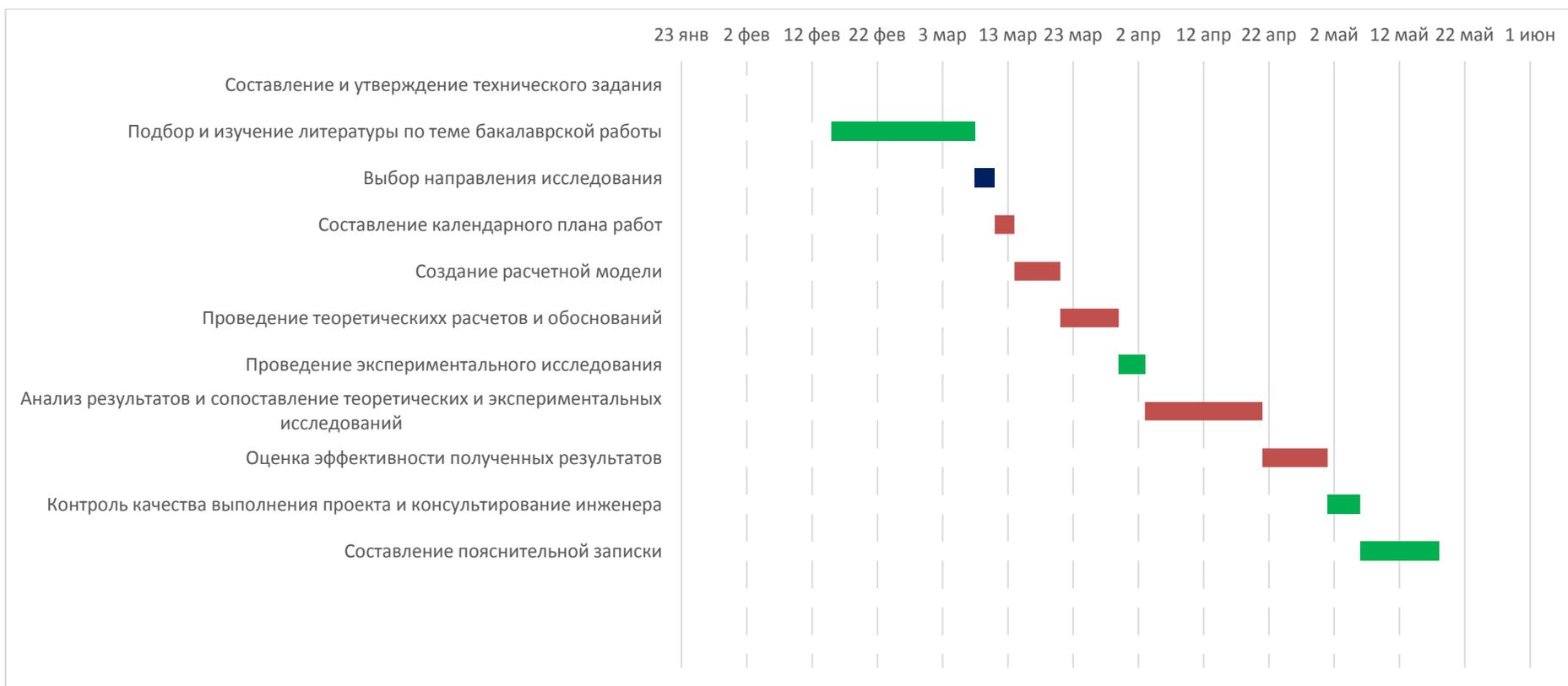
Таблица 4.4.2.1 – Временные показатели проведения работ

Наименование работы	Исполнители работы	Длительность работ, дн.			Трудоёмкость работ по исполнителям, чел.дн			
		t_{\min}	t_{\max}	$t_{ож}$	T_{pi}		T_{ki}	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	8	9	11
Составление и утверждение технического задания	НР	2	7	4	4	0	5	0
Подбор и изучение теоретического материала	И	11	21	15	0	15	0	22
Выбор направления исследования	НР, И	2	7	4	2	2	3	3
Составление календарного плана работ	НР, И	2	7	4	2	2	3	3
Создание расчетной модели	И	3	8	5	0	5	0	7
Проведение теоретических расчетов и обоснований	И	4	9	6	0	6	0	9
Проведение экспериментального исследования	И	1	6	3	0	3	0	4
Анализ результатов и сопоставление теоретических и экспериментальных исследований	И	8	18	12	0	12	0	18
Оценка эффективности полученных результатов	И	5	10	7	0	7	0	10

Продолжение таблицы 4.4.2.1

Контроль качества выполнения проекта и консультирование инженера	НР	2	7	4	4	0	5	0
Составление пояснительной записки	И	6	11	8	0	8	0	12
Итого:		46	111	72	12	60	16	88

Рисунок 4.4.2.1 – Календарный план-график проведения исследования



На основании построенного графика продолжительности реализации проекта можно заключить, что продолжительность работ по выполнению задания составит около 14 недель. Начало разработки проекта намечено на вторую неделю февраля, а окончание на третью неделю мая. Значение реальной продолжительности работ может быть как меньше (при благоприятных обстоятельствах) посчитанного значения, так и больше (при неблагоприятных обстоятельствах), так как трудоемкость носит вероятностный характер. Общая длительность выполнения проекта в календарных днях составит 97 дней, из них инженер проработает 88 дней, а руководитель проекта 16 дней.

4.5 Бюджет затрат на проектирование

При планировании бюджета проекта необходимо учесть все виды расходов, которые связаны с его выполнением. Для формирования бюджета проекта используется следующая группа затрат [15]:

- 1) материальные затраты проекта;
- 2) затраты на оборудование;
- 3) основная заработная плата исполнителей проекта;
- 4) дополнительная заработная плата исполнителей проекта;
- 5) отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- 6) накладные расходы.

4.5.1 Расчет материальных затрат проекта

К материальным затратам относятся: приобретаемые со стороны сырье и материалы, покупные материалы, канцелярские принадлежности, картриджи и т.п.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: Microsoft Office, COMSOL 3.5a и др.

Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет».

Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности, картридж для принтера.

Для исследований используется персональный компьютер с бесплатным доступом к лицензии COMSOL 3.5a. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5% до 20% от общей цены материалов. Список материальных затрат приведен в таблице 4.5.1.1.

Таблица 4.5.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	310	1	310
Тетрадь общая, 48 л.	50	1	50
Шариковая ручка	30	3	90
Картридж для принтера	550	1	550
Итого			1000
Итого с учётом ТЗР (10%)			1100

В сумме материальные затраты составили 1100 рублей. Цены приняты средние по городу Томск.

4.5.2 Расчет затрат на амортизацию специального оборудования для научных (экспериментальных) работ

Амортизация – процесс переноса стоимости оборудования на созданную при его участии продукцию и создание источника для простого производства [15].

Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 30000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [16].

Норма амортизации H_A рассчитывается как [17]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% ,$$

где T – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации H_A :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% .$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{год} = 30000 \cdot 0,33 = 9900 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{мес} = \frac{9900}{12} = 825 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 825 \cdot 5 = 4125 \text{ руб}$$

4.5.3 Расчёт заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды

Оклад научного руководителя (в должности доцента) составляет 33 664 рублей. Оклад студента (инженера) принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации, т.е. ассистента и составляет 12 664 рублей. В 2020 году с учётом 48-дневного отпуска 252 рабочих дня. Среднее количество рабочих дней в месяце составит 21 день. Среднедневная заработная плата для руководителя составит 1603,05 рублей в день, для консультанта и инженера – 603,05 рублей в день.

Заработная плата включает в себя основную и дополнительную части.

При этом основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{осн} = ЗП_{дн} \cdot T_{РД} \cdot (1 + K_{пр} + K_{\partial}) \cdot K_p ,$$

где $ЗП_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{РД}$ – трудоёмкость выполнения работы в рабочих днях;

$K_{пр}$ – коэффициент премирования;

K_{∂} – коэффициент доплат;

K_p – районный коэффициент.

Результаты расчета заработной платы для руководителя и инженера проекта приведены в таблице 4.5.3.1.

Таблица 4.5.3.1 – Расчет заработной платы для руководителя и инженера

Исполнители	$ЗП_{дн}$	K_p	K_{∂}	$K_{пр}$	$T_{РД}$	$ЗП_{осн}$, руб
Руководитель	1603,05	0,1	0,2	1,3	16	32061
Инженер	603,05	0	0,2	1,3	88	66335,5
Итого						98396,5

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0,12 ,$$

где $ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

Отчисления во внебюджетные фонды в соответствии с Налоговым кодексом РФ рассчитываются по формуле:

$$ЗП_{внеб} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 0,302 ,$$

где $ЗП_{осн}$ – основная заработная плата, руб.;

$ЗП_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Таблица 4.5.3.2 – Расчёт дополнительной заработной платы и отчислений

Исполнители	<i>ЗП_{доп}</i>	<i>ЗП_{внеб}</i>
Руководитель	3847,32	10772,5
Инженер	7960,26	22288,7
Итого	11807,58	33061,2

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

В результате данных расчетов посчитана основная заработная плата у исполнителей проекта. Из таблицы 4.5.3.1 видно, что ставка руководителя наибольшая, но итоговая заработная плата получилась наибольшей у инженера, так как основная заработная плата зависит от длительности работы проекта.

4.5.4 Формирование затрат на проектирование

Определение бюджета затрат на проект приведено в таблице 4.5.4.1.

Таблица 4.5.4.1 – Бюджет затрат на проект

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	1100	0,67
Затраты на амортизацию	4125	2,57
Основная заработная плата	98396,5	60,2
Дополнительная заработная плата	11807,58	7,23
Страховые взносы	33061,2	20,24
Накладные расходы	14849	9,09
Итого	163339	100

Суммарный бюджет проекта равен 163339 рублей, где наибольший процент бюджета составляют затраты на покрытие основное заработной платы исполнителей в размере 98396,5 рублей или 60,2 % к общей сумме бюджета.

Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела были решены следующие задачи:

1) Выявлены потенциальные потребители результатов исследования.

Расчет показал, что продукция предприятия востребована в различных сегментах рынка. Данный объект исследования наиболее интересен крупному промышленному и энергетическому сектору. Но даже для мелких компаний и физических лиц продукция так же представляет интерес.

2) Проведён анализ конкурентных технических решений.

Анализ конкурентных технических решений в сравнении с аналогичными тепловыми аппаратами, производимые «Промкотлоснаб» и «Гарант», показал, что рассматриваемая разработка конкурентоспособна.

3) SWOT-анализ.

Был проведён SWOT-анализ, который показывает слабые и сильные стороны предприятия, а также угрозы и возможности на рынке в целом.

В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: появление конкурентов в этой области исследования, отсутствие инвесторов, погрешность измерений, увеличение цен на энергоресурсы.

4) Планирование выполнения работ по проекту.

Было произведено распределение обязанностей по выполнению проекта и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая продолжительность работ составила 97 дня. При этом инженер принимал участие в работе практически каждый день, а научный руководитель производил контроль работы.

5) Формирование бюджета затрат.

Также был сформирован бюджет затрат на разработку проекта, который составил 163339 руб.

Расчет показал, что трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки и составляют 98396,5 тыс.руб. Минимальные затраты составляют материалы и амортизационные отчисления, в сумме около 4125 руб.

Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя – 32061 руб., заработная плата инженера – 66335,5 руб. Накладные и прочие расходы составили в сумме 49010,2 руб. Все затраты проекта могут быть реализованы, так как оказались ожидаемы.

В целом по работе можно сделать вывод, что проектируемый объект имеет коммерческий потенциал, он конкурентоспособен и перспективен, но в современных условиях требует финансовых и временных вложений на изучение.

Глава 5. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность – сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач и, норм и ценностей, понимание осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

К социальным вопросам на производстве относятся работы по охране труда, окружающей среды и в чрезвычайных ситуациях.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально–экономические, организационно–технические, санитарно–гигиенические, лечебно–профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Главной задачей охраны труда, является создание условий для безопасной трудовой деятельности человека, т.е. создание таких условий труда, которые исключают воздействия вредных факторов производства на рабочих.

Все факторы, воздействующие на работника в процессе осуществления трудовой деятельности, принято разделять на два типа: вредные и опасные производственные факторы.

В данной главе преследуются несколько задач:

Проанализировать рабочее место на предмет возникновения вредных и опасных факторов, а также их влияние на человека; определить предполагаемые средства защиты и меры по снижению их воздействия; рассмотреть возможность возникновения чрезвычайных ситуаций и разработать меры по их предупреждению.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специфика труда оператора ПЭВМ заключается в больших зрительных нагрузках в сочетании с малой двигательной активностью, монотонностью выполняемых операций, вынужденной рабочей позой. Эти факторы отрицательно влияют на самочувствие работающего.

ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ [18] устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя при проектировании нового, модернизации действующего оборудования и производственных процессов.

Зрительные нагрузки связаны с воздействием на зрение дисплея. Чтобы условия труда оператора были благоприятными, снималась нагрузка на зрение, видеотерминал должен соответствовать следующим требованиям:

- экран должен иметь антибликовое покрытие;
- цвета знаков и фона должны быть согласованы между собой;
- для многоцветного отображения рекомендуется использовать одновременно 6 цветов - пурпурный, голубой, синий, зеленый, желтый, красный, а также черный и белый, так как вероятность ошибки тем меньше, чем меньше используется цветов и чем больше разница между ними, а для одноцветного отображения - черный, белый, серый, желтый, оранжевый и зеленый. Красный и голубой цвета на границе видимого спектра применять нельзя;
- необходимо тщательное регулярное обслуживание терминалов специалистами.

В санитарных правилах и нормах (СанПин 2.2.2/2.4.1340-03) даются общие требования к организации и оборудованию рабочих мест операторов ПЭВМ:

– конструкция рабочего стола обеспечивает оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Высота рабочей поверхности стола должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности должна составлять 725 мм.

Рабочий стол имеет пространство для постановки ног, которое составляет: высоту не менее 600 мм, ширину не менее 500 мм, глубину – на уровне колен, не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула поддерживает рациональную рабочую позу при работе с ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно - плечевой области и спины для предупреждения утомления. Рабочий стул подъемно - поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула должна быть полумягкой с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину - не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

5.2. Производственная безопасность

5.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Таблица 5.2.1.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении экспериментов в компьютерном классе

Этапы работы	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Математическое моделирование (работа за персональным компьютером)	1) Недостаточная освещенность рабочей зоны. 2) Отклонение показателей микроклимата в лаборатории	1) Повышенный уровень статического электричества 2) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	1) Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 2) Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.4.1191-03. 3) СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение
Обработка полученных данных (работа за персональным компьютером)	3) Повышенный уровень электромагнитного излучения		

5.2.1.1 Микроклимат рабочей зоны

Компьютерный класс № 41 4 корпуса НИ ТПУ можно отнести к помещениям первого класса (помещения с незначительными избытками явного тепла (до $23 \text{ Дж/м}^3 \cdot \text{с}$ и менее)) исходя из производственных условий [23].

Допустимые микроклиматические условия рабочей зоны с учетом избытков тепла, времени года (табл. 2.3) и тяжести выполняемой работы (Iб категория) указаны в СанПиН 2.2.4.548–96 [24].

Выбрана категория работ по уровню энергозатрат Iб, так как большинство работ производится сидя и с кратковременной ходьбой сопровождающейся незначительной физической нагрузкой.

Таблица 5.2.1.1.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, СанПиН 2.2.4.548-96

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб (140-74)	22-24	21-25	40-60	0,1

Компьютерный класс оборудован следующими средствами для обеспечения благоприятных микроклиматических условий:

- система отопления (позволяет поддерживать температуру);
- система вентиляции (позволяет удалять загрязненный воздух);
- система кондиционирования (позволяет поддерживать относительную влажность на заданном уровне и регулировать температуру);

Температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в рабочей зоне помещения, относящегося к первому классу, должны соответствовать оптимальным нормам метеорологических условий, указанных в табл. 2.2, которые обеспечиваются и поддерживаются на необходимом уровне с помощью систем, перечисленных выше.

5.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [20].

Основные требования к рабочему освещению:

- 1) Создание достаточной освещённости на рабочих местах согласно нормам;
- 2) Бесперебойность и длительность работы установки в данных условиях среды;
- 3) Высокое качество освещения – спектральный состав, близкий к естественному, ограничение прямой и отражённой блёсткости, рациональное направление света, постоянство освещённости во времени;
- 4) Пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств;
- 5) Экономичность осветительной установки.

По СП 52.13330.2011 [21] для компьютерных классов научно-исследовательских учреждений норма освещенности составляет 400 лк.

5.2.1.3 Повышенное значение статического электричества

Статическое электричество представляет опасность для обслуживающего персонала. Лёгкие «уколы» при работе с сильно наэлектризованными материалами вредно влияют на психику рабочих и в определённых ситуациях могут способствовать травмам на технологическом оборудовании. При постоянном прохождении через тело человека малых токов электризации возможны неблагоприятные физиологические изменения в организме, приводящие к профзаболеваниям. Вследствие этого в нашей стране в соответствии с ГОСТ 12.1.045–84 [28] введены допустимые уровни

напряжённости электростатических полей – $E_{\text{пред}}$. Так, для $E_{\text{пред}} = 60$ кВ/м максимальное время пребывания $t_{\text{чел}}$ без средств защиты составляет 1 ч. Для $E=20$ кВ/м время пребывания персонала в электростатических полях не регламентируется.

К числу основных методов защиты первой группы относится заземление технологического оборудования, тела человека, являющееся наиболее простым, но необходимым средством, поскольку энергия искрового разряда с проводящих незаземлённых элементов технологического оборудования во много раз (сотни и тысячи) выше энергии разряда с диэлектриков. Заземляться должны все электропроводящие части и элементы оборудования, на которых возможно накопление зарядов. Электросопротивление всей цепи заземления должно быть не более 100 Ом. Непроводящее оборудование считается электростатически заземлённым, если в любой его точке сопротивление по отношению к земле – не больше $5 \cdot 10^9$ Ом.

В рассматриваемом помещении выполнено заземление всего электрического оборудования.

5.2.1.4 Повышенное значение напряжения в электрических сетях

Опасность поражения человека электрическим током оценивается величиной тока I (А), проходящего через его тело, или напряжением прикосновения U (В). Это означает, что опасность поражения током зависит от схемы включения человека в цепь, напряжения сети, режима нейтрали, степени изоляции токоведущих частей от земли, емкости линии и т. д.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность» предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [34] предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов (при неаварийных режимах), протекающих через тело человека имеют значения:

– Токи промышленной частоты имеют частоту 50 Гц;

По напряжению электрический ток подразделяется на низковольтный и высоковольтный.

Высоковольтным считается напряжение свыше 1000 В.

Существуют критические значения сетевого переменного тока, воздействующего на организм:

– 0,6-1,5 мА - ток начала ощущения (в точках прикосновения);

– 10-20 мА - порог неотпускающего тока, т.е. тока, вызывающего судорожное сокращение мышц, человек в этом случае не может сам освободиться от действия тока, например, разжать пальцы;

– 100 мА - ток фибрилляции сердца, т.е. явления беспорядочного сокращения волокон сердечной мышцы, вызывающего остановку сердца.

– При токе 5 А и более происходит асфиксия – удушье, вызванное рефлекторным спазмом голосовой щели.

Все меры, связанные с обеспечением безопасности эксплуатации электроустановок, делятся на две группы: организационные и технические.

К организационным мероприятиям относятся мероприятия, связанные с периодическим медицинским контролем здоровья персонала и выявлением его пригодности к работе на ПЭВМ.

К мероприятиям технического характера следует отнести: недоступность токоведущих частей, защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение.

Недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения обеспечивается следующими способами: ограждением и расположением токоведущих частей на недосягаемой высоте или в недоступном месте, рабочая изоляция.

В конструкции ПЭВМ применяются предохранительные устройства, которые обеспечивают автоматическое отключение при возникновении короткого замыкания.

К предохранительным устройствам относится введение слабого звена. При этом преднамеренно вносят в конструкцию ПЭВМ отдельные элементы, рассчитанные на разрушение при перегрузках.

Требования безопасности перед началом работы:

Работник при работе с ПК обязан:

- Убедиться в достаточности освещенности;
- Проверить правильность подключения оборудования в электросеть;
- Убедиться в наличии защитного заземления.

Оператору запрещается приступать к работе:

- При обнаружении неисправности оборудования;
- При отсутствии специальной вилки с подключением заземления.

Работнику при работе на ПК запрещается:

- Прикасаться к задней панели системного блока, переключать разъемы кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- Допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и др. устройств;
- Производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования.

5.2.1.5 Электромагнитное излучение

Компьютер имеет два источника электромагнитного излучения (монитор и системный блок).

Персональный компьютер оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека по следующим причинам:

– Длительное время влияния компьютера (для современных пользователей может составлять более 12 часов, при официальных нормах, запрещающих работать на компьютере более 6 часов в день).

– Пользователь ПК лишен возможности работать на безопасном расстоянии.

Таким образом, степень воздействия ЭМП на организм человека зависит от интенсивности облучения, длительности воздействия и диапазона частот [25].

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 [26] нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет:

$$T = 50/E - 2$$

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

Так как напряженность магнитного поля в лаборатории не слишком велика, и сотрудники находятся там не более 8 часов день, то в специальных средствах защиты нет необходимости.

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов (таблица 5.2.1.5.1).

Таблица 5.2.1.5.1 – Время регламентированных перерывов при проведении расчетных работ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ	Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	Группа В, ч	При 8 часовой смене	При 12 часовой смене
III	до 6	90	140

В нашем случае вид трудовой деятельности – В, так как во время эксперимента работа происходит в режиме диалога. Категория тяжести и напряженности работы с ПЭВМ – III, так как в среднем расчетные работы занимают до 5 часов [27].

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия

В качестве защиты от электромагнитного излучения компьютера могут быть предложены следующие мероприятия:

1. Системный блок и монитор должен находиться как можно дальше от работника.
2. Не оставлять компьютер включённым на длительное время. Возможно использование «спящего режима» для монитора.
3. В связи с тем, что электромагнитное излучение от стенок монитора намного больше, необходимо поставить монитор в угол, так чтобы излучение поглощалось стенами. Особое внимание стоит обратить на расстановку мониторов в офисах.
4. По возможности сократить время работы за компьютером и как можно чаще делать перерывы в работе.

5. Компьютер должен быть заземлён. Если приобретены защитные экраны, то их тоже следует заземлить, для этого специально предусмотрен провод на конце которого находится металлическая прищепка [29].

Мероприятия по снижению воздействия статического электричества:

- ликвидация или снижение возможности возникновения искровых разрядов;
- уменьшение электризации веществ и материалов;
- обеспечение рассеивания или отвод возникающих электростатических зарядов [30].

5.3 Экологическая безопасность

Объектом исследования является регенеративный теплообменник. Так как сам по себе он не может навредить окружающей среде рассмотрим экологическую безопасность с точки зрения ТЭС составной частью котлов которой он является.

По действующим государственным санитарным нормам и правилам, указанные объекты причисляют ко второму классу опасности (высокой степени) [35].

Процесс выработки энергии сопровождается выделением в окружающую среду следующих газов и веществ, опасных для здоровья человека:

- углекислого газа – создающего парниковый эффект и снижающего содержание кислорода в воздухе;
- угарного газа – частой причины летальных исходов при пожарах;
- диоксида серы – раздражающего слизистую дыхательных путей и вызывающего опасность заболевания органов дыхания;

- бенз(а)пирена – сильного канцерогена, вызывающего развитие онкологических заболеваний;

- оксида азота – токсина, угнетающего дыхание.

Защита атмосферы от основного источника загрязнений ТЭС – диоксида серы – происходит прежде всего путем его рассеивания в более высоких слоях воздушного бассейна. Для этого ярусами сооружаются дымовые трубы высотой 180, 250 и даже 420 м. Более радикальное средство сокращения выбросов диоксида серы – выделение серы из топлива до его сжигания на ТЭС.

Наиболее эффективный способ снижения выбросов диоксида серы – сооружение на ТЭС известняковых сероулавливающих установок и внедрение на обогатительных фабриках установок по извлечению из угля пиритной серы.

Защита атмосферы от выбросов должна быть направлена на снижение объемов газовых выбросов и их очистку и включать следующие мероприятия:

- контроль за состоянием окружающей среды;
- применение методов, способов и средств, ограничивающих объемы выбросов газа;
- обеспечение соблюдения экологических нормативов проектируемыми объектами и сооружениями;
- максимально возможное изменение топливных режимов тепловых энергетических установок в пользу экологически чистых видов топлива и режимов его снижения;

Снижение объемов вредных выбросов достигается в процессе реконструкции и модернизации оборудования производства, сопровождаемых строительством природоохранных объектов.

Кроме газообразных выбросов, вредные вещества сбрасываются в водоёмы в жидком виде, в процессе чего не всегда применяются достаточные меры для очистки сбросов.

Наиболее проверенным методом, применяемым для удаления токсичных примесей из сточных вод, является осаждение примесей в результате образования малорастворимых химических соединений или в результате их адсорбции на поверхности образуемых в воде твердых частиц. В качестве реагента используется, как правило, известь. При необходимости применяются дополнительные реагенты, усиливающие процесс осаждения.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее распространенная чрезвычайная ситуация в компьютерных классах это пожар. Пожар в компьютерном классе, может привести к потере ценной информации, порче имущества, гибели людей и т.д., поэтому необходимо:

- выявить и устранить все причины возникновения пожара;
- разработать план мер по ликвидации пожара в здании;
- план эвакуации людей из здания.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;

– неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для противопожарной защиты чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания [32], определение опасных факторов и обоснование способов и средств предупреждения пожара и защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники [33].

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности – ликвидация возможных источников воспламенения.

В компьютерном классе источниками воспламенения могут быть:

- короткое замыкание в электропроводке;
- неисправное электрооборудование и электроприборы, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях;
- обогревание помещения электронагревательными приборами с открытыми нагревательными элементами;
- попадание в здание молнии;
- несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару.

В целях предотвращения пожара необходимо проводить противопожарный инструктаж, на котором ознакомить работников с правилами

противопожарной безопасности, а также обучить использованию первичных средств пожаротушения. В соответствии со ст. 43 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" к первичным средствам пожаротушения относятся: переносные и передвижные огнетушители;

- пожарные краны и средства обеспечения их использования;

- пожарный инвентарь (пожарные шкафы, пожарные щиты, пожарные стенды, пожарные ведра, бочки для воды, ящики для песка, тумбы для размещения огнетушителей и др.;

- покрывала для изоляции очага возгорания.

Выводы по разделу

В разделе рассмотрена компьютерная лаборатория на предмет возникновения вредных (воздействие электромагнитного поля на работника компьютерного класса, освещение, микроклимат помещения) и опасных факторов (электробезопасность при работе на ПЭВМ, пожарная безопасность).

Так же в данном разделе рассмотрены мероприятия для предотвращения возможности возникновения чрезвычайной ситуации и последовательность действий в случае их возникновения.

Заключение

В рамках данного дипломного проекта было проведено численное исследование теплопереноса в регенеративном теплообменнике со слоем насадок.

Во время выполнения данного проекта была разработана модель практически в полной мере учитывающая комплекс процессов, протекающих при работе регенератора. Было исследовано влияние времени цикла на равномерность прогрева и охлаждения слоя насадок.

Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования существующих конструкций регенераторов, а также позволят прогнозировать оптимальный и наиболее эффективный режим их эксплуатации.

Разработаны разделы «Социальная ответственность» и «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». В разделе «Социальная ответственность» рассмотрена компьютерная лаборатория на предмет возникновения вредных и опасных. В разделе «Менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» составлен перечень работ и произведена оценка времени их выполнения, составлена смета затрат на проект, составлена смета затрат на оборудование и оплату труда исследователей для реализации проекта.

Список литературы

1. Bahman Zohuri Compact Heat Exchangers/ Bahman Zohuri// – 2017. – р.19-56.
2. А.Н. Плановский, П.И. Николаев Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
3. В.А. Григорьев Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина –2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 588 с.
4. S P Aktershev The regenerative heat exchanger with periodic veering of the flow / S P Aktershev, I V Mezentsev and N N Mezentseva // Journal of Physics: Conference Series. – 2019.
5. М.И. Низовцев Регенеративный теплообменник для вентиляции помещений с периодическим изменением направления воздушного потока/ М.И. Низовцев, В.Ю. Бородулин, В.Н. Летушко // Теплофизика и аэромеханика. – 2015.– Т. 22. - № 6. – с. 785-796.
6. В.Ю. Бородулин Моделирование регенеративного воздушного теплообменника с промежуточным теплоносителем/ В.Ю. Бородулин, М.И. Низовцев// Ползуновский вестник .– 2015.-№ 4. – с. 32–38.
7. М. И. Низовцев, А. И.Яворский, В. Н.Летушко, В. Ю. Бородулин Экспериментальное исследование воздухо-воздушного теплообменника с промежуточным теплоносителем для утилизации тепла вентиляционного воздуха // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий: Докл. науч.-практ. конф.,– Новосибирск : Изд-во Института теплофизики СО РАН. – 2013. – с. 43-49.
8. Г.В.Рыбкина Оптимизация геометрических характеристик насадки регенеративного теплообменника / Г.В. Рыбкина, М.Ю. Ометова, Н.Н. Елин // Энергосбережение и водоподготовка. – 2010. - №4(66). – с. 47–48.

9. Х. Хаузен Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе: Пер. с нем.– М.: Энергоиздат,1981. 384 с.
10. Easwaran N. Krishnan Development of a small-scale test facility for effectiveness evaluation of fixed-bed regenerators / Easwaran N. Krishnan, Hady Ramin, Mohsen Shakouri, Lee D. Wilson, Cary J. Simonson// Applied Thermal Engineering. – 2020. - Vol.174.
11. R.K. Shah, D.P. Sekulic Fundamentals of Heat Exchanger Design/ John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. – 2003.
12. T. Yilmaz, O. Büyükalaca, Design of regenerative heat exchangers // Heat Transf. Eng. – 2003. - Vol. 24. – p. 32–38
13. A. V. Koshel'nik Modeling of thermal processes in the packing of regenerative heat exchangers in industrial glass-melting furnaces // Glass and Ceramics. – 2008.
14. A. V. Koshel'nik Mathematical model of multichamber regenerators in melting aggregates// Vostochn.-Evrop. Zh. Peredovykh Tekhnol. – 2007. Vol. 12. – p. 51–54.
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
16. ОКОФ 330.28.23.23 «Машины офисные и проч.»
17. Положение по бухгалтерскому учету "Учет основных средств" ПБУ 6/01
18. ГОСТ 12.2.032-78ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

19. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам»
20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
21. СП 52.13330.2011 «Свод правил естественное и искусственное освещение»
22. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
23. ГОСТ 12.1.005-87 «Система стандартов безопасности труда. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»
24. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
25. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Система стандартов безопасности труда, опасные и вредные факторы»
26. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Физические факторы производственной среды электромагнитные поля в производственных условиях»
27. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда»
28. ГОСТ 12.1.045–84 «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
29. СанПиН 2.2.2.12.4.1340-03 «Гигиенические требования»
30. РД 39-22-113-78 «Временные правила защиты от проявлений статического электричества»
31. ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.
32. СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
33. ГОСТ Р 22.0.01-94 «Безопасность в ЧС. Защита населения»
34. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность»
35. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов