

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование парового котла типа Е паропроизводительностью 320 т/час для реконструкции Артемовской ТЭЦ

УДК 621.181.12.001.13:621.311.22.002.5(571.63)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Крюков Денис Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гиль А.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Попова. С.Н.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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



Институт Энергетический

Направление подготовки (специальность) 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ПГС и ПГУ

_____ А.С. Заворин

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Крюкову Денису Александровичу

Тема работы:

Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 320 т/ч для реконструкции
 Артемовской ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

7.06.16

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Паропроизводительность $D = 320$ т/ч; Давление в барабане $P_6 = 15,5$ МПа; Давление перегретого пара $P_{пп} = 14,0$ МПа; Температура перегретого пара $t_{пп} = 555$ °С; Температура питательной воды $t_{пв} = 235$ °С; Сжигаемое топливо Партизанский Ж (№111); Рабочая влажность $W_t^r = 6\%$; Рабочая зольность $A^r = 26\%$; Величина непрерывной продувки $p = 2,9\%$.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Введение (с обоснованием актуальности темы и цели работы) 2 Тепловой расчет топочной камеры 3 Тепловой расчет поверхностей нагрева парового котла 4 Гидродинамический расчет контура циркуляции парового котла 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность 7 Заключение, в т.ч. на иностранном языке.
Перечень графического материала	Продольный разрез котла (чертеж общего вида; формат А1) – 1 лист; Поперечные разрезы котла (чертеж общего вида; формат А1) – 1 лист; Горизонтальный разрез котла и вид сверху (чертеж общего вида; формат А1 или А2) – 1 лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гиль А.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Крюков Денис Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5B211	Крюкову Денису Александровичу

Институт	Энергетический	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 – 1300 руб/т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 2,1 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 210 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Паропроизводительность котла – 320 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 48 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 6,72 т/час.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды – 30%; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и реновацию – 3,7%.
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):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Крюков Денис Александрович		

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>
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>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
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, осуществлять монтажно-наладочные и сервисно-эксплуатационные работы на энергетических объектах после непродолжительной профессиональной адаптации	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>
P11	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 164 страниц, 12 таблиц, девяти источников, четырех рисунков, четырех приложений, трех листов графического материала.

Ключевые слова: паровой котел, теплоэлектроцентраль, контур циркуляции, топливо, поверхности нагрева, тепловой расчет.

Объектом исследования является паровой котел типа Е паропроизводительностью 320 т/час, давлением перегретого пара 14 МПа, температурой перегретого пара 555°C, с твердым шлакоудалением. Топливо – каменный уголь партизанского бассейна марки Ж.

Цель работы: спроектировать паровой котел для реконструкции Артемовской ТЭЦ.

В ходе выполнения работы проводились поверочный и конструкторский тепловые расчеты, методом последовательных приближений, с последующим уточнением значений.

Задачи: выбор горелочных устройств; выбор способа шлакоудаления; принятие основных конструктивных решений касательно поверхностей нагрева котла; гидродинамический расчет контура циркуляции; проектировка чертежей: продольный разрез котла, поперечные разрезы котла, горизонтальный разрез котла, вид сверху, расчетная схема контура циркуляции.

В результате, посредством проведенных расчетов, спроектирован паровой котел Е-320-14-555 КТ.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: глубина топочной камеры 12,126 м; ширина 8,523 м; габариты котельной установки по осям колонн: 16,6 х 23,4 м; высота котельной установки 38,2 м.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

ТШУ – твердое шлакоудаление;

ПК – предохранительный клапан;

ММ – молотковая мельница;

ПГ – парогенератор.

Содержание

Введение.....	12
Актуальность.....	13
2 Тепловой расчет топочной камеры.....	14
2.1 Выбор способа шлакоудаления.....	14
2.2 Выбор углеразмольных мельниц.....	15
2.3 Выбор схемы пылеприготовления.....	16
2.4 Выбор и компоновка горелочных устройств.....	16
3 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева котла.....	18
4 Гидродинамический расчет контура циркуляции парового котла..	19
4.1 Разделение экранов топочной камеры на испарительные панели	19
4.2 Распределение тепловой нагрузки по контурам циркуляции.....	19
4.3 Обоснование выбора расчетного контура циркуляции.....	31
4.4 Расчет естественной циркуляции в расчетном контуре.....	32
4.5 Оценка надежности циркуляции в расчетном контуре.....	49
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
5.1 Анализ конкурентоспособности технических решений.....	54
5.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата.....	56
5.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел..	57
5.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов.....	59
6 Социальная ответственность.....	65
Заключение.....	77
Список использованной литературы.....	79
Приложение А.....	80
Приложение Б.....	97
Приложение В.....	98
Приложение Г.....	166

Введение

Современные условия жизни и деятельности человека ставят жесткие требования к современной теплоэнергетике. Требования к теплоэнергетическому оборудованию высоки. Необходим более высокие эксплуатационные характеристики. Это и снижение вредных выбросов в атмосферу Земли, и повышение КПД теплоэнергетической установки, и снижение металлоемкости при повышении производительности, и множества других не менее важных параметров.

Установки, установленные несколько десятилетий назад, имеют коэффициент полезного действия ниже современных, КПД которых составляет 92–98 %, что дает значительную экономию топлива. Таким образом, любая реконструкция котельной с последующей заменой котлоагрегатов позволяет получить значительную экономию топлива до 20–25 %. В настоящее время данный фактор занимает не маловажную роль при дефиците топлива.

Целью данной работы является проектировка парового котла типа Е паропроизводительностью 320 т/час для реконструкции Артемовской ТЭЦ и освоение методики расчета котельной установки.

Полученные в работе практические результаты в дальнейшем могут быть использованы для учебных, научных и исследовательских целей.

1 Актуальность

Артемовская ТЭЦ, введенная в эксплуатацию в 1936 году, является одной из первых станций в Приморском крае. На станции установлено 8 котлов марки БКЗ-220-100Ф, работающих на привозном каменном угле. Таким образом, можно сделать вывод о том, что станции необходима реконструкция в связи с продолжительностью эксплуатации. Проектным является котел Е-320-14-555, работающий на каменном угле Партизанского бассейна марки Ж, что в свою очередь обеспечивает удобство ввиду относительно небольшой дальности от Артемовской ТЭЦ.

В условиях рыночной экономики устойчивое развитие предприятия может быть обеспечено только при поддержании его финансовой системы на соответствующем уровне. 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 оценка конкурентоспособности разработки, а так же расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемого котельного агрегата.

5.1 Анализ конкурентоспособности технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, проводится систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.1. Для сравнения выбраны проектируемый котел Е–320-14-555 КТ и котел БКЗ-220-100 Ф на Артемовской ТЭЦ ОАО «Дальневосточная генерирующая компания».

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) [5]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{кл}	К _ф	К _{кл}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,07	3	2	0,21	0,14
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	4	3	0,52	0,39
Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12
Энергоэкономичность	0,10	3	3	0,30	0,30
Надежность	0,20	4	3	0,80	0,60
Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
Безопасность	0,20	4	3	0,80	0,60
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,04	1	1	0,04	0,04
Цена	0,06	2	2	0,12	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	0,50	0,40
Итого	1,00	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 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:

$$K = \sum B_i B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Уязвимость позиции конкурентов обусловлена главным образом устареванием эксплуатируемого оборудования и его износом. Следовательно, предполагаемый срок эксплуатации у конкурентного оборудования будет меньше.

Главное конкурентное преимущество разработки – её новизна. Это делает её более надежной в сравнении с конкурентом, а также более легкой в эксплуатации, что способствует повышению производительности труда рабочих. Удобство в эксплуатации так же сказывается на стоимости производимого пара в сторону её удешевления.

5.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата

Паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является Партизанский уголь марки Ж.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-320-14-555-КТ.

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	320
Давление перегретого пара	P _{пп}	МПа	14
Температура перегретого пара	t _{пп}	°С	555
Температура питательной воды	t _{пв}	°С	235
Температура уходящих газов	ϑ _{ух}	°С	125
КПД котла(брутто)	η _{ка}	%	91,93
Расчетный расход топлива	B _p	кг/с	10,28

5.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

$$\begin{aligned}
 K &= C_{\text{пол}} + C_{\text{пол}} \cdot \frac{P_{\text{н}}}{100} + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = \\
 &= 90272931,84 + 90272931,84 \cdot \frac{20}{100} + 1805458,63 + \\
 &\quad + 16249127,73 + 26847488 = 153229592,57 \text{ руб.},
 \end{aligned}
 \tag{5.2}$$

где C_{пол} – полная себестоимость ПГ;

P_н – средняя рентабельность по парогенераторостроению – 20 %);

K_{тр} – транспортно–заготовительные расходы (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 ПГ ставится в зависимость от его параметров, которые в качестве коэффициентов вводятся в данную формулу:

$$C_{\text{пол}} = D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = 320 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 135 = 90272931,84 \text{ руб.}, \quad (5.3)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого ПГ;

K_1 – паропроизводительность проектируемого ПГ (при паропроизводительности в 320 т/ч принимается равным 0,78);

K_2 – параметры пара (при перегреве пара до 555 °С и давлении до 14 МПа принимается равным 1);

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 1,12);

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 $K_{\text{пер}}=135$).

Удельная себестоимость ПГ выбранного за основу расчета:

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{м}} + K_{\text{обм}} = 7221834,54 + 9027293,18 = 16249127,73 \text{ руб.}, \quad (5.4)$$

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

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

Стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{ф}}, \quad (5.5)$$

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

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

В свою очередь:

$$K_{\text{зд}} = S_{\text{м}} \cdot k_{\text{дп}} \cdot C_{\text{зд}} \cdot h_{\text{кот}} = 237,16 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 42 = 23905728 \text{ руб.}; \quad (5.6)$$

$$K_{\text{ф}} = D \cdot k_{\text{ф}} = 320 \cdot 9193 = 2941760 \text{ руб.}; \quad (5.7)$$

где S_m - площадь парогенератора, m^2 ;
 $k_{дп}$ – коэффициент дополнительной площади, принимается $k_{дп} = 2$;
 $\Pi_{зд}$ = стоимость квадратного метра фундамента, руб. за кв. метр;
 $h_{кот}$ – высота котельного цеха (верхняя отметка ПГ+3–4м);
 $k_{ф}$ – коэффициент, учитывающий влияние производительности котла на стоимость фундамента, $k_{ф} = КПД \cdot 10^4$.

С учетом (5.6) и (5.7) стоимость строительства:

$$K_{стр.} = 23905728 + 2941760 = 26847488 \text{ руб.} \quad (5.8)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	90273	59,61
Затраты на монтаж	7221	4,77
Затраты на обмуровку	9027	5,96
Стоимость строительства	26847	17,74
Транспортно-заготовительные расходы	1805	1,19
Наценка на ПГ	18056	10,73
Общие капитальные вложения	153229	100,00

5.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

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

$I_{топ}$ – затраты на топливо;

I_a – амортизационные расходы;

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

I_v – затраты на воду;

$I_э$ – затраты на электроэнергию (на собственные нужды);

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

$I_{пр}$ – прочие расходы.

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

$$I_{\text{год}} = I_{\text{год}} + I_a + I_{\text{тр}} + I_v + I_3 + I_{\text{зп}} + I_{\text{п}}. \quad (5.9)$$

1.4.1 Расчет затрат на топливо

$$I_{\text{год}} = B_p \cdot h_{\text{год}} (1 + B_{\text{пот}}/100) \cdot \text{Ц}_{\text{тнт}} = 37 \cdot 6500 \cdot (1 + 6/100) \cdot 2000 = 509860 \text{ тыс. руб.}, \quad (5.10)$$

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

$$B_p = 10,28 \text{ кг/с} = 37 \text{ т/ч};$$

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

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

$\text{Ц}_{\text{тнт}}$ – цена натурального топлива, с учетом доставки 1300 руб/т.

1.4.2 Расчет амортизационных отчислений

$$I_a = p_n \cdot K = 0,037 \cdot 153229 = 5669,473 \text{ тыс. руб.}, \quad (5.11)$$

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

K – капитальные вложения.

1.4.3 Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 5669,473 = 1133,98 \text{ тыс. руб.}, \quad (5.12)$$

1.4.4 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:

$$I_v = D_v \cdot h_{\text{год}} \cdot \text{Ц}_v = 6,72 \cdot 6500 \cdot 73 = 3188,6 \text{ тыс. руб.}, \quad (5.13)$$

где D_v – часовой расход воды, т/час;

Ц_v – стоимость воды с учетом химводоочистки.

1.4.5 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$I_{\text{э}} = N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot \text{Ц}_{\text{кв}} =$$

$$= 48 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,1 + 48 \cdot 210 = 540,7 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.14)$$

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

$K_{\text{в}}, K_{\text{п}}$ – коэффициенты времени и потерь эл. энергии;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на потребленную эл. энергию;

$\text{Ц}_{\text{кв}}$ – стоимость кВт на заявленную мощность.

1.4.6 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 5.4.

Таблица 5.4 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб/ПГ
1	2	3	4
Старший машинист	3	17000	17000,00
Машинист котлов 4 разряда	2	16300	16300,00
Машинист котлов 3 разряда	1	16000	16000,00
Машинист багерной насосной	6	15800	15800,00
Машинист насосных	3	15700	15700,00
Машинист обходчик по оборудованию	3	15500	15500,00
Котлочист	3	14500	4833,33
Зольщик	3	14100	4700,00
Слесарь по ремонту	2	14200	7100,00
Дежурный слесарь	6	13800	2300,00
Дежурный электрик	6	13800	2300,00

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4
Электросварщик	6	14000	2333,33
Газосварщик	6	14100	2350,00
Газорезчик	6	14100	2350,00
Печник	3	14500	4833,33
Крановщик	6	13500	2250,00
Токарь	6	13800	2300,00
Кладовщик	3	12500	4166,67
Уборщица	3	5000	1666,67
Итого	34	268200	469600,00
Нач. цеха	1	19000	3166,67
Зам. нач. цеха	1	18200	3030,33
Нач. смены	3	17800	17800,00
Ст. мастер	1	16000	2666,67
Мастер	3	12000	2000,00
Итого	9	83000	28663,67
Всего по котельному цеху	43	351200	168447,00

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$П_{осн}^{оп} = 3П^{оп} + 3П^{оп}(k_{доп} + k_{прем} + k_{рк}); \quad (5.15)$$

$$П_{осн}^{оп} = 139783,33 + 139783,33(0,2 + 0,43 + 0,3) = 269,78 \text{ тыс. руб.},$$

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

$k_{прем}$ – коэффициент, учитывающий премии;

$k_{рк}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала:

$$П_{доп}^{оп} = 0,8 \cdot 3П^{оп} = 0,8 \cdot 139783,33 = 11,18 \text{ тыс. руб.} \quad (5.16)$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$П_{общ}^{оп} = П_{осн}^{оп} + П_{доп}^{оп} = 269,78 + 11,18 = 280,97 \text{ тыс. руб.} \quad (5.17)$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned} П_{осн}^{рук} &= 3П^{рук} + 3П^{рук}(k_{прем} + k_{рк}) = \\ &= 28663,67 + 28663,67(0,43 + 0,3) = 49,59 \text{ тыс. руб.} \end{aligned} \quad (5.18)$$

$k_{прем}$ – коэффициент учитывающий премии;

$k_{рк}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$П_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,08 \cdot ЗП^{\text{рук}} = 0,08 \cdot 28663,67 = 2,29 \text{ тыс. руб.} \quad (5.19)$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$П_{\text{общ}}^{\text{рук}} = П_{\text{осн}}^{\text{рук}} + П_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 49,59 + 2,29 = 51,88 \text{ тыс. руб.} \quad (5.20)$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{\text{зп}} = 12(П_{\text{общ}}^{\text{оп}} + П_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12(280,97 + 51,88) = 3994,2 \text{ тыс. руб.} \quad (5.21)$$

1.4.7 Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$ОСЦ = 0,3 \cdot ЗП_{\text{общ}} = 0,3 \cdot 3994,2 = 1198,26 \text{ тыс.руб.} \quad (5.22)$$

1.4.8 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 5.5.

Таблица 5.5 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	509860,00	94,5
Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	5669,00	1,0
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	1133,80	0,2
Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	3188,60	0,5
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	540,70	0,1
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	3994,20	0,7
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	1198,26	0,2
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	13742,24	2,5
Итого	$I_{\text{год}}$	539326,80	100,0

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (94,5 % от общих затрат). Следующими по значимости являются прочие расходы и амортизационные отчисления. 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:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}}/D_{\text{год}} = 539326,8/2080000 = 259,29 \text{ руб./т}, \quad (5.23)$$

где $D_{\text{год}}$ – тонн пара произведенных за год, $D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 320 = 2080000 \text{ т}$.

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{топ}} = I_{\text{год}}/D_{\text{отп}} = 168597,4/1667250 = 272,93 \text{ руб./т}, \quad (5.24)$$

где $D_{\text{отп}}$ – отпущенный пар,

$$D_{\text{топ}} = D_{\text{год}} - D_{\text{сн}} = 2080000 - 104000 = 19760000 \text{ т}, \quad (5.25)$$

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

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

Список использованной литературы

- 1 Липов Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парового котла: Учебное пособие для вузов. / Ю. Ф. Самойлов, Т. В. Виленский. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208с., ил.
- 2 Фурсов И. Д. Конструирование и тепловой расчет паровых котлов: Учеб.пособие для студентов вузов. Издание второе, переработанное и дополненное / Коновалов В. В. Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова/. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 191 с., ил.
- 3 Кисельгоф М. Л. Расчет и проектирование пылеприготовительных установок котельных агрегатов: (Нормативные материалы). / Соколов Н. В. – Л.,1971.-310с.
- 4 Тепловой расчет котлов. Нормативный метод / Издание 3-е, переработанное и дополненное – СПб: Издательство НПО ЦКТИ, 1998г. – 257 с., с ил.
- 5 Лебедев И.К. Гидродинамика паровых котлов: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 240 с., ил.
- 6 О.М.Балдина. Гидравлический расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. / В.А.Локшин. – М.: Энергия, 1978. – 256 с., ил.
- 7 Кукин Н.П. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарёв. – М.: Высшая школа, 2001. - 319 с., ил.
- 8 Федеральные законы // Трудовой кодекс РФ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.trudkod.ru.html>, свободный, (дата обращения 12.06.2016).
- 9 Нормы освещенности по СНиП 23-05-95 // Энергосберегающие системы и оборудование. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esso39.ru/norma.php>, свободный (дата обращения 02.05.2016)
- 10 Расчет валовых выбросов вредных веществ ТЭС. Сост. Н.В. Визгавлюст, Р.Н. Кулеш, К.В. Буваков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд.-во Томский политехнический университет, 2012. – 20с

