

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 Парогенераторостроения и парогенераторных установок

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 230 т/ч взамен отработавшего ресурс оборудования пиковой котельной Южно Сахалинской ТЭЦ-1

УДК 621.311.22:621.181.018(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Вислогузов Руслан Ахмедович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Хаустов С.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Романцов И.И	К.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Заворин А.С.	Д.Т.Н		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
P1	Готовность к самостоятельной индивидуальной работе и принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции, способность к переоценке накопленного опыта и приобретению новых знаний в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики, применению методов и средств обучения и самоконтроля, критическому оцениванию своих достоинств и недостатков, осознанию перспективности интеллектуального, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе для выбора путей достижения общей цели при выполнении комплексных инженерных задач, к обобщению и анализу различных мнений, участию в дискуссиях для принятия решений в нестандартных условиях и готовность нести за них ответственность	Требования ФГОС (ОК-1,3,4,12), Критерий 5 АИОР (п. 2.2., п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Понимание сущности и значения информации в развитии современного общества и профессиональной среды, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации и использования их для решения коммуникативных задач, в том числе с применением государственного и одного из иностранных языков	Требования ФГОС (ОК-2,11,15), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность и готовность понимать движущие силы, закономерности и место человека в историческом процессе, ответственно участвовать в политической жизни с соблюдением прав и обязанностей гражданина, моральных и правовых норм общества, анализировать социально и экономически значимые проблемы, и процессы с использованием методов гуманитарных, социальных и экономических наук, быть активным субъектом экономической деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 14), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P5	Способность к эстетическому развитию и самосовершенствованию, бережному отношению к историческому и культурному наследию, уважению многообразия культур и цивилизаций, к физическому самовоспитанию, сохранению и укреплению здоровья для обеспечения полноценной деятельности; осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике	Требования ФГОС (ОК-13,16, ПК-5, 16), Критерий 5 АИОР (п. 2.5, п. 2.6.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
P6	Готовность применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для моделирования, проектирования и совершенствования объектов профессиональной деятельности и процессов в энергетическом машиностроении	Требования ФГОС (ПК-1,2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Готовность решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и эксплуатацией энергетических машин, аппаратов и установок с использованием системного анализа и формировать законченное представление о принятых решениях средствами нормативно-технической и графической информации	Требования ФГОС (ПК-4,6,7,8), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Способность и готовность выполнять инженерные проекты с применением современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию и требованиям ЕСКД с учетом экономических и экологических ограничений, подтверждать знания теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах	Требования ФГОС (ПК-9,10,11,12,13), Критерий 5 АИОР (п. 1.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способность и готовность планировать и выполнять численные и экспериментальные исследования инженерных задач, проводить обработку и анализ результатов, участвовать в испытаниях объектов энергетического машиностроения по заданной программе	Требования ФГОС (ПК-14,15), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Способность и готовность осваивать новые технологические процессы и виды оборудования; использовать технические средства для измерения основных параметров котлов, парогенераторов, камер сгорания, теплообменников разного назначения, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования,	Требования ФГОС (ПК-17,18,19,20,21), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	осуществлять монтажно-наладочные и сервисно-эксплуатационные работы на энергетических объектах после непродолжительной профессиональной адаптации	
Р11	Способность и готовность проводить технико-экономическое обоснование решений с применением элементов экономического анализа, соблюдать и обеспечивать производственную и трудовую дисциплину и осуществлять организационно-управленческую работу с малыми коллективами	Требования ФГОС (ПК-22,23,24), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 157 страниц, шести рисунков, 15 таблиц, восьми источников, четырех приложений.

Ключевые слова: котельная установка, паровой котел, тепловой расчет, гидродинамический расчет, топочная камера, теплообмен, энтальпия, поверхность нагрева, контур циркуляции, пароперегреватель, теплопередача, перегретый пар, вода, пароводяная смесь.

Объект проектирования: котельная установка с паровым котлом Е-230-13,6-555 КТ.

Цель работы: разработка проекта котла типа Е паропроизводительностью 230 т/час для замены отработавшего ресурс оборудования пиковой котельной Южно Сахалинской ТЭЦ-1.

В процессе проектирования проводились:

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

В результате проектирования:

- выбрана тепловая схема котла;
- определены геометрические размеры поверхностей нагрева и топочной камеры парового котла;
- определена толщина стенки барабана и КПП2.

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: MicrosoftWord, MicrosoftExcel, MathCAD, КОМПАС 3D.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 2.102 – 68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
- ГОСТ 2.104 – 2000 ЕСКД. Основные надписи
- ГОСТ 2.109 – 73 ЕСКД. Основные требования к чертежам
- ГОСТ 2.302 – 68 ЕСКД. Масштабы
- ГОСТ 2.303 – 68 ЕСКД. Линии
- ГОСТ 2.304 – 81 ЕСКД. Шрифты чертежные
- ГОСТ 2.305 – 2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения
- ГОСТ 2.307 – 2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.
- ГОСТ 12.0.003 – 74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
- ГН 2.2.5.1313 – 03 Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
- ППБ 01 – 03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: Министерство РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2003.
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
- СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
- СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

В работе применены следующие термины:

- паровой котел – устройство для преобразования химической связанной тепловой энергии топлива в потенциальную энергию перегретого пара.

- перегретый пар – пар, нагретый выше температуры насыщения;

- поверхность нагрева – поверхность стенок, отделяющих продукты сгорания от нагреваемых сред, через которые происходит передача тепла.

- гидродинамическая схема – это совокупность составляющих пароводяного тракта с учетом последовательности с учётом последовательности их соединения;

- полная высота контура – высота от уровня воды в барабане до оси нижнего коллектора;

- теплообмен – самопроизвольный необратимый перенос теплоты между телами или участками внутри тела с различной температурой.

- топочная камера – устройство котла, для сжигания органического топлива с целью получения высоконагретых дымовых газов;

- кавитация – процесс парообразования и последующего схлопывания пузырьков пара.

- энтальпия – свойство вещества, указывающее количество энергии, которую можно преобразовать в теплоту.

В выпускной работе приняты следующие сокращения:

- ГРЭС – государственная районная электрическая станция;

- ПО труба – паропроводящая труба;

- ОП труба – опускная труба;

- ШПП – ширмовый пароперегреватель;

- РПП – радиационный пароперегреватель;

- КПП_{1,2} – конвективный пароперегреватель первой и второй ступени;

- ВЭК_{1,2} – водяной экономайзер первой и второй ступени;

- ВП_{1,2} – воздухоподогреватель первой и второй ступени;

- Е – естественная циркуляция.

Оглавление

Введение.....	10
1 Обзор литературы	11
2 Объект и методы исследования	13
3 Аэродинамический расчет газозвдушного тракта котельной установки.....	14
4 Социальная ответственность	32
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	50
Заклучение	64
Список используемых источников.....	66
Приложение А. Тепловой расчет топочной камеры котла	67
Приложение Б. Энтальпия воздуха и продуктов сгорания	83
Приложение В. Тепловой расчет поверхностей нагрева парового котла	84
Приложение Г. Расчет контура циркуляции	152
Графический материал	
ФЮРА 311233.002 ВО Котел паровой Е-230-13,6-555КТ (поперечный разрез)	
ФЮРА 311233.003 ВО Котел паровой Е-230-13,6-555 КТ (продольный разрез)	
ФЮРА 311233.004 ВО Котел паровой Е-230-13,6-555 КТ (горизонтальный разрез, вид сверху)	
ФЮРА 311300.005 ВО Схема газозвдушного тракта котельной установки	

Введение

Энергетика Российской Федерации впоследствии продолжительного застоя, сопряженного с падением тяжелой промышленности, приблизилась к периоду возрождения. Владение Российской федерацией крупными резервами углей абсолютно всех известных типов и марок, предоставляет возможности постройки и развития станций, работающих непосредственно на угле [1].

Задача данной работы заключалась в разработке проекта парового котла Е-230-13,6-555 КТ для Южно-Сахалинской ТЭЦ и работы на Южно-Сахалинском угле Д.

Предназначением котельной установки является обеспечение максимально эффективного, надежного, и экономичного сгорания топлива и преобразование тепловой энергии в энергию пара, что в свою очередь, должно обеспечиваться постоянным совершенствованием конструкции паровых котлов. [2]

Данное топливо характеризуется высокой реакционной способностью, обусловленной большим выходом летучих веществ, а также низкой влажностью и низкой температурой плавления минеральной части.

Вышеперечисленные характеристики топлива требуют применения ряда специфических конструкторских и компоновочных решений.

В ходе проектирования необходимо определить наиболее рациональную компоновку и геометрические характеристики элементов котла для обеспечения максимальной эффективности, надёжности и экономичности его работы при номинальных условиях, а также закрепить и продемонстрировать приобретенные компетенции.

1 Обзор литературы

Основной литературой с рекомендациями по проектированию является «Тепловой расчет котлов (нормативный метод)» [2] и учебная литература, созданная на его основе, такая как: Компонировка и тепловой расчет парового котла [3]; Конструирование и тепловой расчет паровых котлов [4].

За время существования энергетической отрасли накоплено большое количество практических данных, представленных в учебной, справочной и нормативной литературе.

Так как сейчас энергетика, а, следовательно, и котлостроение Российской Федерации существуют в условиях рыночной экономики, то все новые разработки являются коммерческой тайной предприятий. В связи с этим большинство отечественной современной литературы на данную тему представляет собой переизданные советские источники. Но следует отметить, что старые наработки всё еще не потеряли своей актуальности и содержат весь необходимый материал для конструкторской деятельности.

Опираясь на вышеперечисленную литературу можно сформулировать следующие задачи данной работы:

- произвести тепловой расчет топочной камеры;
- произвести тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева котла;
- произвести аэродинамический расчет газоздушного тракта;
- провести анализ ресурсоэффективности и ресурсосбережения котельной остановки;
- провести анализ социальной ответственности.

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является котельная установка с паровым котлом Е-230-13,6-555 П-образной компоновки с факельным сжиганием твердого топлива для работы на Южно-Сахалинской ТЭЦ-1. Данная станция является основным объектом энергоснабжения центрального района Сахалинской области. На станции работают пять угольных котлов, которые в данный момент переведены на сжигание природного газа с использованием Южно-Сахалинского угля марки Д в качестве резервного топлива. Проектируемая котельная установка необходима в качестве замены одной из установок станции, отработавшей ресурс. Так как резервным топливом является уголь и в районе имеются большие запасы данного топлива, то, соответственно, проектным топливом для данной котельной установки является уголь.

Для достижения цели работы необходимо осуществить проектирование парового котла путём теплового расчёта его поверхностей нагрева, выбора оптимальной компоновки поверхностей нагрева, а также вспомогательного оборудования и обеспечения номинальных режимов работы в соответствии с заданными параметрами.

Результаты теплового расчета топочной камеры и поверхностей нагрева отображены в приложении А, Б, В.

По окончании расчета определен КПД котла равный 93 %. Расчетный расход топлива – 9,564 кг/с. Габариты топочной камеры: ширина 8400 мм, глубина 8336 мм, высота 28670 мм.

Ширмовой пароперегреватель имеет глубину 2912 мм. Конвективные пароперегреватели (КПП₁ и КПП₂) выполнены двухзаходными с тремя петлями, глубина составляет 962мм и 2264 мм соответственно. Температура дымовых газов, проходя через них, снижается на 148 °С и 332 °С соответственно.

Конвективная шахта разбита на два потока, что позволило уменьшить габариты воздухоподогревателя и экономайзера. ВП и ВЭК имеют 2 ступени. Высота одного хода первой ступени 1400 мм, второй ступени – 1900 мм. Высота первой ступени экономайзера 2650 мм, второй – 450 мм.

Метод исследования является расчетным по нормативному методу [2] и [7], в котором приведены рекомендации по проектированию котельного агрегата и выбору вспомогательного оборудования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Вислогузов Руслан Ахмедович

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Средняя стоимость 1 м ³ производственного здания – 1200 руб/ м ³ ; цена натурального топлива – 10000 руб/т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 1,62 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 230 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Паропроизводительность котла – 230 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 70 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 10 % от паропроизводительности.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды – 30%; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и реновацию – 3,3%.

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):

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
доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Вислогузов Руслан Ахмедович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В условиях рыночной экономики заметно возрастает значение технико-экономического обоснования инженерных решений. Такое обоснование позволяет находить оптимальные решения при проектировании котельного агрегата и его элементов, предотвращать излишние затраты, повышать надежность конструкции.

Целью данного раздела является расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемого котельного агрегата.

5.1 Характеристика проектируемого котельного агрегата

Паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является Южно-Сахалинский каменный уголь марки Д.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-230-13,6-555

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	230
Давление перегретого пара	$P_{пп}$	МПа	13,6
Температура перегретого пара	$t_{пп}$	$^{\circ}\text{C}$	555
Температура питательной воды	$t_{пв}$	$^{\circ}\text{C}$	210
Температура уходящих газов	ϑ_{yx}	$^{\circ}\text{C}$	135
КПД котла(брутто)	$\eta_{ка}$	%	93
Расчетный расход топлива	B_p	кг/с	9,564

5.2 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

На стадии предварительных экономических расчетов капитальные вложения можно определять по формуле (разработка ЦКТИ им. Ползунова):

$$\begin{aligned} K &= C_{\text{пол}} + C_{\text{пол}} \cdot P_{\text{н}} / 100 + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = \\ &= 97690260,72 + 97690260,72 \cdot 20 / 100 + \\ &+ 1698961,056 + 15290649,504 + 19073400 = 155\,839\,765 \text{ руб.}, \end{aligned} \quad (11.1)$$

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

$P_{\text{н}}$ – средняя рентабельность по парогенераторостроению – 20 %;

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

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

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

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

$$\begin{aligned} C_{\text{пол}} &= D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = \\ &= 230 \cdot 0,78 \cdot 1,57 \cdot 1,15 \cdot 1,04 \cdot 2000 \cdot 145 = 97690260,72 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (11.2)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого ПГ;

K_1 – паропроизводительность проектируемого ПГ (при паропроизводительности в 230 т/ч принимается равным 0,78);

K_2 – параметры пара (при перегреве пара до 555 °С и давлении 13,6 МПа принимается равным 1,57);

K_3 – перегрев пара (при отсутствии промперегрева принимается $K_3=1$);

K_4 – способ поставки (при поставке блоками принимается равным 1,15);

K_5 – вид топлива (при сжигании каменных углей принимается равным 1);

K_6 – компоновка ПГ (при П-образной компоновке принимается $K_6=1,04$);

K_7 – число корпусов (по числу корпусов принимается равным 1);

K_8 – тип ПГ (для барабанных котлов принимается равным 1),

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент пересчета на современные цены (принимается $K_{\text{пер}}=145$).

Удельная себестоимость ПГ выбранного за основу расчета:

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{м}} + K_{\text{обм}} = 7815220,858 + 9769026,072 = 17584246,93 \text{ руб.}, \quad (11.3)$$

где $K_{\text{м}}$ – затраты на монтаж, 8% от цены котла,

$K_{\text{обм}}$ – затраты обмуровку, 10% от цены котла (определяются косвенно).

Стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{ф}}. \quad (11.4)$$

где $K_{\text{зд}}$ – стоимость здания, приходящаяся на ПГ;

$K_{\text{ф}}$ – стоимость фундамента.

В свою очередь:

$$K_{\text{зд}} = S_{\text{м}} \cdot k_{\text{дп}} \cdot \Pi_{\text{зд}} \cdot h_{\text{кот}} = 176,4 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 40 = 16934400 \text{ руб.}, \quad (11.5)$$

$$K_{\text{ф}} = D \cdot k_{\text{ф}} = 230 \cdot 9300 = 2139000 \text{ руб.}; \quad (11.6)$$

где $S_{\text{м}}$ – площадь парогенератора, м²;

$k_{\text{дп}}$ – коэффициент дополнительной площади, принимается $k_{\text{дп}} = 2$;

$\Pi_{\text{зд}}$ – стоимость квадратного метра фундамента, руб. за кв. метр;

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

$k_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий влияние производительности котла на стоимость фундамента, $k_{\text{ф}} = \text{КПД} \cdot 10^4$.

С учетом (5.3.5) и (5.3.6) стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = 16934400 + 2139000 = 19073400 \text{ руб.} \quad (11.7)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	97690	62,7
Затраты на монтаж	7815	5
Затраты на обмуровку	9769	6,3
Стоимость строительства	19073	12,2
Транспортно-заготовительные расходы	1953	1,25
Наценка на ПГ	17584	12,55
Общие капитальные вложения	155839	100

5.3 Расчет годовых эксплуатационных расходов

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

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

$I_{\text{а}}$ – амортизационные расходы;

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

$I_{\text{в}}$ – затраты на воду;

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

$I_{\text{зп}}$ – заработная плата обслуживающего ПГ персонала;

$I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

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

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_{\text{а}} + I_{\text{т.р.}} + I_{\text{в}} + I_{\text{э}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}} \quad (11.8)$$

5.3.1 Расчет затрат на топливо

$$\begin{aligned} I_{\text{топ}} &= B_p \cdot h_{\text{год}} (1 + B_{\text{пот}}/100) C_{\text{т.н.т.}} = \\ &= 34,43 \cdot 6500 (1 + 6/100) 2000 = 474445,4 \text{ тыс.руб.}, \end{aligned} \quad (11.9)$$

где B_p – часовой расход натурального топлива, т/час;

$$B_p = 9,564 \text{ кг/с} = 34,43 \text{ т/ч}; \quad (11.10)$$

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

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

$C_{\text{т.н.т.}}$ – цена натурального топлива, с учетом доставки 1300руб/т.

5.3.2 Расчет амортизационных отчислений

$$I_{\text{а}} = p_n \cdot K = 0,037 \cdot 155839765 = 5766 \text{ тыс.руб.}, \quad (11.11)$$

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

K – капитальные вложения.

5.4.3 Расчет затрат на текущий ремонт

$$И_{тр}=0,2 \cdot И_a=0,2 \cdot 5766071,305= 1153 \text{ тыс.руб.}, \quad (11.12)$$

5.3.4 Расчет затрат на воду

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

Поэтому на стадии предварительных расчетов (данный случай) проще рассчитать затраты, исходя из пароводяного баланса котельного цеха, чем по производительности фильтров:

$$И_v = D_v \cdot h_{год} \cdot Ц_v = 5,58 \cdot 6500 \cdot 73 = 2647 \text{ тыс.руб.}, \quad (11.13)$$

где D_v – часовой расход воды, т/час;

$Ц_v$ – стоимость воды с учетом химводоочистки.

5.3.5 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$\begin{aligned} И_э &= N_{уст} \cdot h_{год} \cdot k_v \cdot k_n \cdot Ц_э + N_{уст} \cdot Ц_{кв} = \\ &= 48 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,1 + 48 \cdot 215 = 514 \text{ тыс.руб.}, \end{aligned} \quad (11.14)$$

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

K_v, K_n – коэффициенты времени и потерь эл. энергии;

$Ц_э$ – тариф на потребленную эл. энергию;

$Ц_{кв}$ – стоимость кВт на заявленную мощность.

5.3.6 Расчет заработной платы 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.

Таблица 5.3 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб/ПП
Старший машинист	3	17000	17000
Машинист котлов 4 разряда	2	16300	16300
Машинист котлов 3 разряда	1	16000	16000
Машинист багернойнасосной	6	15800	15800
Машинист насосных	3	15700	15700
Машинист обходчик по оборудованию	3	15500	15500
Котлочист	3	14500	4833,33
Зольщик	3	14100	4700
Слесарь по ремонту	2	14200	7100
Дежурный слесарь	6	13800	2300
Дежурный электрик	6	13800	2300
Электросварщик	6	14000	2333,33
Газосварщик	6	14100	2350
Газорезчик	6	14100	2350
Печник	3	14500	4833,33
Крановщик	6	13500	2250
Токарь	6	13800	2300
Кладовщик	3	12500	4166,67
Уборщица	3	5000	1666,67
Итого	34	268200	469600
Нач. цеха	1	19000	3166,67
Зам. нач. цеха	1	18200	3030,33
Нач. смены	3	17800	17800
Ст. мастер	1	16000	2666,67
Мастер	3	12000	2000
Итого	9	83000	28663,67
Всего по котельному цеху	43	351200	168447

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{осн}^{он} &= 3\Pi^{он} + 3\Pi^{он}(k_{дон} + k_{прем} + k_{рк}) = \\
 &= 139783,33 + 139783,33(0,2 + 0,43 + 2) = 507,4 \text{ тыс.руб.}, \quad (11.15)
 \end{aligned}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;
 $k_{прем}$ – коэффициент, учитывающий премии;
 $k_{рк}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала :

$$П_{доп}^{он} = 0,8 \cdot 3П^{он} = 0,8 \cdot 139783,33 = 11,18 \text{ тыс.руб.} \quad (11.16)$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$П_{общ}^{он} = П_{осн}^{он} + П_{доп}^{он} = 507,4 + 11,18 = 519,2 \text{ тыс.руб.} \quad (11.17)$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned} П_{осн}^{рук} &= 3П^{рук} + 3П^{рук}(k_{прем} + k_{рк}) = \\ &= 28663,67 + 28663,67(0,43 + 2) = 98,3 \text{ тыс.руб.} \end{aligned} \quad (11.18)$$

$k_{прем}$ – коэффициент учитывающий премии;

$k_{рк}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$П_{доп}^{рук} = 0,08 \cdot 3П^{рук} = 0,08 \cdot 28663,67 = 2,29 \text{ тыс.руб.} \quad (11.19)$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$П_{общ}^{рук} = П_{осн}^{рук} + П_{доп}^{рук} = 98,3 + 2,29 = 100,6 \text{ тыс.руб.} \quad (11.20)$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{зн} = 12(П_{общ}^{он} + П_{общ}^{рук}) = 12(519,2 + 100,6) = 7437,5 \text{ тыс.руб.} \quad (11.21)$$

5.3.7 Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$ОСЦ = 0,3 \cdot 3П_{общ} = 0,3 \cdot 7437,5 = 2231,2 \text{ тыс.руб.} \quad (11.22)$$

5.3.8. Расчет прочих расходов

Прочие расходы принимаются как 12 % от ранее найденных годовых эксплуатационных расходов.

Таким образом, можно рассчитать эксплуатационные расходы. Данные расчетов представлены в таблице 5.4

Таблица 5.4. – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	474445,4	86,1
Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	5766	1,0
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	1153	0,2
Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	2647,7	0,5
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	541	0,1
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	7437,5	1,3
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	2231,2	0,4
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	59039	10,7
Итого	$I_{\text{год}}$	551029	100,0

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (86,1 % от общих затрат). Следующими по значимости являются заработные платы и прочие расходы. Таким образом, определяющим фактором в величине эксплуатационных расходов является сжигаемое топливо, а именно: его стоимость, качество, транспортный тариф, дальность расположения от станции и сложности в транспортировке и хранении.

Себестоимость выработанной тонны пара:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}} / D_{\text{год}} = 551029927,566 / 1495000 = 368,5 \text{ руб./т}, \quad (11.23)$$

где $D_{\text{год}}$ – тонн пара произведенных за год, $D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 230 = 1495000 \text{ т}$.

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}} / D_{\text{отп}} = 551029927,566 / 1420250 = 387,981 \text{ руб./т}, \quad (11.24)$$

где $D_{\text{отп}}$ – отпущенный пар, $D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{с.н}} = 1420250 \text{ т}$,

$D_{\text{с.н}}$ – годовой расход пара на собственные нужды (5 % от $D_{\text{год}}$).

5.4. Сравнение себестоимости с тарифом.

По данным РЭК Сахалинской области, тариф на тепловую энергию для населения составляет в среднем по области 2000 руб. за 1 Гкал (с НДС).

В пересчете на тонну пара получим:

$$1\text{т пара (13,6 МПа, 555}^{\circ}\text{C)} = 3,5 \text{ Гкал}; \quad (11.25)$$

$$3,5 \cdot 2000 = 7000 \text{ руб.} \quad (11.26)$$

Таким образом, стоимость 1т пара составляет приблизительно 7000 руб., а в проекте $\text{Cотп} = 387,981 \text{ руб./т}$, что значительно дешевле

Расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов, а так же анализ конкурентных технических решений позволили доказать и обосновать технико-экономическую целесообразность эксплуатации спроектированной установки. Благодаря этому можно избежать излишних затрат, а так же повысить конкурентоспособность и надежность котлоагрегата.