

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 210 т/ч для замены выработавших ресурс котлов Челябинской ТЭЦ-1

УДК 621.182.001.13.004:621.311.22.002.2 (470.55)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Астафьев Александр Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ПГС и ПГУ	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н., профессор		

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.		



Институт Энергетический
 Направление подготовки Энергетическое машиностроение
 Кафедра Парогенераторостроение и парогенераторные установки

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Астафьеву Александру Владимировичу

Тема работы:

Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 210 т/ч для замены выработавших ресурс котлов Челябинской ТЭЦ-1	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	01.02.2016 г. № 601/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Сжигаемое топливо: уголь 3Б Челябинского месторождения; характеристики рабочей массы $W^r=20\%$; $A^r=35\%$. Параметры котла: паропроизводительность – 58,3 кг/с (210 т/ч); давление в барабане – 12,4 МПа; давление перегретого пара – 11,0 МПа; температура перегретого пара – 510 °С; температура питательной воды – 210 °С; величина непрерывной продувки – 2,5 %.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение (обоснование актуальности и цели работы). 2. Характеристика практической направленности проекта. Обоснование задач проектирования. 3. Обоснование принимаемых технических решений по котлу и котельной установке с учётом свойств топлива. 4. Тепловой расчёт и конструирование топочной камеры. 5. Тепловой расчёт и конструирование поверхностей нагрева тракта дымовых газов. 6. Гидродинамический расчёт контура циркуляции. 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8. Социальная ответственность. 9. Заключение.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общие виды котла – 3 листа (формат А1); 2. Чертежи контура и диаграмма естественной циркуляции – 1 лист (формат А1).
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
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:	
Все разделы выполняются на русском языке, заключение может быть составлено как на русском, так и на английском языке.	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ПГС и ПГУ	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н., профессор		08.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Астафьев Александр Владимирович		08.02.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 157 страниц, четырёх рисунков, семи источников, 15 таблиц, четырёх приложений.

Ключевые слова: Паровой котёл, котельная установка, продукты сгорания, топливо, поверхность нагрева, топочная камера, барабан, тепловой расчёт, энтальпия.

Объект проектирования: котельная установка с паровым котлом Е-210-11,0-510 БТ.

Цель работы: разработка проекта котельной установки с паровым котлом Е-210-11,0-510 для работы в энерготехнологическом процессе Челябинской ТЭЦ-1.

В процессе работы проводились:

- выбор и обоснование технических решений по котлу и котельной установке;
- тепловой расчёт и конструирование топочной камеры и поверхностей нагрева;
- гидродинамический расчёт наиболее опасного контура циркуляции;
- расчёт капитальных вложений в котёл и годовых эксплуатационных издержек.

В результате работы получены следующие результаты:

- выбрана тепловая схема котла;
- определены геометрические размеры всех поверхностей нагрева котла и топочной камеры;
- оценена надёжность циркуляции в расчётном контуре;
- определены капитальные вложения и годовые издержки.

Работа выполнена с помощью программ: Microsoft Office, Mathcad, КОМПАС 3D.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использованы следующие нормативные ссылки:

- 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 чертёжные.

- 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.

- СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.

- СНиП П-12-77. Защита от шума.

- СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

- СН 2.2.4/2.1.8.556-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

- ГОСТ 12.2.003-91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

Основные термины, которые применены в работе, и их определения:

- Паровой котёл – устройство, в котором для получения пара требуемых параметров, используется теплота сгорания топлива.

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

- Топочная камера – Устройство котла, предназначенное для сжигания органического топлива с целью получения высоконагретых продуктов сгорания.

- Энтальпия – свойство вещества, указывающее количество энергии, которое можно преобразовать в теплоту.

- Рекуперативный воздухоподогреватель – устройство для нагрева холодного воздуха, работающее с неподвижной поверхностью нагрева, через которую непрерывно передаётся тепло от продуктов сгорания к воздуху.

- Водяной экономайзер – устройство для подогрева питательной воды уходящими газами перед подачей в котёл.

- Барабан – устройство, предназначенное для разделения пароводяной смеси на пар и воду.

- Контур циркуляции – часть гидродинамической схемы, по которой идёт движение двухфазного потока.

В ходе работы использованы следующие сокращения:

ТЭЦ - теплоэлектроцентраль

ОП – опускная труба;

ПО – пароотводящая труба;

РПП – радиационный пароперегреватель;

КПП – конвективный пароперегреватель;

ШПП – ширмовый пароперегреватель;

ВЭ_{1,2} – водяной экономайзер первой и второй ступеней;

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

Оглавление

	С.
Задание	2
Реферат	4
Оглавление	7
Введение	8
1. Обзор литературы	9
2. Объект и методы исследования	10
3. Выбор технических решений по котлу, тепловой расчёт, гидродинамический расчёт контура циркуляции	11
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	37
5. Социальная ответственность	50
Заключение	64
Список используемых источников	67
Приложение А. Тепловой расчёт топочной камеры	69
Приложение Б. Энтальпии воздуха и продуктов сгорания	89
Приложение В. Тепловой расчёт поверхностей нагрева	90
Приложение Г. Гидродинамический расчёт контура циркуляции	152
Графический материал	
ФЮРА.311233.004 ВО. Котёл паровой Е-210-11,0-510 БТ (поперечный разрез)	
ФЮРА.311233.005 ВО. Котёл паровой Е-210-11,0-510 БТ (продольные разрезы)	
ФЮРА.311233.006 ВО. Котёл паровой Е-210-11,0-510 БТ (горизонтальный разрез, вид сверху)	
ФЮРА.311233.007. Контур циркуляции и диаграмма естественной циркуляции	

Введение

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетике опережают темпы развития других отраслей [1].

Структура мирового хозяйства показывает, что 80 % потребляемой электроэнергии получают на электростанциях путём сжигания топлива, такого как уголь, мазут и природный газ. Ощутимый вклад даёт гидроэнергетика, а всё остальное покрывается атомными электростанциями [2].

Главная проблема – истощение природных месторождений при прогнозируемых темпах их разработки. Другим фактором, ограничивающим значительное увеличение объёмов выработки энергии за счет сжигания топлива, является все возрастающее загрязнение окружающей среды отходами энергетического производства [1]. Поэтому, актуальным становится широкое использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, к которым относятся солнечная энергия, энергия ветра, энергия биомассы и другое.

Однако, несмотря на эти проблемы, в ближайшем будущем основным источником энергии останутся углеводородные топлива и ядерные горючие [2], поэтому целью данного проекта является разработка парового котла, работающего на буром угле, для замены котлов на Челябинской ТЭЦ-1.

К особенностям данного топлива, требующим применения конструктивных решений, относится высокая реакционная способность и высокая зольность [3]. Эти характеристики требуют правильного выбора горелочных устройств и оборудования для размолва топлива.

Главная цель работы – наиболее эффективная и рациональная компоновка элементов котельной установки.

1 Обзор литературы

Ввиду того, что энергетическая отрасль, в частности котлостроение, является важной составляющей промышленности и экономики государства, данной тематике посвящено очень много работ и публикаций [4].

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

Применительно к данной работе, используются различные нормативные методы: тепловой расчёт [3], гидравлический расчёт [5] и аэродинамический расчёт [6] котельных установок. Кроме того, при выборе технических решений и конструировании поверхностей нагрева использованы учебные пособия Фурсова И.Д. и Липова Ю.М. [7]

В разделе социальная ответственность для составления рекомендаций по правильной эксплуатации котельной установки использовано пособие Деева Л.В. и Балахничева Н.А. «Котельные установки и их обслуживание» [8].

Несмотря на то, что современные источники являются переизданными советскими с некоторыми дополнениями, они содержат актуальную и достаточную для конструкторской деятельности информацию.

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является паровой котёл с естественной циркуляцией паропроизводительностью 210 тонн пара в час с параметрами перегретого пара давлением 11 МПа и температурой 510 °С, работающий на челябинском буром угле. Рассматривается работа этого котла в составе котельной установки на Челябинской ТЭЦ-1.

В ходе работы выбирается компоновка поверхностей котельного агрегата путём теплового расчёта. Тепловой расчёт проводится двумя методами: конструкторским и поверочным. Суть конструкторского метода заключается в нахождении по известному тепловосприятию необходимых геометрических параметров поверхности. Поверочный метод заключается в нахождении методом последовательных итераций тепловосприятия поверхности по известным геометрическим параметрам [3].

Оценка надёжности естественной циркуляции проводилась путём графоаналитического метода [9]. После определения необходимых конструктивных характеристик и тепловосприятий определяется полезный напор в контуре, а затем с помощью диаграммы циркуляции определяется расчётный расход.

Экономическая эффективность спроектированного котлоагрегата проводилась путём расчёта годовых эксплуатационных издержек и сравнения полученной стоимости тонны пара с тарифами на тепло в области, для которой проводились расчёты [10].

При рассмотрении вопросов социальной ответственности объектом исследований являлся котельный цех, для которого изучены возможные вредные и опасные производственные факторы и даны рекомендации по уменьшению их последствий.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Астафьев Александр Владимирович

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	бакалавриат	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 – 1200 руб.; цена натурального топлива – 1900 руб/т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 2,74 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 210 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Паропроизводительность котла – 210 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 80 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 2,5 % 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 – 3,7%.</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	08.02.2016 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		08.02.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Астафьев Александр Владимирович		08.02.2016 г.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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.

3.1 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, её конкурентоспособность, 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 3.1. Для сравнения выбраны проектируемый котел Е-210-11,0-510 и котел БКЗ-210-140, установленный на Челябинской ТЭЦ-1.

Для составления оценочной карты, исходя из объектов сравнения и их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации, выбираются критерии оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Выбранные критерии оцениваются по пятибалльной шкале для разрабатываемого и конкурентного решений, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная, при этом веса критериев в сумме должны составлять 1.

Далее определяется конкурентоспособность по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i, \quad (3.1)$$

где V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

Анализ таблицы позволяет увидеть, что по большинству пунктов разрабатываемое решение превосходит конкурентное.

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

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия, B_i	Баллы		Конкурентоспособность	
		Проектируемый котёл	Котёл на ТЭЦ ОАО «ДГК»	Проектируемый котёл	Котёл на ТЭЦ ОАО «ДГК»
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,07	4	2	0,28	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	0,1	4	3	0,4	0,3
Надежность	0,2	4	3	0,8	0,6
Уровень шума	0,04	3	1	0,12	0,04
Безопасность	0,2	5	3	1	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,03	4	2	0,12	0,06
Уровень проникновения на рынок	0,04	3	1	0,12	0,04
Цена	0,06	3	2	0,18	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	0,5	0,3
Итого	1	43	27	4,16	2,71

Главное конкурентное преимущество разработки – её новизна. Это делает её более надежной в сравнении с конкурентом, а так же более легкой в эксплуатации, что способствует повышению производительности

труда рабочих. Удобство в эксплуатации так же сказывается на стоимости производимого пара в сторону её удешевления.

3.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата

В данном проекте рассматривается паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является бурый уголь 3Б челябинского бассейна. Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-210-11,0-510

Характеристика	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	210
Давление перегретого пара	$P_{пп}$	МПа	11
Температура перегретого пара	$t_{пп}$	$^{\circ}C$	510
Температура питательной воды	$t_{пв}$	$^{\circ}C$	210
Температура уходящих газов	$\vartheta_{ух}$	$^{\circ}C$	140
КПД котла (брутто)	η_k	%	90,98
Расход топлива, подаваемого в топку	B	кг/с	12,97

3.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

$$K = C_{\text{пол}} + \frac{C_{\text{пол}} \cdot P_{\text{н}}}{100} + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = 79104,9 \frac{\text{тыс. руб.}}{\text{т/ч}}, \quad (3.2)$$

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

$P_{\text{н}}$ – средняя рентабельность по парогенераторостроению (принимается равной 20 %),

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

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

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

Себестоимость изготовления парогенератора зависит от его параметров и рассчитывается как произведение коэффициентов:

$$C_{\text{пол}} = D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}}, \quad (3.3)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого парогенератора;

K_1 – коэффициент, учитывающий паропроизводительность, согласно [10] при $D=210$ т/ч: $K_1 = 0,8$;

K_2 – коэффициент, учитывающий параметры пара, согласно [10] при температуре перегретого пара 510 °С и давлении 11 МПа: $K_2 = 0,78$;

K_3 – коэффициент, учитывающий перегрев пара, согласно [10] при отсутствии промежуточного перегрева: $K_3 = 1$;

K_4 – коэффициент, учитывающий способ поставки, согласно [10] при поставке блоками: $K_4 = 1,15$;

K_5 – коэффициент, учитывающий вид топлива, согласно [10] при сжигании бурых углей: $K_5 = 1,12$;

K_6 – коэффициент, учитывающий компоновку парогенератора, согласно [10] при П-образной компоновке: $K_6 = 1,04$;

K_7 – коэффициент, учитывающий число корпусов, согласно [10] для однокорпусного парогенератора: $K_7 = 1$;

K_8 – коэффициент, учитывающий тип парогенератора, согласно [10] для барабанных котлов: $K_8 = 1$;

$K_{пер}$ – коэффициент пересчета на современные цены: $K_{пер} = 120$.

Подставив значения, получено:

$$C_{пол} = 42127368,19 \frac{\text{руб.}}{\text{т/ч}}$$

Транспортно-заготовительные расходы:

$$K_{тр} = 0,02 \cdot 42127368,19 = 842547,36 \frac{\text{руб.}}{\text{т/ч}} \quad (3.4)$$

Сопутствующие затраты у потребителя [10]:

$$K_{пот} = K_m + K_{обм} = 0,18 \cdot 42127368,19 = 7582926,27 \frac{\text{руб.}}{\text{т/ч}}, \quad (3.5)$$

где K_m – затраты на монтаж (8% от себестоимости котла);

$K_{обм}$ – затраты обмуровку (10% от себестоимости котла).

Затраты на строительство [10]:

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф} = 20126580 \frac{\text{руб.}}{\text{т/ч}}, \quad (3.6)$$

где $K_{зд}$ – стоимость здания, приходящаяся на парогенератор, определяется по формуле:

$$K_{зд} = S_{пг} \cdot k_{дп} \cdot C_{зд} \cdot h_{кот}, \quad (3.7)$$

где $S_{пг} = 165 \text{ м}^2$ – площадь парогенератора (ФЮРА.311233.004 ВО);

$k_{дп} = 2,3$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь [10];

$C_{зд} = 1200 \text{ руб./м}^2$ – стоимость квадратного метра фундамента (задание),

$h_{\text{кот}} = 40$ м – высота котельного цеха, принимается равной верхней отметке котла с запасом 3-4 метра.

$$K_{\text{зд}} = 165 \cdot 2,3 \cdot 1200 \cdot 40 = 18216000 \frac{\text{руб.}}{\text{т/ч}}$$

$K_{\text{ф}}$ – стоимость фундамента, определяется по формуле:

$$K_{\text{ф}} = D \cdot k_{\text{ф}} = 210 \cdot 0,9098 \cdot 10^4 = 1910580 \frac{\text{руб.}}{\text{т/ч}}, \quad (3.8)$$

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

Полученные результаты сведены в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс. руб.	%
Себестоимость парогенератора	42127,37	53,2
Затраты на монтаж	3370,19	4,3
Затраты на обмуровку	4212,74	5,3
Стоимость строительства	20126,58	25,4
Транспортно-заготовительные расходы	842,55	1,2
Наценка на ПГ	8425,47	10,6
Общие капитальные вложения	79104,9	100

3.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Расходы, составляющие себестоимость продукции парогенератора, в данном случае – пара, 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 персонала;

$I_{\text{сн}}$ – отчисления на социальные нужды;

$I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

Следовательно, формула для определения расходов на производство пара будет иметь вид:

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_{\text{а}} + I_{\text{т.р.}} + I_{\text{в}} + I_{\text{э}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{сн}} + I_{\text{пр}}. \quad (3.9)$$

Затраты на топливо:

$$I_{\text{топ}} = B \cdot h_{\text{год}} \cdot \frac{100 + B_{\text{топ}}}{100} \cdot C_{\text{т}}, \quad (3.10)$$

где B – часовой расход натурального топлива (приложение А);

$h_{\text{год}}$ – число часов использования установленной мощности [10];

$B_{\text{топ}}$ – суммарная величина потерь топлива на территории котельной в % от годового потребления топлива [10];

$C_{\text{т}}$ – цена тонны топлива с учётом доставки [10].

$$I_{\text{топ}} = 46,692 \cdot 6500 \cdot \frac{100 + 7,25}{100} \cdot 1900 = 618453,05 \text{ тыс. руб.}$$

Амортизационные отчисления:

$$I_{\text{а}} = p_{\text{н}} \cdot K = 0,037 \cdot 79104,9 = 2926,88 \text{ тыс. руб.}, \quad (3.11)$$

где $p_{\text{н}}$ – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт и реновацию.

Затраты на текущий ремонт:

$$I_{\text{т.р.}} = 0,2 \cdot I_{\text{а}} = 0,2 \cdot 2926,88 = 585,38 \text{ тыс. руб.} \quad (3.12)$$

Затраты на воду, которая потребляется для добавки в цикл с целью компенсации потерь и для хозяйственных нужд, определяются исходя из пароводяного баланса котельного цеха:

$$I_{\text{в}} = D_{\text{в}} \cdot h_{\text{год}} \cdot C_{\text{в}} = 5,25 \cdot 6500 \cdot 85 = 2900,62 \text{ тыс. руб.}, \quad (3.13)$$

где $D_{\text{в}}$ – часовой расход воды (приложение А);

$C_{\text{в}}$ – стоимость воды с учётом химводоочистки.

Затраты на электроэнергию определяются по двухставочному тарифу:

$$I_{\text{э}} = N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot \text{Ц}_{\text{кв}}, \quad (3.14)$$

где $N_{\text{уст}}$ – установочная мощность токоприемников парогенератора;

$k_{\text{в}}, k_{\text{п}}$ – коэффициенты времени и потерь электроэнергии;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на потреблённую электроэнергию для коммерческих предприятий на первое полугодие 2016 г. в рассматриваемой области [11];

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

$$I_{\text{э}} = 80 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,74 + 80 \cdot 210 = 1170,89 \text{ тыс. руб.}$$

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха, отнесенной на один парогенератор. Прямая заработная плата определяется из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб/ПП
1	2	3	4
Старший машинист	3	25000	8333,33
Машинист котлов 4 разряда	2	18000	9000
Машинист котлов 3 разряда	1	16000	16000
Машинист багерной насосной	6	15000	2500
Машинист насосных установок	3	18000	6000
Машинист обходчик по оборудованию	3	15000	5000
Котлочист	3	14000	4666,67
Зольщик	3	14000	4666,67
Слесарь по ремонту	2	18000	9000
Дежурный слесарь	6	15000	2500
Дежурный электрик	6	15000	2500
Электросварщик	6	18000	3000
Газосварщик	6	18000	3000

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4
Газорезчик	6	15000	2500
Печник	3	14000	4666,67
Крановщик	6	16000	2666,67
Токарь	6	20000	3333,33
Кладовщик	3	12000	4000
Уборщица	3	12000	4000
Итого	36	554000	554000
Нач. цеха	12	28000	2333,33
Зам. нач. цеха	12	24000	2000
Нач. смены	12	24000	2000
Ст. мастер	12	22000	1833,33
Мастер	6	22000	3666,67
Итого	5	120000	71000
Всего по котельному цеху	41	674000	625000

Сумма расходов на заработную плату складывается из зарплат обслуживающего и управленческого персоналов, которые в свою очередь включают в себя основную и дополнительную зарплаты.

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$ЗП_{\text{осн}}^{\text{оп}} = ЗП^{\text{оп}} + ЗП^{\text{оп}} \cdot (k_{\text{доп}} + k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = 1623,22 \text{ тыс. руб.} \quad (3.15)$$

где $k_{\text{доп}} = 1,2$ – коэффициент, учитывающий доплаты до часового фонда времени;

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

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

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала:

$$ЗП_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,08 \cdot ЗП^{\text{оп}} = 0,08 \cdot 554 = 44,32 \text{ тыс. руб.} \quad (3.16)$$

Основная заработная плата управленческого персонала:

$$ЗП_{\text{осн}}^{\text{рук}} = ЗП^{\text{рук}} + ЗП^{\text{рук}} \cdot (k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = 207,6 \text{ тыс. руб.} \quad (3.17)$$

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$ЗП_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,08 \cdot ЗП^{\text{рук}} = 0,08 \cdot 120 = 9,6 \text{ тыс. руб.} \quad (3.18)$$

Суммарные затраты на заработную плату:

$$I_{зп} = 12 \cdot (ЗП_{общ}^{оп} + ЗП_{общ}^{рук}) = 12 \cdot (1667,54 + 217,2), \quad (3.19)$$

$$I_{зп} = 22616,88 \text{ тыс. руб.}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$I_{сн} = 0,3 \cdot I_{зп} = 0,3 \cdot 22616,88 = 6785,06 \text{ тыс. руб.} \quad (3.20)$$

Прочие расходы принимаются равными 12 % от выше рассчитанных расходов и составляют:

$$I_{пр} = 78652,65 \text{ тыс. руб.}$$

Все статьи эксплуатационных расходов сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Сумма, тыс. руб.	Уд. вес %
Затраты на топливо	$I_{топ}$	618453,05	84,2
Амортизационные отчисления	I_a	2926,88	0,4
Затраты на текущий ремонт	$I_{т.р.}$	585,38	0,1
Затраты на воду	I_v	2900,62	0,4
Затраты на электроэнергию	$I_э$	1170,89	0,2
Заработная плата	$I_{зп}$	22616,88	3,1
Отчисления на соц. цели	$I_{сн}$	6785,06	0,9
Прочие расходы	$I_{пр}$	78652,65	10,7
Итого	$I_{год}$	734091,41	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (84,3 % от общих затрат). Следующими по значимости являются расходы на заработную плату 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.

3.5 Себестоимость тонны пара

Выработанная тонна пара:

$$C_{\text{выр}} = \frac{I_{\text{год}}}{D_{\text{год}}} = 537,8 \frac{\text{руб.}}{\text{т}}, \quad (3.21)$$

где $D_{\text{год}}$ – количество тонн пара, произведённых за год.

Отпущенная тонна пара:

$$C_{\text{отп}} = \frac{I_{\text{год}}}{D_{\text{отп}}} = 566,1 \frac{\text{руб.}}{\text{т}}, \quad (3.22)$$

где $D_{\text{отп}} = 0,95 \cdot D_{\text{год}}$ – количество тонн отпущенного пара.

Необходимо сравнить себестоимость отпущенной тоны пары с тарифом на тепло в рассматриваемом регионе. Согласно сайту РЭК Челябинской области [11] средний тариф на тепло (с учётом НДС) на первое полугодие 2016 года составляет 1000-1500 руб./Гкал.

$$D_{\text{год}} = 210 \frac{\text{т}}{\text{ч}} \cdot 0,639 \frac{\text{Гкал}}{\text{т}} \cdot 6500 \frac{\text{ч}}{\text{год}} = 872235 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}, \quad (3.23)$$

$$C_{\text{отп}} = \frac{I_{\text{год}}}{0,95 \cdot D_{\text{год}}} = \frac{734091,41}{0,95 \cdot 872235} = 885,92 \frac{\text{руб.}}{\text{Гкал}} \quad (3.24)$$

С учётом этого можно сделать вывод о том, что себестоимость ниже тарифа на тепло, это свидетельствует о покрытии затрат доходами от продаж.