

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра «Парогенераторостроение и парогенераторные установки»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
РАЗРАБОТКА ПАРОВОГО КОТЛА ДЛЯ СОВМЕСТНОГО СЖИГАНИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ И ТОПЛИВА, ПОЛУЧАЕМОГО НА ОСНОВЕ СОРБЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕРАЗЛИВОВ	

УДК 621.184.27/.28:621.182.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5BM5A	Соболева Анастасия Викторовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Буваков Константин Владимирович	К.Т.Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Бородин Юрий Викторович	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПГС и ПГУ	Заворин Александр Сергеевич	Д.Т.Н., профессор		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по направлению ООП

13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Способность и готовность самостоятельно учиться и развивать свой общекультурный и интеллектуальный уровень, изменять свой научный и научно-производственный профиль в течение всего периода профессиональной деятельности с учетом изменения социокультурных и социальных условий, вести педагогическую работу в области профессиональной деятельности
Р2	Способность проявлять и использовать на практике навыки и умения организации работ по решению инновационных инженерных задач в качестве члена или руководителя группы, нести ответственность, в том числе в ситуациях риска, за работу коллектива с применением правовых и этических норм при оценке и самооценке профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов, проблемных инженерных задач
Р3	Способность и готовность приобретать и применять новые знания и умения с использованием методологических основ научного познания и библиографической работы с привлечением современных технологий, понимать роль информации в развитии науки, анализировать её естественнонаучную сущность, синтезировать и творчески применять при решении инновационных профессиональных задач
Р4	Способность и готовность проявлять в инновационной деятельности глубокие естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте
Р5	Способность осуществлять коммуникации в профессиональной сфере и в обществе в целом, принимать нестандартные решения с использованием новых идей, разрабатывать, оформлять, представлять и докладывать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р6	Способность и готовность выполнять инженерные проекты с использованием современных технологий проектирования для разработки конкурентно способных энергетических установок с использованием знаний теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Р7	Способность и готовность ставить и решать инновационные задачи инженерного профиля, анализировать, искать и вырабатывать компромиссные решения с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний в условиях неопределенности, использовать методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах
Р8	Способность и готовность проводить инновационные инженерные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, формулировать выводы в условиях неоднозначности с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию
Р9	Способность и готовность оценивать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, с применением современного оборудования и приборов, анализировать и разрабатывать рекомендации по их надежной и безопасной эксплуатации, понимать проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современных технологий по утилизации отходов в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике и научно-техническую политику в этой области
Р10	Способность и готовность к эффективному участию в программах освоения новой продукции и технологий, использованию элементов экономического анализа в практической деятельности на предприятиях и в организациях, готовность следовать их корпоративной культуре

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт: Энергетический
 Направление подготовки: 13.04.03 Энергетическое машиностроение
 Кафедра: Парогенераторостроение и парогенераторные установки

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ПГС и ПГУ
 _____ Заворин А.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5BM5A	Соболева Анастасия Викторовна

Тема работы:

РАЗРАБОТКА ПАРОВОГО КОТЛА ДЛЯ СОВМЕСТНОГО СЖИГАНИЯ КАМЕННОГО УГЛЯ И ТОПЛИВА, ПОЛУЧАЕМОГО НА ОСНОВЕ СОРБЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕРАЗЛИВОВ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.02.17, №592/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	- За прототип принять котел КЕ-6,5-14Р производства ОАО «Бийский котельный завод»: – параметры пара $P_6=1,4$ Мпа, $t_{\text{нас}}=194^{\circ}\text{C}$; – температура питательной воды $t_{\text{пв}}=100^{\circ}\text{C}$. - В качестве топлива выбрать каменный уголь Кузнецкого бассейна марки «Д», класса «Р» и цеолито-нефтяной продукт. - Свойства цеолито-нефтяного продукта принять по экспериментальным данным каф. ПГС и ПГУ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений)</i>	- Введение. Обоснование актуальности проблемы утилизации нефтепродуктов с точки зрения экологических требований; - Анализ направлений в области термической утилизации нефтепродуктов; - Обоснование актуальности работы, постановка цели и задач. Описание объекта и предмета исследования, научная и практическая новизна, значимость результатов ВКР, реализация и апробация работы;

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).	4. Обоснование тепловой схемы котла, способа сжигания, компоновки поверхностей нагрева; 5. Тепловые расчеты котла для сжигания каменного угля, цеолито-нефтяного продукта и их смеси. Аэродинамические расчеты котла; 6. Анализ полученных результатов и разработка технических решений для сжигания смеси топлив (разработка схемы и элементов топливоподачи); 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (экономические расчеты и технико-экономические показатели); 8. Социальная ответственность; 9. Заключение, в том числе на иностранном языке.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Чертежи общего вида котла / котельной установки – 2 листа на форматах А1; 2. Модернизированная схема топливоподачи – 1 лист на формате А1/А2; 3. Обоснование актуальности работы, постановка цели и задач. Описание объекта и предмета исследования, научная и практическая новизна, значимость результатов ВКР, реализация и апробация работы – в виде презентации; 4. Техничко-экономические показатели – в виде презентации.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ассистент кафедры менеджмента, Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Доцент кафедры ЭБЖ, к.т.н., Бородин Юрий Викторович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Основные разделы диссертации должны быть написаны на русском языке. Один раздел необходимо выполнить на иностранном языке, объем раздела должен составлять не менее 20 % от объема магистерской диссертации. Заключение переводится на иностранный язык.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.03.17
--	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Буваков К.В.	к.т.н., доцент		13.03.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5А	Соболева Анастасия Викторовна		17.03.17

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5BM5A	Соболева Анастасия Викторовна

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет – 117309,01 руб. В реализации проекта задействованы 2 человек: руководитель, инженер;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность» В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов НТП.
2. Планирование процесса управления НТП	Планирование выполнения проекта.
3. Бюджет организации закупок	Расчет бюджета проекта, в том числе расчет капитальных затрат.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Гранта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5BM5A	Соболева Анастасия Викторовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5BM5A	Соболева Анастасия Викторовна

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Рассматриваемая рабочая зона представляет собой котельный цех. В цехе существует опасность поражения электрическим током и возникновения возгорания. Помимо этого, на находящихся в таком помещении людей могут оказывать влияние вредные факторы, такие как некачественное освещение, шум, электромагнитное излучение, запылённость и ненадлежащее состояние микроклимата.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)

Основными вредными факторами при работе в рассматриваемой рабочей зоне являются факторы, связанные с качеством освещения, уровнем шума, состоянием микроклимата, запылённостью и интенсивностью излучения. Необходимо определить нормативные значения данных факторов для данного помещения. Предложить мероприятия по уменьшению воздействия вредных факторов и привести возможные средства защиты.

Основными опасным факторам является повышенная загазованность и запыленность помещения. Необходимо рассмотреть средства и мероприятия по организации безопасной работы с ним, а также средства защиты.

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

Паровые котлы средней и большой мощности, потребляя свыше трети добываемого топлива могут оказать существенное влияние как на окружающую среду в районе их расположения, так и на общее состояние биосферы. Взаимодействие электростанции с внешней средой определяется выбросами в атмосферу дымовых газов, тепловыми выбросами и выбросами загрязнённых сточных вод

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Наиболее возможными ЧС в котельной являются взрывы оборудования, открытое пламя (пожар). На котельных применяется ряд мероприятий по действиям персонала в случае чрезвычайной ситуации. В частности, на котельной должен быть план эвакуации персонала; стены котельной должны быть застекленными на случай взрыва; весь персонал котельной должен пройти технику безопасности и ознакомлен с порядком действий во время чрезвычайной ситуации.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Определить порядок и организацию работы в рассматриваемом помещении, обеспечивающие безопасные и комфортные условия труда, с соблюдением санитарных и технологических норм

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Юрий Викторович	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5BM5A	Соболева Анастасия Викторовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 152 страница, 4 рисунка, 15 таблиц, 31 источников, 14 приложений, 2 чертежа на форматах А1 и А3.

Ключевые слова: котельная установка, тепловой баланс котла, энтальпии воздуха и продуктов сгорания, пар, дымовые газы, излучение, конвекция, органическое топливо, выбросы, предельно допустимая концентрация.

Объектом исследования является паровой котел КЕ-6,5-14Р.

Цель работы – разработать проект парового котла для совместного сжигания каменного угля и топлива, получаемого на основе сорбентной технологии утилизации нефтеразливов.

В процессе исследования проводились тепловые расчеты и аэродинамический расчет котла.

В результате исследования разработан котел для совместного сжигания каменного угля и топлива, получаемого на основе сорбентной технологии утилизации нефтеразливов.

Область применения: потребителями данного проекта могут быть котельные, тепловые станции и другие энергообъекты, работающие на твердом топливе вблизи нефтеразливов.

Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического проекта представлена расчетом сметы затрат на проектирование, бюджетом организации закупок, расчетом полной себестоимости парогенератора, анализом ресурсосберегающей и экономической эффективности.

Определения, обозначения, сокращения

Определения:

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Нефтеразлив – разлив нефти на поверхность почвы или воды.

Сорбент – твердое тело или жидкость, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды газы, пары и растворенные вещества.

Цеолит – минерал из подкласса каркасных силикатов, со стеклянным или перламутровым блеском, известный своей способностью отдавать и вновь поглощать жидкости или газы в зависимости от температуры и влажности.

Котельная установка – совокупность устройств и механизмов для получения водяного пара или горячей воды за счет теплоты сжигаемого топлива.

Паровой котел – устройство для преобразования химически связанной тепловой энергии сжигаемого топлива в потенциальную энергию перегретого пара высокого давления и температуры на основе использования законов теплопередачи от высокотемпературных продуктов сгорания топлива к рабочей среде (воде, пару), протекающей внутри поверхностей нагрева.

Обозначения и сокращения:

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ТБО – твердые бытовые отходы;

ДВС – двигатель внутреннего сгорания;

ВЭК – водяной экономайзер;

коэф. – коэффициент;

КПД – коэффициент полезного действия;

КП – котельный пучок;

ТЭС – тепловая электрическая станция;

ДС – дымосос;

НТП – научно технический проект;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

ТЛЗМ – топка с ленточным полотном и забрасывателем механическая;

ПГ – парогенератор;

ЦБ – батарейный циклон.

Оглавление

Введение. Обоснование актуальности проблемы утилизации нефтеразливов с точки зрения экологических требований	13
1 Обзор литературы и анализ направлений в области термической утилизации нефтеразливов	18
1.1 Термические методы.....	19
2 Обоснование способа сжигания, тепловой схемы котла, компоновки поверхности нагрева	23
3 Тепловые расчеты котла	27
3.1 Конструкторский тепловой расчет для сжигания каменного угля.....	27
3.2 Поверочный тепловой расчет для сжигания смеси каменного угля и цеолитно-нефтяного продукта.....	30
4 Аэродинамический расчет котла КЕ-6,5-14Р	32
5 Разработка схемы и элементов топливоподачи для сжигания топлив.....	34
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40
6.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТП.....	40
6.2 Расчет сметы затрат на проектирование.....	44
6.3 Бюджет организации закупок.....	45
6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования	52
7 Социальная ответственность	55
7.1 Производственная безопасность	55
7.2 Микроклимат.....	55
7.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	57
7.4 Вентиляция.....	58
7.5 Мероприятия по защите от различных вредных факторов, возникающих на производстве	60
7.6 Экологическая безопасность	61
7.7 Электробезопасность	62
7.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	64
7.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67

Заключение	70
Список публикаций студента	72
Список использованных источников	73
Приложение А – Установка «ФАКЕЛ».....	77
Приложение Б – Тепловая схема парового котла с слоевой топкой	78
Приложение В – Тепловой расчет котла.....	79
Приложение Г – Энтальпии продуктов сгорания.....	100
Приложение Д – Поверочный тепловой расчет котла для сжигания смеси каменного угля и цеолитно-нефтяного продукта	101
Приложение Е – Энтальпии продуктов сгорания.....	115
Приложение Ж – Аэродинамический расчет котла КЕ-6,5-14Р	116
Приложение И – Эскиз топочной камеры	132
Приложение К – Эскиз экранной трубы	133
Приложение Л – Эскиз камеры догорания	134
Приложение М – Эскиз конвективного (котельного) пучка.....	135
Приложение Н – Эскиз экономайзера ЭП2-236	136
Приложение П – Эскиз газового тракта КУ	137
Приложение Р – иностранный раздел	138
ФЮРА.311061.001 Паровой котел КЕ–6,5-14Р	
ФЮРА.311061.001 Топка с ленточным полотном и пневмомеханическим забрасывателем	

Введение. Обоснование актуальности проблемы утилизации нефтеразливов с точки зрения экологических требований

В наше время непрерывно происходят различные открытия, изобретения, все это для развития общества, а так же упрощения жизнедеятельности. Но, к сожалению это приводит к ухудшению окружающей среды, и главный ее уязвимый компонент – биосфера [1].

Одним из негативных последствий влияния на окружающую среду является нефтедобывающая промышленность.

Сформатировавшемуся в последнее время нефтяному комплексу отводится ведущая роль в топливно-энергетическом балансе страны. При нынешних темпах развития производительных сил и освоения производственных углеводородных ресурсов безопасность окружающей среды имеет особое значение. Потому что производственная деятельность предприятий нефтяной промышленности неизбежно связана с технологическим процессом воздействием нефтедобычи на объектах природной среды.

Опасность разлива нефти существует в любом месте, где присутствует нефть. На холмистом рельефе нефть не скапливается на одном месте, так как на плоской поверхности. На холмистом рельефе пролитая нефть переносится дождевыми дождями, следовательно, увеличивается поверхность загрязнения. Легкие компоненты нефти испаряются, и на поверхности образуется битумная корка.

Особое внимание уделяется разливам нефти в водоемы. Разлив нефти занимает большие площади. Толщина загрязнения, бывает разной, толщина разлитой нефти больше вдоль берега.

Температура воздуха и воды, а так же солнечные лучи меняют состав нефти. Нефть в составе которой вещества с низким молекулярным весом быстро испаряются. При разливе легких типов нефти испарение составляет –

10 %, при разливах тяжелых типов нефти – 75 %. Менее 5 % нефти могут раствориться в воде. С помощью этого процесса нефть которая осталась становится плотнее и не может плыть по поверхности воды [2].

Из-за влияния солнечных лучей нефть окисляется. Тонкий слой нефти и нефтяной эмульсии легче окисляется в воде, чем более толстый слой нефти. Нефть имеющая высокое содержание металла или низкое содержание серы окисляется быстрее, чем нефть имеющая низкое содержание металла или высокое содержание серы. Течение смешивает нефть и воду после смешения получается либо нефти-водяная эмульсия (смесь воды и нефти), которая через некоторое время растворится, либо водо-нефтяная эмульсия которая не будет растворяться. В составе водо-нефтяной эмульсии содержится 10–80 % воды; от 50 % до 80 %, такую эмульсию называют «шоколадным муссом» так как она плотная, вязкая и имеет шоколадный цвет. Эмульсия распространяется очень медленно и остается на воде и берегу, без каких либо изменений много месяцев [2].

На поверхности воды при растворении нефти и превращении ее в эмульсию, частицы нефти попадают к живым организмам (микробам). Микробы (бактерии, дрожжи, нитевидные грибки) в водной среде разделяют нефть на простые углеводороды и не углеводороды. Составляющие нефти падают на дно, где в свою очередь, микробы их поглощают и разделяют на легкие и тяжелые компоненты. Тяжелые компоненты нефти значительно устойчивы к воздействию микробов и в итоге оседают на дне. Следовательно, ухудшается проникновение кислорода и питательных веществ.

Живые организмы поглощают нефть. Фильтрующий зоопланктон, двустворчатый моллюск поглощают частички нефти. Чаще всего они не могут нефть переварить, они ее поглощают и переносят ее в себе. Некоторые виды живых организмов, таких как рыба, млекопитающие, птицы и некоторые беспозвоночные (ракообразные, многие червеобразные) усваивают немного нефти, которая попадает к ним случайно при приеме пищи.

Береговая линия, загрязненная нефтью, очень часто загрязняет воду.

Нефть, разлитая непосредственно на суше испаряется. Окисляется, Если земля пористая, нефть может проникнуть в грунтовые воды.

Нефтеразливы наносят огромный ущерб природе и всем живым организмам. Попадает в организмы во время приема пищи, загрязняя водоемы и почву. Нефтяная пленка на воде загрязняет оперение у птиц, вследствие, чего перья спутываются. Птицы, которые большую часть времени проводят на водоемах, гибнут из-за разрушения жира на перьях, так как холодная вода подает на кожу птицы, и они переохлаждаются. По той же причины страдают и морские млекопитающие такие как, морские выдры, полярные медведи, тюлени, новорожденные морские котики, которые имеют мех. Загрязненный мех начинает спутываться и теряет способность удерживать тепло и воду. Так же нефть вызывает раздражение глаз и способствует ухудшению способности плавать. Выявлены случаи впитывание в кожу нефти у тюленей и полярных медведей.

Негативное влияние нефтеразливов также распространяется на рыб, рыбы страдают от загрязненной пищи и воды. Однако, к гибели рыб приводят только серьезные нефтеразливы. Не смотря на то, что рыба в большинстве случаев не погибает при разливах нефти, она может причинить ей огромный ущерб, так как нефть нести токсичное влияние на рыб. Нефть поражает сердце рыбы, изменяет дыхание, замедляет рост, разрушает плавники, приводит к различным биологическим клеточным изменениям, так же может влиять на поведение.

Так как растения неподвижны, за ними удобно наблюдать и можно оценить вред нанесенный нефтеразливом. Негативное действие на различные растения могут длиться от нескольких дней до нескольких лет. Морские растения замедляют рост, сокращается воспроизводство, а впоследствии растения гибнут от загрязнения [2].

В наше время уделяют большое внимание технологиям, которые помогут собрать нефтеразливы, а впоследствии их утилизировать.

Разработка новых и совершенствование существующих технико-технологических решений, позволяющих быстро и эффективно устранять причины и последствия разливов нефти. В настоящее время основными методами ликвидации нефтяного загрязнения с поверхности воды и грунтов являются термические, механические, микробиологические, физико-химические [3].

В последнее время во всем мире стали больше уделять внимание современным технологическим решениям, направленным на сбор и утилизацию нефтеразливов. В России также изменяется менталитет в нефтедобывающей отрасли в пользу защиты окружающей среды, создания и совершенствования природосберегающих технологий, рационального использования технологических отходов. Становятся востребованными новые технологии для утилизации и переработки вредных для окружающей среды нефтяных отходов, что и определяет **актуальность** настоящей работы.

Целью данной работы является проработка концепции варианта парового котла для сжигания смеси твердого топлива и цеолито-нефтяного продукта, т.к. термическая утилизация не только бы обезвреживала последний, но и позволяла получать тепловую и электрическую энергию.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих **задач**:

1. Обосновать актуальность проблемы утилизации нефтеразливов с точки зрения экологических требований;
2. Провести анализ направлений в области термической утилизации нефтеразливов;
3. Описать объект и предмет исследования;
4. Обосновать тепловую схему котла, способ сжигания, компоновки поверхностей нагрева;
5. Провести тепловые расчеты котла для сжигания каменного угля, цеолито-нефтяного продукта и их смеси;
6. Провести аэродинамические расчеты;

7. Разработать техническое решение для сжигания смеси топлив (разработка схемы и элементов топливоподачи).

Новизна работы заключается в следующем: Разработан проект парового котла для совместного сжигания различных по происхождению и теплотехническим характеристикам топлив.

Практическая значимость диссертационной работы определяется тем, что полученные результаты расчетов пригодны для котельных, тепловых станции и других энергообъектов, работающих на угле вблизи нефтеразливов.

Основные положения магистерской диссертации **докладывались и обсуждались** II Международном молодёжном форуме «Интеллектуальные энергосистемы» (Томск, 2014 г.), на V Всероссийской научной конференции с международным участием «Теплофизические основы энергетических технологий» (Томск, 2014 г.).

1 Обзор литературы и анализ направлений в области термической утилизации нефтеразливов

Проблема предупреждения и борьбы с нефтеразливами является сегодня едва ли не главной из всех глобальных экологических проблем на Земле. Ежегодно «запланированные» загрязнения Мирового океана, рек, почвы при нормальной транспортировке, переработки и добыче «черного золота». Плюс к этому случаются аварии. По прогнозам ЮНЕСКО, ожидается ежегодное 30-процентное увеличение числа аварийных выбросов нефти и нефтепродуктов [4].

За последнее 5–7 лет в России в целом начал меняться менталитет в нефтедобывающей отрасли в пользу защиты окружающей среды, создания и совершенствования природосберегающих технологий, рационального использования технологических отходов. Становится востребованными технологии и оборудование для утилизации и переработки нефтяных отходов.

Создаются центры по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти в различных регионах страны. Разрабатываются и принимаются соответствующие постановления правительства РФ [5].

Как было сказано в предыдущей главе для ликвидации нефтеразливов используют термические, механические, микробиологические, физико-химические способы.

Термические способы утилизации нефтяного загрязнения заключается в сжигании пролитой нефти. При механическом способе удаления нефти используются специальные, в основном, дорогостоящие технические средства: боновые заграждения, мобильные нефтесборщики. Недостатком данного способа является неполный сбор разлитой нефти. Микробиологический метод основан на микробиологическом разложении нефти. Физико-химический метод (диспергирование, гелеобразование, сорбция и д. р.) широко применяются как самостоятельно, так и сочетании с другими способами.

1.1 Термические методы

К термическим методам обезвреживания отходов, относятся [6]:

- слоевое сжигание отходов;
- газификация;
- пиролиз отходов.

Бытовые отходы бывают разного состава, но их можно отнести к низкосортному топливу (при сжигании 1 т бытовых отходов можно получить 1000–1200 Гкал тепла). Следовательно, можно получать тепловую и электрическую энергию, сжиганием твердых бытовых отходов ТБО. Процесс сжигания можно автоматизировать, тем самым уменьшить количество сотрудников.

При слоевом сжигании ТБО в котлоагрегатах, на завод поступают, а потом сжигаются все отходы без предварительной подготовки и переработки. Данный процесс осуществляется в котлах разной конструкции при температуре не менее 1200 °С. После сжигания образуется диоксид углерода, пары воды, оксиды азота и серы, аэрозоль, оксид углерода, бензопирен и диоксиды, в связи с этим на всех современных мусоросжигательных заводах есть высокоэффективные устройства для улавливания твердых и газообразных загрязняющих веществ.

В Москве в 1972 году была введена первая мусоросжигательная установка производительностью 9 т/ч. На ней хотели сжигать остатки после компостирования на мусороперерабатывающем заводе. Завод закрыли, в связи ненужностью, в 1985 году.

Самый большой мусоросжигательный завод МСЗ №3, начал свою работу в 1984 году. Оборудование использованное на заводе было произведено компанией «Волунд» (Дания). На заводе 4 котла, производительность каждого составляет 12,5 т сжигаемых отходов в [7].

Распространенный способ переработки некокующихся углей в металлургии получила, газификация. Газификация используется в вихревых

реакторов или печах с кипящим слоем при температурах 600–1100 °С. При нагревании в реакцию участвуют: кислород, водяные пары, диоксиды углерода, в итоге образуется синтез-газ (H_2 , CO). Оксиды азота и серы почти не формируются, так как реакция происходит в условиях с восстановительными свойствами.

В горелки попадает смесь водорода и оксида углерода сжигается она при температуре 1400–1600 °С. После газификации в золе может содержаться углерод и соли тяжелых металлов. Поэтому нужно проверять золу на наличие вредных веществ, так как они могут растворяться в воде. Если зола прошла проверку, то ее можно отправить на [6].

Пиролиз – это термический распад органических и неорганических компонентов, чаще всего используется для приготовления активированного угля из древесины. Нефтепродукты подлежат пиролизу при температуре 600–800 °С [6].

Разработкой установки высокотемпературного пиролиза твердых бытовых отходов, производительность которой 800 кг/ч, занималась «Академия коммунального хозяйства».

В Академии коммунального хозяйства разработан проект установки и нестандартное оборудование для высокотемпературного пиролиза производительностью 800 кг/ч перерабатываемых ТБО. Основными модулями в пиролизной установки являются: реактор, воздухоподогреватель, охладитель газов, система газоочистки, система автоматического регулирования, газоходы и воздуховоды, вентилятор и дымосос. На базе Ленинградского завода МПБО, институтом «Гипрокоммунстрой» и «ЛенНИИГипрохим» проектировалась пиролизная установка, мощность переработки 30000 тонн в год не компостируемых отходов (НБО). В составе установки три модуля:

- 1 подготовка;
- 2 пункт приема;
- 3 дробильная установка.

В процессе пиролиза отходов выделяется пар, газ и твердый остаток (пирокарбон). Для очистки парогазовой смеси используется циклон. После него смесь отделяется от жидких продуктов пиролиза в конденсаторе. В качестве готовой продукции поликарбон отправляется на склад, а смесь воды и смолы сжигается в специальной топке. Утилизация нефтяных отходов

В литературе редко где встречается информация по утилизации и переработки нефти с целью обезвреживания и утилизации не существует.

Для утилизации нефтеразливов можно использовать следующие способы [8]:

- термический – сжигание нефти в котле, в итоге получаются битуминозные остатки;
- физический – захоронение разлитой нефти;
- химический – извлечение пролитой нефти с помощью растворителей, отверждение с помощью цемента, жидкого стекла, глины;
- физико-химический – для утилизации применяются специальные реагенты, которые изменяют физико-химические свойства, для последующей переработки.
- биологический – способ заключается в микробиологическом разложении в почве.

Приведем пример термического метода утилизации собранной нефти, с помощью установки «ФАКЕЛ» разработанной компанией «Лессороб» [6]. Установка [Приложение А] предназначена для сжигания нефтесодержащих продуктов, образующихся при проведении работ, связанных с устранением аварийных разливов нефти: отработанных сорбентов, нефтедобывающих матов и бонов, обтирочных материалов. Применение установки позволяет существенно снизить выбросы вредных веществ по сравнению с обычным открытым сжиганием. Установка «ФАКЕЛ» обеспечивает сжигание нефтепродуктов в стандартной таре; возможность утилизации отходов непосредственно на месте проведения аварийных работ; более высокое качество сжигания по сравнению с открытым сжиганием; высокий уровень взрывобезопасности за счет интенсивной продувки камеры сгорания, при

несанкционированном отключении вентилятор горение поддерживается за счет естественной тяги. Установка работает от ДВС (бензиновый двигатель) мощностью 1,5 л.с. и может использоваться в полевых условиях, а также на специально оборудованных площадках. Установку может перемещать один человек по твердой поверхности. Производительность установки – 75 кг/ч, а вес – 200 кг.

Проведенный анализ, направленный в области термической утилизации нефтеразливов позволяет сделать следующие выводы:

1) В настоящее время достаточно много изобретается и применяется различных механических устройств и приспособлений для термической утилизации нефтесодержащих отходов.

2) Для утилизации нефти нет определенного способа переработки. Собранную нефть либо просто сжигают, либо подвергают захоронению в специальных могильниках.

2 Обоснование способа сжигания, тепловой схемы котла, компоновки поверхности нагрева

Прежде чем говорить о выборе способа сжигания, необходимо рассмотреть топливо, которое предполагается сжигать.

Для сжигания выбраны каменный уголь Кузнецкого бассейна марки «Д», класса «Р» и цеолито-нефтяной продукт.

Цеолито-нефтяной продукт – это топливо, полученное после цеолитовой технологии утилизации нефтеразливов, которое представляет собой твердую брикетированную коричневую массу. Сам цеолит представляет собой микропористые минеральные структуры, что обусловило его способность поглощать молекулы различных веществ, в том числе и молекулы нефти [9].

Цеолито-нефтяные брикеты не подлежат дроблению, и превратить их в пылевидное состояние невозможно. При дроблении из пор цеолита начнет вытекать нефть, и получится каше видная масса, которую будет достаточно сложно собирать и термически утилизировать. Из этого напрашивается вывод, что сжигать данное топливо в факельных топках нецелесообразно [9].

Самым лучшим способом утилизации цеолито-нефтяного продукта является слоевое сжигание.

Топочные устройства со слоевым сжиганием могут работать на угле различного вида и с различными нагрузками, также устройства отличаются малым расходом электроэнергии на собственные нужды. И они не нуждаются в топке большого объема [10].

Ведущим производителем паровых котлов со слоевыми топками является Бийский котельный завод, который выпускает котлы малой производительности до 10 т/ч типа КЕ, ДЕ, ДКВР.

Наибольший интерес представляет котел КЕ, который зарекомендовал себя надежным в эксплуатации и унифицированным в монтаже и ремонте [10]. Именно этот котел взят за основу выбора конструктивных характеристик топки и компоновки поверхностей нагрева.

Котел типа КЕ – это котел с естественной циркуляцией, работающий на твердом топливе, вырабатывает насыщенный или перегретый пар для промышленных нужд, для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Топка – слоевая механическая.

На котле два барабана диаметром 1000 мм, находятся они друг над другом в вертикальной плоскости. Барабаны объединены трубами конвективного пучка, трубы крепятся в барабанах вальцовкой. Шаг труб конвективного пучка вдоль барабана 90 мм, поперечный шаг 110 мм (в середине 120 мм), ширина боковых пазух 195–387 мм.

У топочной камеры плотные боковые экраны. Нижний коллектор по всей длине котла объединяет между собой крайние боковые ряды труб конвективного пучка и боковые экраны. Вверху концы труб соединены с верхним барабаном. Две стены в топке: фронтальная и задняя стены сделаны из огнеупорного кирпича. На задней стенке правой стороны имеется окно, через него продукты сгорания попадают в камеру догорания, а потом в конвективный пучок.

Под камеры догорания выполнен с уклоном в сторону топки, для того чтобы куски топлива скатывались на решетку.

Топочные газы из камеры догорания поступают в конвективный пучок, который проходят с разворотом в горизонтальной плоскости, осуществляемым шамотной и чугунной перегородками.

Питательная вода поступает в экономайзер ЭП2-236, там она нагревается, за тем вода попадает в верхний барабан под уровень воды по перфорированной трубе, далее вода опускается по задним трубам конвективного пучка. Передние трубы конвективного пучка – подъемные (кипятильные). Нижний барабан запитывает нижние коллектора экранов и ограждающие стены конвективного пучка, а так же опускными стояками, которые расположены на фронте котла. В верхний барабан поднимается пароводяная смесь. В барабане стоит сепарационное устройство, которое отделяет пар и воду, далее пар отправляется в паропровод.

Котлы типа Е (КЕ) и ДКВР схожи. Отличие котлов типа КЕ заключается в том, что у них присутствуют плотные боковые экраны и ограждающие стены конвективного пучка из труб диаметром 51 мм, шириной 2,5 мм, с шагом 58 мм, внизу трубы соединены коллекторами во всю длину котла.

Натрубная изоляция из шамотобетона толщина слоя 25 мм и несколько слоев изоляционных плит общая толщина 100 мм. За тем изоляция покрывается обшивкой из металла толщиной 2 мм, обшивка приваривается к каркасу.

Трубы поверхностей нагрева котла сделаны из труб диаметром 51 мм и шириной 2,5 мм.

Конвективный блок состоит из верхнего и нижнего барабана, они соединены трубным пучком. Длина верхнего барабана 7000 мм, нижнего барабана 5500 мм. Диаметры и толщины стенок барабанов, фasons труб конвективного пучка (за исключением наружных боковых рядов) унифицированные с котлами типа ДКВР. Продольный шаг труб в пучке принят 95 мм, поперечный 110 мм (для увеличения проходного сечения на входе в пучок частично перекрестный потолком топочной камеры). На входе в трубный пучок первые три ряда труб установлены с шахматным расположением, с поперечным шагом 220 мм.

При составлении тепловой схемы парового котла выделяются два аспекта:

- 1) технологический, изменение энтальпии газов связаны с распределением тепловосприятия нагреваемой среды по поверхностям нагрева;
- 2) конструктивный, определяет размещение поверхностей нагрева.

Для того чтобы составить тепловую схему парового котла следует знать следующие параметры: паропроизводительность D , кг/с; давление P , МПа; температура пара t , °С. Вместе с выбором выходных параметров, нужно знать вид топлива сжигаемого в котле, так как вид топлива влияет на выбор температур тепловой схемы.

Рациональный выбор и сохранение определенных температур необходимых для трактов котла (газового, водопарового и воздушного) может

гарантировать оптимальную экономичность и надежную работу парового кола. Для построения тепловой схемы нужно принять температуру уходящих газов ϑ_{yx} , питательной воды $t_{пв}$, горячего воздуха $t_{г.в.}$, газов на выходе из топки ϑ_T'' . Температура уходящих газов принимается на основании экономических расчетов, при расчете учитывается стоимость топлива и стоимость поверхностей нагрева.

В Нормх теплового расчета котлов [11, п. 13.7] для топлив с влажностью $\omega_{пр}^p = (1 - 5) \%$ принимаем $\vartheta_{yx} = 160^\circ\text{C}$. В этом случае лимитируется точка росы газов, и тогда влага начнет оседать на трубы конвективных поверхностей нагрева, это приводит к коррозии металла.

Температура питательной воды, поступающей в экономайзер ЭП2-236 зависит от параметров пара, задана и составляет $t_{пв} = 100^\circ\text{C}$.

В выборе температуры горячего воздуха нет необходимости, так как компоновка хвостовых поверхностей нагрева не предусматривает воздухоподогреватель.

Температура газов на выходе из топочной камеры для котлов со слоевым сжиганием выбираются по условию обеспечения отсутствия шлакоудаления конвективных пучков. Принимаем ϑ_T'' (камеры догорания) 800°C , согласно рекомендациям [11].

Тепловая схема барабанного котла со слоевой топкой показана в Приложении Б.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является:

- 1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТП;
- 2 Планирование процесса управления НТП;
- 3 Планирование бюджета;
- 4 Определение ресурсной, финансовой, эффективности.

Главной задачей конструкторов является создание не только найденной, с высоким КПД конструкции, но и экономически выгодной.

6.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТП

В настоящее время энергетика играет важнейшую роль в жизнедеятельности человека. Надежная работа энергооборудования зависит во многом от применяемых конструкторских решений, но не всегда стандартные, а также вновь разрабатываемые решения оправдывают затраты на их применения. Поэтому возникает необходимость в оценке и проведении финансовой эффективности разрабатываемого котлоагрегата [20].

Эффективность определяется себестоимостью и текущими издержками на эксплуатацию какого-либо объекта.

В настоящем проекте имеется базовый котлоагрегат (прототип) и проектируемый. Последний основан на прототипе и имеет модернизированную систему топливоподачи, позволяющую работать как на твердом топливе, так и на смеси его с цеолито-нефтяным продуктом. Исходные данные для ПГ в таблице 6.1

Потребителями данного проекта могут быть котельные, тепловые станции и энергообъекты, работающие на твердом топливе вблизи нефтеразливов. А так же любые угольные тепловые станции, так как цеолито-нефтяное топливо в брикетах легко транспортируется.

Таблица 6.1 – Исходные данные

Элементы ПГ, характеристики	Обозначение	Единица измерения	Проектируемый вариант	Базовый вариант
			ПГ _{пр.}	ПГ _{баз.}
Паропроизводительность	D	т/ч	6,5	6,5
Давление пара в барабане	P	МПа	1,4	1,4
Температура уходящих газов	$V_{ух}$	°С	160	157
Температура питательной воды	$T_{пит}$	°С	100	100
Топка	—	—	Из курс. пр.	Предлож. Вар- т.
Кол-во ярусов	$Z_{яр}$	—	1	1
Тип топлива	—	—	Смесь топлив	Каменный уголь
Низшая теплота сгорания, МДж	Q'_H	кДж/к ²	21900	22000
Влажность	W^p	%	11,5	13
Зольность	A^p	%	15,9	21,8
Способ шлакоудаления	—	—	ТШУ	ТШУ
Габариты ПГ: Ширина	a_T	м	2,7	2,6
Глубина	b_T	м	2,37	5,5
Остановы ПГ	$n_{ост}$	шт	5	8
Продолжительность останова	$t_{ост}$	час	72	72
	$t_{нус}$	час	24	24
	$B_{ч}$	кг/ч	795	803

Таблица 6.2 – Качественный анализ вариантов

Характеристики	Обозначения	Ед. изме- рения	Варианты		Примечание
			Проектируемый	Базовый	
1	2	3	4	5	6
Тип топки			ТЛЗМ	ТЛЗМ	
Объем топки	V_T	м ³	14,7	14,77	Объем влияет на металозатраты. Габариты котельного цеха уменьшаются
Температура горения	V^a	°С	1288	1160	Чем выше v^a , тем выше КПД
Коэффициент избытка воздуха	α_T	—	1,5	1,2	Чем больше α_T , тем быстрее горит топливо
Потери с уходящими газами	q_2	%	9,76	11	В проектируемом ПГ потери меньше, а чем ниже потери, тем выше КДП котла,
Потери с химическим недожогом	q_3	%	0,1	0	

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6
Потери с механическим недожогом	q_4	%	4	4	следовательно, проектируемый вариант более выгоден.
Потери в окружающую среду	q_5	%	2,4	2,4	
Потери с физической теплотой шлака	q_6	%	0,36	0	
КПД	η	%	83,4	81,75	

Итогом данного анализа является определение конкурентных преимуществ, которые отличающихся высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров. В результате проведенного сравнения вариантов выяснилось, что в проектируемом варианте экономический эффект положительный и следовательно проектируемый ПГ более выгоден, чем базовый. Можно сделать вывод, что проектируемый вариант перспективен.

6.1.1 Планирование процесса управления НТП

6.1.1.1 Разработка графика проведения научного исследования

В данном проекте принимают участие два человека: Руководитель проекта и инженер. Руководитель проекта занимается реализацией проекта, инженер выполняет отдельные работы по проекту (табл. 6.3).

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта (табл. 6.4).

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками,

характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [21].

Таблица 6.3 – Типовое содержание проектных работ

Содержание работ	Продолжительность работ, день			Исполнители
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	
Разработка ТЗ на проектирование	3	5	3	РП, И
Тепловые расчеты котла	50	60	55	РП, И
Разработка графических материалов	20	30	25	РП, И
Расчет капитальных затрат;	2	3	2	РП, И
Расчет готовых текущих издержек;	2	3	2	РП, И
Расчет себестоимости выбранной продукции;	2	3	2	РП, И
Составление пояснительной записки	35	45	40	РП, И

где РП – руководитель проекта; И – инженер.

Для выполнения данного проекта необходимо 129 рабочих дней.

Таблица 6.4 – График выполнения работ по дням

Содержание работ	Рабочие	Продолжительность работ, дни						
		Общее количество рабочих дней = 129						
		3.10-5.10.16	6.11.-23.12.16	26.12.16-3.02.17	6.02-7.02.17	8.02-9.02.17	15.03-16.03.17	17.03-15.05.17
1	РП							
	И							
2	РП							
	И							
3	РП							
	И							
4	РП							
	И							
5	РП							
	И							
6	РП							
	И							
7	РП							
	И							

График выполнения работ по дням составлен на год с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней.

6.2 Расчет сметы затрат на проектирование

Расчет сметы затрат на выполнение проекта, частью которого является ВКР, студента-дипломника, рекомендуется осуществлять методом сметных калькуляций по отдельным статьям расходов, всех видов необходимых ресурсов (табл. 6.5). А также составляется смета затрат на проектирование (табл. 6.6).

Таблица 6.5 – Заработная плата научно-производственного персонала

Квалификация рабочего	Тарифная ставка (Тс) руб./час	Премия 50%	Районный коэф. 80%	Всего, руб./час	Всего часов	Всего начислено, руб.
Руководитель проекта	210,0	105,0	168,0	483,0	1039	501837,00
Инженер	190,0	95,0	78,0	363,0	1039	377157,00
ИТОГО						878994,00

Таблица 6.6 – Смета затрат на проектирование

Статьи расхода	Сумма, руб
ПК для проектирования	55000,0
Программа AutoCad	52000,0
Канцелярские товары	3000,0
Итого	110000,0

Дополнительная заработная плата:

$$З_{\text{доп}} = 0,1 \cdot З_{\text{ос}} = 0,1 \cdot 878994,0 = 87899,4 \text{ руб.}$$

6.2.1 Отчисления на социальные цели

Единый социальный налог (ЕСН) учитывает отчисления в фонд пенсионного страхования, фонд социального страхования и фонд обязательного медицинского страхования (27,1 %):

$$\begin{aligned} \text{ЕСН} &= 0,271 \cdot З_{\text{общ}} = 0,271 \cdot (З_{\text{всп}} + З_{\text{осн}}) = 0,271 \cdot (87899,4 + 878994) \\ &= 262028,111 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Амортизация основных фондов и нематериальных активов (15 % от материальных затрат): $A = 0,15 \cdot K_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 110000 = 16500,0$ руб;
 где $K_{\text{осн}}$ – суммарная стоимость основных средств (технологическое и вспомогательное оборудование).

6.2.2 Расходы на проведение научно-исследовательской работы

Смета данных расходов приведена в таблице 6.7. Рассчитываемая смета расходов включает затраты на приобретение необходимого оборудования, для проведения НТП и текущие расходы.

Таблица 6.7 – Смета расходов на проведение научно-исследовательской работы

Статьи расходов	Расходы, руб.
Оборудование	16000,0
Основная заработная плата	878994,0
Дополнительная заработная плата	87899,4
Отчисление на социальное страхование	262028,111
Амортизация	16500,0
Итого	117309,01

6.3 Бюджет организации закупок

В данном разделе произведем расчет капитальных вложений, эксплуатационных затрат и себестоимость выработанной тонны пара.

6.3.1 Расчет капитальных вложений

Капитальные затраты рассчитываются по формуле [22]:

$$K = C_{\text{пол}} + \frac{C_{\text{пол}} \cdot p_{\text{н}}}{100} + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}};$$

где $C_{\text{пол}}$ – полная себестоимость парогенератора;

$P_{\text{м}}$ – нормативная прибыль по котлостроению;

$K_{\text{тр}}$ – издержки на транспортировку;

$K_{\text{пот}}$ – сопутствующие капитальные вложения потребителя;

$K_{\text{стр}}$ – затраты на строительную часть.

6.3.2 Расчеты полной себестоимости ПГ

Цена котла: 4717600,0 рублей в базовой комплектации:

- Блок котла в изоляции и обшивке;
- Лестницы и площадки;
- Арматура и КИП.

Стоимость ПГ:

- Цена топки ТЛЗМ-1,87/3,0: 1368800,0 руб.;
- Цена чугунного экономайзера ЭП2-236: 781200,0 руб.;
- Цена Вентилятора ВДН-9-1000: 90400,0 руб.;
- Цена дымососа ДН-9-1500: 90400,0 руб.;
- Цена батарейного циклона ЦБ-25: 730400,0 руб.

Полная стоимость ПГ:

$$C_{\text{пол}} = 1368800 + 781200 + 90400 + 90400 + 730400 = 3061200,0 \text{ руб.}$$

$$\text{Цена ПГ: } C_{\text{пг}} = C_{\text{пол}} + \frac{C_{\text{пол}} \cdot p_{\text{м}}}{100} = 3061200 + \frac{3061200 \cdot 20}{100} = 3673440,0 ;$$

$p_{\text{м}}$ – нормативный коэффициент экономической эффективности энергомашиностроения, $p_{\text{м}} = 20\%$;

Издержки на транспортировку:

$$K_{\text{тр}} = 0,02 \cdot C_{\text{пг}} = 0,02 \cdot 3673440 = 73468,8 \text{ руб.}$$

6.3.3 Сопутствующие капитальные вложения потребителя

Издержки на монтаж: $K_{\text{мон}} = 0,1 \cdot C_{\text{пг}} = 0,1 \cdot 3673440 = 367344,0 \text{ руб.}$

Издержки на обмуровку труб:

$$K_{\text{об}} = 0,12 \cdot C_{\text{пг}} = 0,12 \cdot 3673440 = 440812,8 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{мон}} + K_{\text{об}} = 367344 + 440812,8 = 808156,8 \text{ руб.}$$

Затраты на строительную часть: $K_{\text{стр}} = S_{\text{пг}} \cdot K_{\text{дп}} \cdot K_{\text{дп}} \cdot h_{\text{пг}} \cdot \text{Ц}_{\text{зд}} + \text{Ц}_{\text{ф}}$;

Цена фундамента:

$$\text{Ц}_{\text{ф}} = K_{\text{ф}} \cdot S_{\text{пг}} \cdot K_{\text{пер}} = 100 \cdot 23,82 \cdot 20 = 47660,0 \text{ руб.}$$

где $K_{\text{ф}} = 100$ – коэффициент, учитывающий влияние производительности ПГ на стоимость фундамента.

Площадь занимаемая ПГ:

$$S_{\text{пг}} = 3 \cdot 7,94 = 23,82 \text{ м}^2;$$

$$\begin{aligned} K_{\text{стр}} &= S_{\text{пг}} \cdot K_{\text{дп}} \cdot h_{\text{пг}} \cdot \text{Ц}_{\text{зд}} + \text{Ц}_{\text{ф}} = 23,82 \cdot 2,5 \cdot 5,5 \cdot 600 + 47660 = \\ &= 244175,0 \text{ руб,} \end{aligned}$$

где $K_{\text{дп}} = 2,5$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

$h_{\text{пг}} = 5,5 \text{ м}$ – высота парогенератора до верхней крайней точки;

$\text{Ц}_{\text{зд}} = 600 \text{ руб/м}^3$ – средняя стоимость здания за м^3 .

Капитальные затраты:

$$\begin{aligned} K &= C_{\text{пол}} + \frac{C_{\text{пол}} \cdot p_{\text{н}}}{100} + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = \\ &= 3061200 + \frac{3061200 \cdot 20}{100} + 73468,8 + 808156,8 + 244175 = 4799240,6 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Сводная таблица затрат на ПГ

Статьи затрат	Обозначение	Значение, руб	Удельный вес, %
Цена парогенератора	$\text{Ц}_{\text{пг}}$	36734400	
Издержки на транспортировку	$K_{\text{тр}}$	73468,8	
Издержки на монтаж	$K_{\text{мон}}$	367344,0	
Издержки на обработку	$K_{\text{об}}$	808156,8	
Издержки на строительство	$K_{\text{стр}}$	244175,0	
Капитальные затраты	K	4799240,6	100

6.3.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Расходы, составляющие себестоимость продукции ПГ (пар, тепло) состоят из следующих статей затрат [22]:

$I_{\text{топ}}$ – затраты на топливо;

I_A – амортизационные расходы;

$I_{\text{т.р}}$ – затраты на текущий ремонт;

I_B – затраты на воду;

$I_{\text{э}}$ – затраты на электроэнергию (на собственные нужды);

$I_{\text{з.п}}$ – заработная плата обслуживающего ПГ персонала;

$I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

Тогда годовые эксплуатационные расходы на производство пара (тепла) будут иметь вид:

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_A + I_{\text{т.р}} + I_B + I_{\text{э}} + I_{\text{з.п}} + I_{\text{пр}}.$$

Затраты на топливо:

$$\begin{aligned} I_{\text{топ}} &= B_p \cdot h_{\text{год}} \cdot (1 + B_{\text{пот}}/100) \cdot C_{\text{т.н.т}} = 0,795 \cdot 6500(1 + 5/100)400 \\ &= 2170350,0 \text{ руб/год,} \end{aligned}$$

где $B_p = 0,795$ т/ч – часовой расход натурального топлива;

$h_{\text{год}} = 6500$ час/год – число часов использования установленной мощности;

$B_{\text{пот}} = 5\%$ от годового потребления топлива – суммарная величина потерь топлива на территории котельной;

$C_{\text{т.н.т}} = 400$ руб/м³ – цена натурального топлива.

Амортизационные отчисления:

$$I_A = p_n \cdot K = 7,7 \cdot 4799240,6 = 36954152,6 \text{ руб,}$$

где $p_n = 7,7$ – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт;

$K = 4799240,6$ руб – капитальные вложения в ПГ.

Затраты на текущий ремонт:

$$I_{\text{т.р}} = 0,2 \cdot I_A = 0,2 \cdot 4799240,6 = 959848,12 \text{ руб.}$$

6.3.4.1 Затраты на воду:

Определяются затраты на воду, которая потребляется для добавки в цикл с целью компенсации потери ее из цикла и для хозяйственных нужд.

$$И_в = D_в \cdot h_{год} \cdot Ц_в = 330 \cdot 6500 \cdot 33 = 7078500,0 \text{ руб};$$

где $D_в = 330$ т/час – часовой расход воды;

$Ц_в = 33$ руб/м³ – стоимость воды с учетом химводоооистки.

6.3.4.2 Затраты на электроэнергию

Расходы на электроэнергию (на собственные нужды) определяется по двуставочному тарифу:

$$\begin{aligned} И_э &= N_{уст} \cdot h_{год} \cdot K_в \cdot K_п \cdot Ц_э + N_{уст} \cdot Ц_{кВа} = \\ &= 800 \cdot 6500 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 3 + 800 \cdot 2206 = 12996800,0 \text{ руб}; \end{aligned}$$

где $N_{уст} = 800$ кВт – установочная мощность токоприемников ПГ;

$K_в = 0,8$ – коэффициент времени, учитывает время работы электрических моторов ПГ в течении года;

$K_п = 0,9$ – коэффициент потерь, учитывает потери электрической энергии;

$Ц_э = 3$ руб/кВт · ч – тариф на потребляемую электрическую энергию;

$Ц_{кВа} = 2206$ руб/год – стоимость кВа на заявленную мощность.

6.3.5 Заработная плата обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складывается из заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха, отнесенная на один парогенератор. Прямая заработная плата определяется из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 6.9.

Нормы обслуживания по цеху и, соответственно, на один парогенератор приняты на момент 2017 г.

Принять: в котельном цехе – 4 котла (ПГ).

Таблица 6.9 – Заработная плата

Наименование должностей	Норма обслуживания на 4 котла	Месячная заработная плата	Заработная плата на 1 котел
1	2	3	4
Старший машинист	3	30000,0	30000,0·3/4
Машинист котлов 4 разряда	6	25000,0	25000,0·6/4
Машинист котлов 3 разряда	6	25000,0	25000,0·6/4
Машинист багерной насосной	3	23000,0	23000,0·3/4
Машинист насосных установок	3	23000,0	23000,0·3/4
Машинист обходчик по котельному оборудованию	3	23000,0	23000,0·3/4
Котлочист	3	20000,0	20000,0·3/4
Зольщик	3	18000,0	18000,0·3/4
Слесарь по ремонту котельного оборудования	6	18000,0	18000,0·6/4
Дежурный слесарь	6	15000,0	15000,0·6/4
Дежурный электрик	6	15000,0	15000,0·6/4
Электросварщик	6	15000	15000,0·6/4
Газоэлектросварщик	6	15000,0	15000,0·6/4
Газорезчик	6	15000,0	15000,0·6/4
Печник	3	15000,0	15000,0·3/4
Крановщик	6	15000	15000·6/4
Токарь	6	16000	16000·6/4
Кладовщик	3	15000	15000·3/4
Уборщица	3	10000	10000·3/4
Итого		ЗП _{пр} ^{оп}	392250
Начальник цеха	1	40000	40000·1/4
Заместитель начальника цеха	1	35000	35000·1/4
Начальник смены	3	30000	30000·3/4
Старший мастер	1	25000	25000·1/4
Мастер	3	20000	20000·3/4
Итого		ЗП _{пр} ^{итр}	62500
Всего по котельному цеху			454750

Заработная плата обслуживающего персонала:

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_{\text{осн}}^{\text{оп}} &= \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}} + \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}}(K_{\text{доп}} + K_{\text{прем}} + K_{\text{р.к}}) = \\ &= 392250 + 392250(1,1 + 0,4 + 0,3) = 1098300 \text{ руб}, \end{aligned}$$

$$\text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,08 \cdot \text{ЗП}_{\text{пр}}^{\text{оп}} = 0,08 \cdot 392250 = 31380 \text{ руб},$$

$$\text{ЗП}_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \text{ЗП}_{\text{осн}} + \text{ЗП}_{\text{доп}} = 392250 + 31380 = 423630 \text{ руб},$$

где $K_{\text{доп}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;

$K_{\text{прем}} = 0,4$ – коэффициент учитывающий премии;

$K_{р.к} = 0,3$ – районный коэффициент.

$$\begin{aligned} 3П_{осн}^{итр} &= 3П_{пр}^{итр} + 3П_{пр}^{итр}(K_{прем} + K_{р.к}) + 0,08 \cdot 3П_{пр}^{итр} = \\ &= 62500 + 62500(0,4 + 0,3) + 0,08 \cdot 62500 = 111250 \text{ руб}, \end{aligned}$$

$$И_{зп} = 3П_{общ}^{оп} + 3П_{осн}^{итр} = 423630 + 111250 = 534880 \text{ руб}.$$

Отчисления на социальные цели:

$$И_{соц.ц.} = 0,38 \cdot (3П_{общ}^{оп} + 3П_{осн}^{итр}) = 0,38 \cdot (423630 + 111250) = 203254,4 \text{ руб}.$$

Прочие расходы:

$$\begin{aligned} И_{экспл} &= И_{топ} + И_A + И_{т.р} + И_в + И_э + И_{з.п} + И_{соц.ц} = \\ &= 2170350 + 36954152,6 + 959848,12 + 7078500 \\ &+ 12996800 + 534880 + 203254,4 = 60897785,1 \text{ руб}. \end{aligned}$$

$$И_{пр} = 0,12 \cdot И_{экспл} = 0,12 \cdot 60897785,1 = 7307734,21 \text{ руб}.$$

Определение годовых затрат:

$$И_{год} = И_{экспл} + И_{пр} = 60897785,1 + 7307734,21 = 68205519,3 \text{ руб}.$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.10.

Таблица 6.10 – Сводная таблица затрат

Статьи затрат	Обозначение	Значение, руб	Удельный вес, %
Затраты на топливо	$И_{топ}$	2170350	
Амортизационные отчисления	$И_A$	36954152,6	
Затраты на текущий ремонт	$И_{т.р}$	959848,12	
Затраты на воду	$И_в$	7078500	
Затраты на электроэнергию	$И_э$	12996800	
Заработная плата	$И_{зп}$	534880	
Отчисления на социальные цели	$И_{соц.ц}$	203254,4	
Прочие расходы	$И_{пр}$	7307734,21	
Итого	$И_{год}$	68205519,3	100

6.3.6 Себестоимость выработанной (отпущенной) тонны пара

Себестоимость выработанной тонны пара:

$$C_{выр} = \frac{И_{год}}{Д_{год}} = \frac{131734108,956}{657000} = 200,5 \text{ руб/т},$$

$D_{\text{год}} = 75 \cdot 24 \cdot 365 = 657000$ т/год – годовая выработка пара.

Годовой расход пара на собственные нужды:

$$D_{\text{с.н}} = 0,05 \cdot D_{\text{год}} = 0,05 \cdot 657000 = 32850 \text{ т/год.}$$

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$D_{\text{год}}^0 = D_{\text{год}} - D_{\text{с.н}} = 657000 - 32850 = 624150 \text{ т/год,}$$

$$C_{\text{выр}} = \frac{I_{\text{год}}}{D_{\text{год}}^0} = \frac{131734108,956}{624150} = 211,06 \text{ руб/т.}$$

6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

6.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Для сравнения эффективности примем два варианта:

1) Проектируемый котел (на основе базового котла Бийского котельного завода;

2) базовый котел Бийского котельного завода.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как [21]:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{4799240,6}{4799240,6} = 1;$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения НТП.

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i;$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 6.11.

Таблица 6.11 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Проектируемый вариант	Базовый вариант
Повышение Коэффициента полезного действия	0,1	4	3
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4
Энергоэкономичность	0,15	4	3
Надежность	0,20	3	3
Безопасность	0,15	3	3
Итого	1	3,05	3,85

В результате сравнения вариантов исполнения можно сделать вывод, что проектируемый вариант эффективней, чем базовый.

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки:

$$I_{\text{проект}} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 = 3,1;$$

$$I_{\text{базовый}} = 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 = 2,4.$$

6.4.2 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

I_i определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [21]:

$$I_1 = \frac{I_{\text{проект1}}}{I_{\phi}^p} = \frac{3,1}{1} = 3,1;$$

$$I_2 = \frac{I_{\text{базовый}}}{I_{\phi}^p} = \frac{2,4}{1} = 2,4.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{2,4}{3,1} = 0,77.$$

Для определения эффективности разработки в таблице 6.12 сравним показатели вариантов разработки.

Таблица 6.12 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Проектируемый вариант	Базовый вариант
Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,1	2,4
Интегральный показатель эффективности	3,1	2,4
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,77	0,77

Сравнение значений с позиции финансовой и ресурсной эффективности указывает на проектируемый вариант исполнения, как наиболее эффективный.

В результате сравнения выяснилось, что проектируемый котлоагрегат более экономичен, чем базовый. Экономический эффект, достигаемый за счет повышения экономичности ПГ, может иметь различную интерпретацию. Например, это может быть снижение расхода топлива, увеличение долговечности ПГ, снижение тепловых потерь, увеличение надежности, что в конечном итоге приводит к увеличению прибыли.

Список публикаций студента

1 Трёхмерная визуализация энергетического оборудования [Электронный ресурс] / С.А. Хаустов, Л.Д. Кудряшова, **А.В. Щелкунова**; науч. рук. К.В. Буваков // Интеллектуальные энергосистемы труды II Международного молодёжного форума, 6–10 октября 2014 г., г. Томск: в 2 т.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Т. 1. – [С. 268–271] . – Заглавие с титульного экрана. – [Библиогр.: с. 271 (1 назв.)]. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C43/V1/068.pdf>.

2 Математическое моделирование аэродинамических процессов в топочной камере трехходового жаротрубного котла Vitoplex 300 [Электронный ресурс] / С.А. Хаустов, Л.Д. Кудряшова, **А.В. Щелкунова**, К.В. Буваков // Теплофизические основы энергетических технологий сборник статей V Всероссийской научной конференции с международным участием, 15–17 октября 2014 г., г. Томск: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ); под ред. Г.В. Кузнецова [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – [С. 380–383] . – Заглавие с экрана. – [Библиогр.: с. 383 (3 назв.)]. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader. – Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C02/078.pdf>.

3 Khaustov S.A., Zavorin A.S., Kudryashova L.D., **Tshelkunova A.V.** Computer simulation of vortex combustion processes in fire-tube boilers // European Physical Journal Web of Conferences (EPJ Web of Conferences). – 2015. – Vol. 82: Thermophysical Basis of Energy Technologies. – [01041, 5 p.]. – Title screen. – Свободный доступ из сети Интернет. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/2015820104>.