

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

Институт Энергетический
Направление подготовки Энергетическое машиностроение
Кафедра Парогенераторостроение и парогенераторные установки

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 420 т/ч для расширения Томской ТЭЦ-3

УДК 621.182.001.13:621.311.22 (571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Якубович Юлия Викторовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Ташлыков Александр Анатольевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н.		

Томск – 2016 г.

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение
 Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ .16 Заворин А.С.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Якубович Юлия Викторовна

Тема работы:

Проект котла типа Е паропроизводительностью 420 т/ч для расширения Томской ТЭЦ-3

Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016 №601/с
---	-------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2016
--	------------

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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объект проектирования – котельная установка с паровым котлом паропроизводительностью 420 т/ч. 2. Параметры пара: Рп.п.=13,7 МПа, тп.п.=555°С. 3. Температура питательной воды – тп.в.=235°С. 4. Давление в барабане – Рб=15,1 МПа. 5. Основное сжигаемое топливо – Природный газ (№1). 6. Способ сжигания топлива: камерный, топка в газоплотном исполнении. 7. Величина непрерывной продувки – р=2,7 %. 8. За прототип принять котел БКЗ 420-140 (ОАО «Сибэнергомаш»).
<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</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение (Обоснование необходимости разработки проекта котла (котельной установки). Актуальность проекта, методы и средства проектирования. Постановка цели и задач проекта.) 2. Описание производственного объекта и место котла (котельной установки) в нем. 3. Обоснования исходных данных, принятых технических решений и методов проектирования. 4. Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла. 5. Аэродинамический расчет газового тракта котла. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. (Экономические расчеты и технико-экономические показатели).

<i>результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	7. Социальная ответственность. 8. Заключение, в том числе на иностранном языке.
Перечень графического материала (формата А1) <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Чертежи общего вида котла – 3 листа; 2. Схема газового тракта парового котла – 1 лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Основные разделы ВКР должны быть написаны на русском языке. Заключение переводится на иностранный язык.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.05.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Ташлыков Александр Анатольевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Якубович Юлия Викторовна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Якубович Юлии Викторовне

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Средняя стоимость 1 м³ производственного здания – 30 тыс. руб./ м³; цена натурального топлива –1600 тыс. руб/ т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 2,1 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 230 руб., тариф на воду согласно РЭК г.Томска – 311,57 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Паропроизводительность котла – 420 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 76 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 10 % от паропроизводительности.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления на социальные нужды – 30%; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и реновацию – 3,3%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Анализ конкурентоспособности технических решений*
2. *Определение капитальных вложений в проектируемый паровой котел*
3. *Определение годовых эксплуатационных издержек*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

-

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Попова С.Н.	Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Якубович Юлия Викторовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Якубович Юлии Викторовне

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Описание рабочего места инженера по ремонту и обслуживанию аппаратуры «Томская ТЭЦ-3»:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредные производственные факторы на станции: климатические условия, электромагнитные излучения, шум, освещённость; -опасные производственные факторы на станции: воздействие на человека высоких температур; поражение человека электрическим током; падение человека с высоты; вращающиеся механизмы; сосуды, работающие под давлением; -оценка воздействия на окружающую природную среду химического загрязнения.
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Основы законодательства российской федерации об охране труда» (утв. ВС РФ 06.08.93 5600-і) (с изменениями на 29 декабря 2014 года) Федеральный закон N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" от 28 декабря 2013 г; Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов (с изменениями на 20 января 2015 года);</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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) 	<p>При анализе определили допустимый уровень шума. Шум действует на нервную систему человека, снижает трудоспособность, уменьшает сопротивляемость сердечно-сосудистым заболеваниям. Необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих допустимые.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое 	<p>Класс условий труда по выявленным опасным факторам: -по травмобезопасности – 1 (оптимальный) -микроклимат, вибрации общая,</p>

электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	освещение, тяжесть и напряжённость труда -2 (допустимый)
3. Охрана окружающей среды: – 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.	Проанализированы основные вредные выбросы ТЭЦ. Для предотвращения превышения уровня ПДК для воздуха (ГН 2.2.5.1313-03) и для водоемов (ГН 2.1.5.1315-03) предложены системы очистки.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС на Томской ТЭЦ-3: -пожары, взрывы; - террористический акт. - наиболее вероятный и опасный сценарий: взрыв и пожар котельного агрегата. - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Якубович Юлия Викторовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 154 страниц, шести рисунков, 15 таблиц, 10 источников, трех приложений.

Ключевые слова: котельная установка, паровой котел, тепловой расчет, топочная камера, теплообмен, энтальпия, поверхность нагрева, электрофильтр, дымовая труба, дымосос.

Объект проектирования: котельная установка с паровым котлом Е-420-13,7-555 ГМ.

Цель работы: разработка проекта котельной установки на базе барабанного котла паропроизводительность 420 т/час для расширения Томской ТЭЦ-3.

В процессе проектирования проводились:

- оценка способа сжигания;
- тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева котла;

- расчет газового тракта котла;

В результате проектирования:

- выбрана тепловая схема котла;

определены геометрические размеры поверхностей нагрева и топочной камеры парового котла;

- определены геометрические размеры каналов газового тракта.

Экономическая эффективность проекта представлена в виде анализа конкурентоспособности технических решений, определения капитальных вложений в паровой котел и годовых эксплуатационных издержек.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью прикладных программ: Microsoft Office, MathCAD, КОМПАС 3D, Adobe Acrobat Reader.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки;

Котел – это устройство, представляющее собой теплообменное устройство, в котором тепло от горячих продуктов горения топлива передается воде.

Котельная установка – называется комплекс оборудования для котельной предназначенного для превращения химической энергии топлива в тепловую с целью получения горячей воды или пара заданных параметров.

ШПП – ширмовый пароперегреватель устройство, предназначенное для перегрева пара.

КПП1, КПП2 – конвективный пароперегреватель первой и второй ступени устройство, предназначенное для перегрева пара.

ВЭК – водяной экономайзер первой ступени элемент котлоагрегата, теплообменник, в котором питательная вода перед подачей в котёл подогревается уходящими из котла газами.

ВП – воздухоподогреватель первой ступени устройство, предназначенное для подогрева воздуха, направляемого в топку котельного агрегата.

БЦ – батарейный циклон – это устройство для удаления золы из дымовых газов.

КПД – коэффициент полезного действия характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии.

ПДК – предельно допустимая концентрация утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив

СанПиН – Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы – это правила, которые устанавливают предельно допустимые значения факторов, влияющих на обеспечение нормальной жизнедеятельности человека.

Оглавление

С.

Введение. Обоснование необходимости разработки проекта котельной установки.....	10
1 Описание производственного объекта и место котла в нем.....	11
2 Обоснование исходных данных, принятых технических решений и методов проектирования.....	12
3 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла..	17
4 Аэродинамический расчет газового тракта котла.....	18
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	58
6. Социальная ответственность.....	68
Заключение.....	82
Заключение на иностранном языке.....	84
Список использованной литературы.....	86
Приложение А. Тепловой расчет топочной камеры котла	87
Приложение Б. Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания	107
Приложение В. Тепловой расчет поверхностей нагрева парового котла.....	109
Графический материал	
ФЮРА 311233.002 ВО Котел паровой Е-420-13,7-555 ГМ (поперечный разрез)	
ФЮРА 311233.003 ВО Котел паровой Е-420-13,7-555 ГМ (продольный разрез)	
ФЮРА 311233.004 ВО Котел паровой Е-420-13,7-555 ГМ (горизонтальный разрез, вид сверху)	
ФЮРА 311233.005 ВО Газовый тракт котельной установки (расчетная схема)	

Введение

Человечество не может жить без тепла и электроэнергии. С давних времен человек использовал все возможные источники природной энергии для освещения и обогрева жилища. Все это привело к созданию установок для обогрева и выработки электроэнергии [1].

Большинство территориальных генерирующих компаний отдают предпочтение именно газу, как основному топливу, ввиду его относительной дешевизны в настоящее время, высокой тепловой эффективности и меньшими требованиями к инфраструктуре [1].

Задачей данной работы являлась разработка проекта парового котла с естественной циркуляцией для работы на природном газе для расширения Томской ТЭЦ-3.

Природный газ является высокоэффективным энергоносителем и ценным химическим сырьем. Подготовка газа к сжиганию на электростанции состоит из очистки газа от твердых механических примесей и поддержания постоянного давления в горелочных устройствах, путем дросселирования поступающего из магистрали газа [2].

При выполнении работы основная цель состоит в определении наиболее рациональной компоновки и размеров основных элементов рассматриваемого котла для обеспечения максимальной эффективности, надёжности и экономичности его работы при номинальных условиях.

1 Описание производственного объекта и место котла в нем

Постановлением Совета Министров СССР от 17.06.1982 г. № 545 было предусмотрено начало подготовительного периода строительства ТЭЦ-3. В состав подготовительного периода были включены: снятие растительного слоя почвы, планировочные работы, нагорная канава, объекты транспорта и связи, водопровод технического водоснабжения. Генеральный подрядчик – Управление Химстрой – приступил в 1982 году к выполнению этого объёма работ. Так началось строительство Томской ТЭЦ-3 [3].

Томская ТЭЦ-3 – тепловая электростанция в городе Томске, структурное подразделение Томского филиала АО "ТГК-11". Станция расположена в северо-восточной части Томска, рядом с ТНХК. Численность персонала 360 человек. одна турбина и два котлоагрегата. Электрическая мощность 140 МВт, тепловая – 780 Гкал/ч. ТГК-11 планирует строительство энергоблока мощностью 450 МВт на ТЭЦ-3 [3]. Основное оборудование Томской ТЭЦ-3 представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Оборудование Томской ТЭЦ-3 (2009г.)

Наименование и тип оборудования	Станционный номер агрегата	Мощность, МВт, теплопроизводительность, Гкал/ч
Турбинные установки		
Турбина ПТ-140/165-130/15-3	1	140
Котельные агрегаты		
Котел БКЗ-500-140	1А	500
Котел БКЗ-500-140	1Б	500

2 Обоснование исходных данных, принятых технических решений и методов проектирования

2.1 Составная тепловая схема котла

Котел представляет собой теплообменное устройство, в котором тепло от горячих продуктов горения топлива передается воде. В результате этого в паровых котлах вода превращается в пар, а в водогрейных котлах нагревается до требуемой температуры [2].

Для обеспечения более экономичной работы современные котельные установки имеют вспомогательные элементы: водяной экономайзер и воздухоподогреватель, служащие для подогрева воды и воздуха; устройства для подачи топлива и удаления золы, для очистки дымовых газов и питательной воды; приборы теплового контроля и средств автоматизации, обеспечивающие нормальную и бесперебойную работу всех звеньев котельной [2].

Котлы П-образной компоновки получили широкое распространение в отечественном котлостроении. Топочная камера котла П-образной компоновки конструктивно проста и удобна для блочного изготовления ее панелей, позволяет увязать топочную камеру с конвективными поверхностями нагрева, разместить тягодутьевые машины на нулевой отметке. Факельный способ сжигания применяется в очень широких масштабах для сжигания каменных углей, измельченных в высокодисперсную угольную пыль. Этим способом эффективно сжигают даже те виды ископаемого топлива, которые вследствие малой реакционной способности не могут быть сжигаемы слоевым способом. Топочная камера выполнена из газоплотных панелей которые улучшают условия работы обмуровки топки и уменьшают вероятность выбивания дымовых газов из котельной установки [4].

Природный газ является высокоэффективным энергоносителем и ценным химическим сырьем. Подготовка газа к сжиганию на электростанции состоит на очистке газа от твердых механических примесей и поддержании

постоянного давления в горелочных устройствах, путем дросселирования поступающего из магистрали газа. [5].

2.2 Температура газов на выходе из топки

Температура газов на выходе из топки $\vartheta'_T = 1200$ °С. Температура газов на выходе из топки определяется рекомендациями по условиям надежности работы конвективных поверхностей нагрева [2, с. 116].

2.3 Выбор температуры уходящих газов

Температура уходящих газов оказывает важное влияние на экономичность работы парового котла, так как потеря теплоты с уходящими газами является наибольшей в сравнении с другими потерями. Понижение температуры уходящих газов приводит к увеличению КПД парового котла. Однако чрезмерное охлаждение газов требует увеличения размеров конвективных поверхностей нагрева, а при сжигании сернистых топлив сопряжено еще с опасностью низкотемпературной коррозии. Также, существенное влияние на выбор температуры уходящих газов оказывает температура питательной воды.

Руководствуясь рекомендациями [2] температуру уходящих газов при сжигании природного газа следует принимать $\vartheta_{yx} = 135$ °С.

2.4 Обоснование выбора температуры горячего воздуха

Температура горячего воздуха $t_{г.в.} = 270$ °С. Температура подогрева воздуха в воздухоподогревателе определяется свойствами топлива, организацией его сжигания [2, с.116].

Температура горячего воздуха определяет количество ступеней воздухоподогревателей и экономайзеров.

Для барабанных котлов средней и большой мощности на докритических параметрах пара можно принять следующую последовательность расположения элементов котла по ходу дымовых газов: топочная камера, ШПП, две ступени КПП в горизонтальном газоходе, ВЭК и ВП в опускной конвективной шахте. Компоновка низкотемпературных элементов в конвективной шахте, при условии отсутствия элементов промежуточного пароперегревателя, определяется требуемой по условиям эффективного горения топлива и его подготовки к сжиганию температурой горячего воздуха.

При такой температуре $t_{г.в}$ в конвективной шахте разместится одна ступень экономайзера и одна ступень воздухоподогревателя (рис. 1.1).

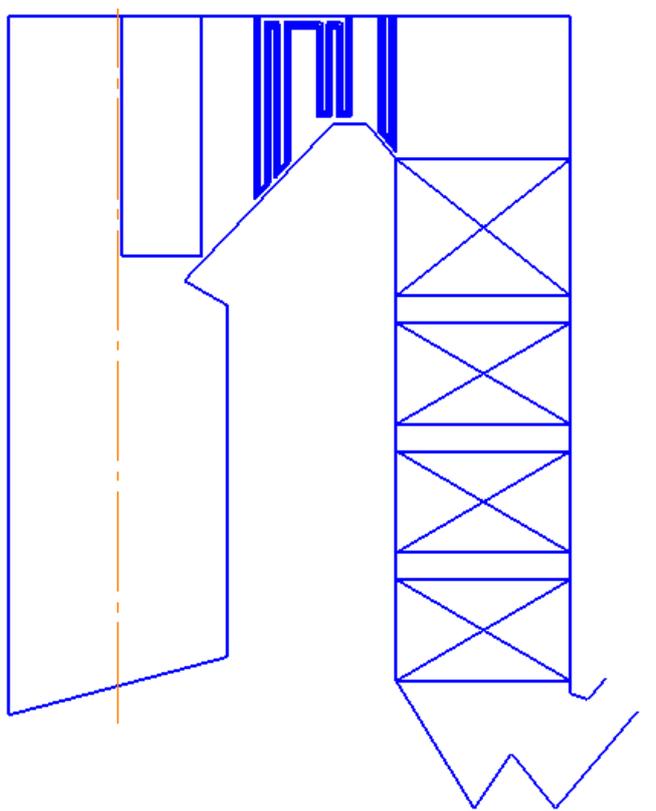


Рисунок 1.1 – Компоновка поверхностей нагрева парового котла

2.5 Выбор типа горелочных устройств

Компоновка горелок (размещение) в сочетании с геометрическими характеристиками топочной камеры, в основном, определяют аэродинамику топочной камеры, надежность и экономичность работы топки в целом. Из этого следует, что выбор типа и компоновки горелочных устройств является одним из важнейших моментов конструирования топок.

В практике отечественного котлостроения наибольшее распространение нашли три типа компоновок горелочных устройств: однофронтальная, встречная, тангенциальная, с размещением горелок по высоте, во всех трех компоновках, в один (одноярусная) и более (многоярусная) ярусов.

По выбранному типу и компоновке горелок принимают: количество, мощность и геометрические характеристики пылеугольных горелок.

Компоновка горелок и форма топочной камеры взаимосвязаны и имеют решающее значение для надежности и экономичности работы котла. Топочное устройство (горелки вместе с топкой) должно удовлетворять основным требованиям, обеспечивающим:

- эффективное смешение топлива с необходимым для горения количеством воздуха;
- устойчивое воспламенение;
- заданную экономичность сжигания топлива;
- минимальное количество вредных выбросов;
- равномерное распределение тепловых нагрузок по периметру топки;
- вытекание жидкого шлака в топках с ЖШУ;
- простоту изготовления и удобство при монтаже и ремонте.

В зависимости от организации подачи топлива и воздуха в горелки подразделяются на вихревые, прямоточные и комбинированные (прямоточно-вихревые) [7].

В соответствии с рекомендациями для сжигания природного газа используют комбинированные газомазутные горелки. В проектируемой топочной камере используем унифицированную газомазутную горелку с центральной подачей топлива.

При сжигании природного газа возможны фронтальное или встречное расположение горелок.

В проектируемой газоплотной топочной камере, примем фронтальную компоновку. Ее преимущества заключаются в том, что газопроводы и мазутопроводы имеют минимальную длину, однотипны, простой конфигурации.

При сжигании газообразного топлива горелки располагают в один или несколько ярусов. В данном проекте принято 3 яруса.

Расчет горелок приведен в приложении А.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно–исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

5.1 Анализ конкурентных технических решений

По мере перехода к рынку предприятие, получая экономическую самостоятельность в ведении производственно-хозяйственной деятельности, само на свой страх и риск определяет, какую продукцию, где, когда, какого качества производить, кому, на каких условиях и по какой цене её продавать. В связи с этим наиболее важной характеристикой продукции и услуг предприятий является их конкурентоспособность.

Конкурентоспособность в рыночной экономике является основным фактором коммерческого успеха предприятия. В свою очередь, зависит от качества менеджмента и конкурентоспособности выпускаемой продукции, то есть от того, насколько она лучше аналогов - продукции, выпускаемой конкурирующими предприятиями. Рыночная конкуренция уже сейчас стала механизмом отбраковки всех нежизненных форм производства и торговли, при ней обречены все неэффективные формы и методы хозяйствования.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.1. Для сравнения были выбраны спроектированный котел Е–420–13,7–555 и котел БКЗ–220, установленный на ГРЭС–2 г. Томска.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	3	2	0,21	0,14
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	4	3	0,52	0,39
3. Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12
4. Энергоэкономичность	0,10	3	3	0,30	0,30
5. Надежность	0,20	4	3	0,80	0,60
6. Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
7. Безопасность	0,20	4	3	0,80	0,60
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	1	1	0,04	0,04
3. Цена	0,06	2	2	0,12	0,12
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	0,50	0,40
Итого	1	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 5.1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует объяснить:

– чем обусловлена уязвимость позиции конкурентов и возможно занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка;

– в чем конкурентное преимущество разработки.

Итогом данного анализа, действительно способным заинтересовать партнеров и инвесторов, может стать выработка конкурентных преимуществ, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством предложения товаров, заметно отличающихся либо высоким уровнем качества при стандартном наборе определяющих его параметров, либо нестандартным набором свойств, интересующих покупателя.

5.2 Расчет капитальных вложений

На стадии предварительных экономических расчетов, а это соответствует этапам технической подготовки производства: «Техническое предложение», «Технический проект», капитальные вложения можно определять по формуле (разработка ЦКТИ им. Ползунова): [9].

$$K = C_{пол} + C_{пол} \cdot P_n / 100 + K_{тр} + K_{пот} + K_{стр},$$

где $C_{пол}$ – полная стоимость парового котла;

P_n – средняя рентабельность по парогенераторостроению (20%);

$K_{тр}$ – транспортно-заготовительные расходы (приняты 2% от $C_{пол}$);

$K_{пот}$ – сопутствующие затраты у потребителя;

$K_{стр}$ – затраты на строительную часть у потребителя.

Суть данной разработки заключается в том, что себестоимость изготовления парового котла ставится в зависимость от его параметров, которые в качестве коэффициентов вводятся в данную формулу:

5.2.1 Себестоимость парового котла

$$C_{\text{пол}} = D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = \\ = 420 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 55 = 55697241,6 \text{ руб},$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого котла;

K_1 - K_8 – коэффициенты учитывающие:

$K_1=0,9$ – паропроизводительность проектируемого котла;

$K_2=1$ – параметры пара;

$K_3=1$ – перегрев пара;

$K_4=1,15$ – способ поставки;

$K_5=1,12$ – вид топлива;

$K_6=1,04$ – компоновка котла;

$K_7=1$ – число корпусов;

$K_8=1$ – тип котла;

$K_{\text{пер}}=55$ – коэффициент пересчета на современные цены.

5.2.2 Транспортно–заготовительные расходы

$$K_{\text{тр}} = 0,02 \cdot C_{\text{пол}} = 0,02 \cdot 55697241,6 = 1113944,832 \text{ руб}.$$

5.2.3 Сопутствующие затраты у потребителя

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{м}} + K_{\text{об}} = 4455779,328 + 5569724,16 = 10025503,49 \text{ руб},$$

где $K_{\text{м}} = 0,08 \cdot C_{\text{пол}} = 0,08 \cdot 55697241,6 = 4455779,328$ руб – затраты на монтаж оборудования парового котла;

$K_{\text{об}} = 0,1 \cdot C_{\text{пол}} = 0,1 \cdot 55697241,6 = 5569724,16$ руб – затраты на обмуровку котла.

5.2.4 Затраты на строительство у потребителя

5.2.4.1 Стоимость здания, приходящаяся на ПГ

$$K_{зд} = S_m \cdot k_{дп} \cdot Ц_{зд} \cdot h_{кот} = 210 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 37 = 18648000 \text{ руб.},$$

где $S_m = 210 \text{ м}^2$ – площадь парового котла;

$k_{дп} = 2$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь;

$Ц_{зд} = 1200 \text{ руб/м}^2$ – стоимость 1 м^2 ;

$h_{кот}$ – высота котельного цеха (верхняя отметка ПГ+3–4м).

5.2.4.2 Стоимость фундамента

$$K_{ф} = D \cdot k_{ф} = 420 \cdot 9466,3 = 3975846 \text{ руб.},$$

где $k_{ф} = \eta \cdot 10^4 = 0,94663 \cdot 10^4 = 9466,3$ – коэффициент, учитывающий влияние производительности котла на стоимость фундамента.

5.2.4.3 Суммарные затраты на строительство

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф} = 18648000 + 3975846 = 22623846 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения парового котла представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Сводная таблица капитальных вложений в сооружение парового котла

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	55697,241	55,365
Затраты на монтаж	4455,779	4,430
Затраты на обмуровку	5569,724	5,536
Стоимость строительства	22623,846	22,489
Транспорто-заготовительные расходы	1113,945	1,107
Наценка на ПГ	11139,448	11,073
Общие капитальные вложения	100599,983	100

5.3 Расчет годовых эксплуатационных расходов

5.3.1 Годовые затраты на топливо

$$I_{\text{топ}} = V_p \cdot h_{\text{год}} \cdot (1 + V_{\text{пот}} / 100) \cdot C_{\text{т.н.т.}} = 21,5 \cdot 6500 \cdot (1 + 5 / 100) \cdot 1600 = \\ = 234780000 \text{ руб} = 234780 \text{ тыс. руб},$$

где $V_p = 21,5$ т/час – часовой расход натурального топлива, т/час;

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

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

$C_{\text{т.н.т.}} = 1600$ руб/т – цена натурального топлива.

5.3.2 Амортизационные отчисления

$$I_a = p_n \cdot K = 3,7 / 100 \cdot 100599,983 = 3722,199 \text{ тыс. руб},$$

где $p_n = 3,7$ % – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт и на реновацию для котельной установки;

K – капитальные вложения (см. табл.5.2).

5.3.3 Затраты на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 3722,199 = 744,44 \text{ тыс. руб}.$$

5.3.4 Затраты на воду

Рассчитывается исходя из пароводяного баланса котельного цеха для определения затрат на воду, которая потребляется для добавки в цикл с целью компенсации потери ее из цикла и для хозяйственных нужд.

$$I_b = D_b \cdot h_{\text{год}} \cdot C_b = 11,34 \cdot 6500 \cdot 72 = 5307,12 \text{ тыс. руб},$$

где $D_b = 11,34$ – часовой расход воды на продувку, т/час;

$C_b = 72$ руб/м³ – стоимость воды с учетом химводоочистки.

5.3.5 Затраты на электроэнергию

Затраты на собственные нужды определяются по двухставочному тарифу

$$I_{\text{э}} = N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_b \cdot k_n \cdot C_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot C_{\text{кв}} = 76 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,1 + 76 \cdot 230 = \\ = 840294 + 17480 = 857774 \text{ руб} = 857,774 \text{ тыс. руб},$$

где $N_{уст} = 76$ кВт – установочная мощность токоприемников парового котла;

$k_b = k_{\pi} = 0,9$ – коэффициенты времени и потерь электрической энергии;

$\Pi_э = 2,1$ руб/кВт – тариф на потребленную электрическую энергию;

$\Pi_{кв} = 230$ руб/кВт – стоимость кВт на заявленную мощность.

5.3.6 Затраты на заработную плату обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха, отнесенная на один парогенератор. Прямая заработная плата определится из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 5.3 [9].

Таблица 5.3 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад	Месячный оклад на 1 парогенератор
1	2	3	4
	ПП/чел.	руб/мес	руб
Старший машинист	3	17000	17000
Машинист котлов 4 разряда	2	16300	24450
Машинист котлов 3 разряда	1	16000	48000
Машинист багерной насосной	6	15800	7900
Машинист насосных установок	3	15700	15700
Машинист обходчик по котельному оборудованию	3	15500	15500
Котлочист	3	14500	4833
Зольщик	3	14100	4700
Слесарь по ремонту котельного оборудования	2	14200	7100
Дежурный слесарь	6	13800	2300
Дежурный электрик	6	13800	2300
Электросварщик	6	14000	2333

Продолжение таблицы 5.3

Газоэлектросварщик	6	14100	2350
Газорезчик	6	14100	2350
Печник	3	14500	4833
Крановщик	6	13500	2250
Токарь	6	13800	2300
Кладовщик	3	12500	4167
Уборщица	3	5000	1667
Итого на 1 парогенератор		$3П^{ОП}$	172033
Нач. цеха	1	19000	19000
Зам. нач. цеха	1	18200	18200
Нач. смены	3	17800	5933
Ст. мастер	1	16000	16000
Мастер	3	12000	4000
Итого на 1 парогенератор		$3П^{Рук}$	63133
Всего по котельному цеху			235166

5.3.6.1 Основная заработная плата обслуживающего персонала

$$П_{осн}^{ОП} = 3П^{ОП} + 3П^{ОП} \cdot (k_{доп} + k_{прем} + k_{рк}) = 172033 + 172033 \cdot (0,2 + 0,43 + 0,3) = 332023,69 \text{ руб} = 332,02369 \text{ тыс. руб},$$

где $k_{доп} = 0,2$ – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;

$k_{прем} = 0,43$ – коэффициент, учитывающий премии;

$k_{рк} = 0,3$ – районный коэффициент.

5.3.6.2 Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала

$$П_{доп}^{ОП} = 0,08 \cdot 3П^{ОП} = 0,08 \cdot 172033 = 13762,64 \text{ руб} = 13,76264 \text{ тыс. руб}.$$

5.3.6.3 Общая заработная плата обслуживающего персонала

$$П_{общ}^{ОП} = П_{осн}^{ОП} + П_{доп}^{ОП} = 332,02369 + 13,76264 = 345,78633 \text{ тыс. руб}.$$

5.3.6.4 Основная заработная плата руководящего персонала

$$П_{осн}^{Рук} = 3П^{Рук} + 3П^{Рук} \cdot (k_{прем} + k_{рк}) = 63133 + 63133 \cdot (0,43 + 0,3) = 109220,09 \text{ руб} = 109,22009 \text{ тыс. руб},$$

где $k_{прем} = 0,43$ – коэффициент учитывающий премии;

$k_{рк} = 0,3$ – районный коэффициент.

5.3.6.5 Дополнительная заработная плата руководящего персонала

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{Рук}} = 0,08 \cdot 3\Pi^{\text{Рук}} = 0,08 \cdot 63133 = 5050,64 \text{ руб.} = 5,05064 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.6.6 Общая заработная плата руководящего персонала

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{Рук}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{Рук}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{Рук}} = 109,22009 + 5,05064 = 114,27073 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.6.7 Затраты на заработную плату

$$И_{\text{зп}} = \Pi_{\text{общ}}^{\text{ОП}} + \Pi_{\text{общ}}^{\text{Рук}} = (345,78633 + 114,27073) \cdot 12 = 5520,6 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.7 Отчисления на социальные цели

$$И_{\text{осц}} = 0,3 \cdot И_{\text{зп}} = (0,3 \cdot 332,84575) \cdot 12 = 1656,12 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.8 Прочие расходы

$$\begin{aligned} И_{\text{пр}} &= 0,12 \cdot (И_{\text{зп}} + И_{\text{осц}} + И_{\text{э}} + И_{\text{в}} + И_{\text{тр}} + И_{\text{а}} + И_{\text{топ}}) = \\ &= 0,12 \cdot (5520,6 + 1656,12 + 727,021 + 11700 + 393,55 + 1967,75 + \\ &+ 440294,400) = 55471,133 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Эксплуатационные расходы представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	440294,400	85,043
Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	1967,750	0,380
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	393,550	0,079
Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	11700	2,260
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	727,021	0,140
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	5520,600	1,066
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	1656,120	0,320
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	55471,130	10,714
Итого	$I_{\text{год}}$	517730,570	100

Полученные значения эксплуатационных расходов однозначно указывают на преобладающее значение расходов на обеспечение поставок топлива. На них приходится наибольшая доля ежегодных капиталовложений в работу котельной установки и всей станции.

5.3.9 Себестоимость выработанной тонны пара

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}} / D_{\text{год}} = 517730570 / 2730000 = 189,645 \text{ руб/т,}$$

где $D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 420 = 2730000 \text{ т/год.}$

5.3.10 Себестоимость отпущенной тонны пара

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}} / D_{\text{отп}} = 517730570 / 2593500 = 199,626 \text{ руб/т,}$$

где $D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{сн}} = 2730000 - 136500 = 2593500 \text{ т/год}$ – годовой расход отпущенного пара,

$D_{\text{сн}} = 0,05 \cdot D_{\text{год}} = 0,05 \cdot 2730000 = 136500 \text{ т/год}$ – годовой расход пара на собственные нужды.

5.3.11 Окупаемость проекта $T_{\text{ок}}$ можно определить:

$$B_r = [D_{\text{отп}} \cdot (C_{\text{отп}} - C_{\text{выр}})] - I_{\text{год}} = 2593500 \cdot (199,626 - 189,645) = 25885723,5,$$

где B_r - чистая прибыль в год.

$$T_{\text{ок}} = K / B_r = 100599983 / 25885723,5 = 3,886 \text{ г.}$$

Из чего следует, что проект окупается через 3 года, 10 месяцев.

Расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов позволили доказать и обосновать целесообразность эксплуатации спроектированной установки. Благодаря этому можно избежать излишних затрат, а так же повысить конкурентоспособность котлоагрегата.