

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

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра ПГС и ПГУ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 270 т/час для новой очереди ТЭЦ Ачинского глиноземного комбината

УДК 621.311.22:697.34:621.181

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Иванцов Александр 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
Доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов И.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Иванцов Александр Александрович

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	бакалавриат	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 –1900 руб/т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 1,7 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 210 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Паропроизводительность котла – 270 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 48 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды – 20%; 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 кафедры Менеджмента	Попова Светлана Николаевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Иванцов Александр Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Иванцов Александр Александрович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (вредные вещества, освещение, шумы, вибрации,) – опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Территория котельной установки с главным объектом рассмотрения исследования – паровой котел. Необходимо поддержание: 1.1 нормативные уровни вибрации и шума; 1.2 нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности; 1.3 освещение и отопление требуют сжигания топлива на ТЭЦ, дающего выбросы в атмосферу ЗВ; 1.4 наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары), взрывы.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.; №123-ФЗ» Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Вредные факторы: 1 шум; 2 вибрации; 3 возможные ненормативные метеоусловия.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Опасные факторы: 2.1 опасность электропоражения; 2.2 пожаровзрывоопасность. Производится анализ пожарной безопасности, электробезопасности в котельном цехе.

3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Произвести расчет вредных выбросов при работе котла Е-270-13,7-545 БЖ на Большесырском ЗБ буром угле
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Разработать мероприятия по предупреждению загораний и электропоражений и мер по ликвидации их последствий.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 СанПин 2.2.1/2.1.1.567-96
Перечень графического материала:	
1. Общие виды котла – 3 листа;	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
-	Романцов Игорь Иванович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Иванцов Александр 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 184 страниц, пяти рисунков, 11 таблиц, 11 источников, восьми приложений.

Ключевые слова: топочная камера, котельный агрегат, тепловой баланс котла, горелочные устройства, выносной циклон.

Объектом проектирования является котельный агрегат паропроизводительностью 270 т/ч для Ачинского глиноземного комбината (для работы на твёрдом топливе). За проектное топливо принято Большесырский ЗБ.

Целью данной работы является проектирование котлоагрегата Е-270-13,7-545. Выпускная квалификационная работа включает в себя тепловой расчет топочной камеры и конвективных поверхностей нагрева, графическую часть (чертеж общего вида, поперечные и горизонтальный разрез). Раздел социальной ответственности посвящен выявлению вредных и опасных факторов, встречающихся на производстве; раздел ресурсоэффективности и ресурсосбережения – затрат, связанных с капитальными затратами котельного агрегата.

При выполнении проекта проводился: тепловой конструкторский расчет поверхностей нагрева, расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел и годовых эксплуатационных расходов; проведен анализ опасных и вредных факторов котельной установки.

В результате проведенной работы спроектирован котельный агрегат с заданной паропроизводительностью и параметрами пара.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: барабанный котел с естественной циркуляцией паропроизводительностью 270 т/ч, давление и температура перегретого пара 13,7 МПа и 545 °С, КПД – 93,023 %, высота (от нулевой отметки до верхней точки) – 41 м, ширина по осям колон – 23 м.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки;

- Паровой котел – котел, предназначенный для генерации насыщенного или перегретого пара.
- Котельная установка – это совокупность парового котла и вспомогательного оборудования.
- Пароперегреватель – устройство, предназначенное для перегрева пара, то есть повышения его температуры пара выше точки насыщения.
- Водяной экономайзер – элемент котлоагрегата, теплообменник, в котором питательная вода перед подачей в котел подогревается уходящими из котла газами.
- Воздухоподогреватель – устройство, предназначенное для подогрева воздуха, направляемого в топку котельного агрегата, с целью повышения эффективности горения топлива за счет тепла уходящих газов.
- Энтальпия – свойство вещества, указывающее количество энергии, которую можно преобразовать в теплоту.
- ЖШУ – система жидкого шлакоудаления, в которой удаление шлака производится путем стекания шлака в расплавленном виде при температуре около 1700 °С в шлаковые ванны, где он также гранулируется.
- КПД – коэффициент полезного действия, характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии.
- ПДК – предельно допустимая концентрация, утверждённая в законодательном порядке санитарно–гигиенический норматив.
- СанПиН – санитарно–эпидемиологические правила и нормативы, которые устанавливают предельно допустимые значения факторов, влияющих на обеспечение нормальной жизнедеятельности человека.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА.....	12
2 ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПАРОВОГО КОТЛА	Ошибка! Закладка не определена.
3 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТОПОЧНОЙ КАМЕРЫ И ПОВЕРХНОСТЕЙ НАГРЕВА КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА.....	Ошибка! Закладка не определена.
4 ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНТУРА ЦИРКУЛЯЦИИ ПАРОВОГО КОТЛА	Ошибка! Закладка не определена.
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	14
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
CONCLUSION	Ошибка! Закладка не определена.
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А–Тепловой расчет топочной камеры.....	
....86 Приложение Б– Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания.....	106
Приложение В–Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла	108
Приложение Г Расчет контура циркуляции.....	
172	
Перечень графического материала	
ФЮРА 311233.002 ВО Котел паровой Е–270–13,7–545 БЖ	
(поперечный разрез).....	181
ФЮРА 311233.003 ВО Котел паровой Е–270–13,7–545 БЖ (продольный разрез)	182
ФЮРА 311233.004 ВО Котел паровой Е–270–13,7–545 БЖ	
(горизонтальный разрез, вид сверху)	183

ВВЕДЕНИЕ

В начале 2014 года руководством Ачинского глиноземного комбината (АГК) был утвержден проект по увеличению мощности ТЭЦ [1], входящего в состав АГК. План проекта предусматривает расширение корпуса турбинного отделения и установки седьмого турбогенератора. Седьмой турбогенератор мощностью 90 МВт должен вырабатывать дополнительные 213 тысяч кВт/ч электроэнергии в год. Окончание проекта намечено на август 2016 года. В рамках реализации выпускной квалификационной работы принято решение о разработке парового котла в связи с поставленными задачами АГК по увеличению мощности ТЭЦ комбината.

Канско-Ачинский бассейн расположен на юге Восточной Сибири в Красноярском крае вдоль Транссибирской магистрали и базируется на добычи бурых углей. Он включает порядка десяти крупных месторождений, одним из таких месторождений является Большесырское месторождение бурого угля находящегося в двадцати трех километрах от поселка Балахта. Уголь Большесырского месторождения пользуется большим спросом, как у населения Красноярского края, так и ТЭЦ расположенных в данной местности. Производственная мощность разреза на данный момент составляет 350 тыс. тонн угля в год [2].

Котлы ТЭЦ АГК были спроектированы преимущественно для сжигания бурых углей. Принимая во внимания вышеуказанный фактор, в качестве сжигаемого топлива принят Большесырский уголь 3Б, характеризующийся высоким выходом летучих веществ, низким процентом золы в составе. Для удовлетворения проекта по увеличению мощности ТЭЦ АГК требуется котлоагрегат имеющий следующие параметры на выходе: паропроизводительность $D=270$ т/ч, температура перегретого пара $t_{пп} = 545$ °С, давление перегретого пара 13,7 МПа.

Анализируя выходные параметры, марку принятого угля в ходе выполнения ВКР спроектирован котельный агрегат Е–270–13,7–545.

Котел оснащен барабаном, движение теплоносителя осуществляется при помощи сил естественной циркуляции. Котлоагрегат выполнен по П-образной компоновке с системой жидкого шлакоудаления.

Актуальность работы обусловлена необходимостью увеличения вырабатываемой мощности ТЭЦ АГК, в связи с увеличением производства комбината. Установленные на станции котлы работают на бурых углях и мазуте, следовательно, уже имеется необходимая инфраструктура по доставке топлива к станции. Резервное топливо принимается мазут по причине наличия данного топлива на станции. Близость угольного разреза к самой станции позволяет снизить транспортные расходы от поставок угля с данного месторождения.

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

Ачинский глинозёмный комбинат (АГК) является одним из крупнейших в Российской Федерации предприятием по выпуску глинозема. АГК расположен в городе Ачинске Красноярского края. Состоит в алюминиевой компании «РУСАЛ». Официальное название – Открытое акционерное общество «РУСАЛ Ачинский глиноземный комбинат». Производимая продукция: сода, гидроксид алюминия, сульфат калия. В состав Ачинского глиноземного комбината входит ТЭЦ с котельными агрегатами БКЗ–320–140 ПТ2 и БКЗ–320–140 ПТ5. Котлы спроектированы на сжигание бурого угля марки 2Б, годовое потребления угля составляет 2 млн.тонн [1]. ТЭЦ АГК введена в эксплуатацию 13 ноября 1967 года. Данная ТЭЦ обеспечивает тепловой и электрической энергией цех АГК, а также тепловая энергия отпускается на нужды отопления и горячего водоснабжения города Ачинска. На ТЭЦ АГК установлено четыре очереди котельных установок. Первая и вторая очередь работают на производство комбината, третья и четвертая – на выработку тепла города Ачинска. Первая очередь использует пять котлов, а вторая – тремя котлами. Тип используемых котлов БКЗ–320–140. Станция была спроектирована с поперечными связями, с возможностью секционирования с выделением в блоки по два котла, также котлы оснащены общим паропроводом и общей магистралью по основному конденсату и питательной воде.

Для покрытия пиковых тепловых нагрузок в отопительные периоды города Ачинска, были введены семь водогрейных котлов третьей и четвертой очереди. Третья – четырьмя котлами типа ПТВМ–50, четвертая – типа ПТВМ–100. На данный момент котлы третьей очереди ПТВМ–50 выведены из эксплуатации. Используются только котлы второй очереди. Общая электрическая и тепловая мощность шести турбоагрегатов (Р–50–130, ПТ–60–130 и Т–50–130) составляет 320 МВт и 980 Гкал/ч. Основным видом

топлива ТЭЦ АГК является бурый уголь марки 2БР. Теплоноситель – сетевая вода 150–70 °С.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Наличие технико-экономических обоснований инженерных решений в условиях рынка предоставляют возможность выбора оптимального решения при проектировании элементов котельной установки, а также увеличивает надежность спроектированной конструкции и уменьшает издержки.

Целью данного раздела является оценка конкурентоспособности и расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов спроектированной котельной установки.

5.1 Анализ конкурентоспособности технических решений

При помощи детального анализа конкурирующих разработок, имеющихся на рынке, имеется возможность внесения различных корректив на уровне научного исследования и результатом этих манипуляций является улучшение конкурентоспособности на рынке.

В соответствии с [7, стр.3] может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных рынках:

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

т.д.

Детальный разбор всех имеющихся конкурентных технических решений со стороны ресурсосбережения и ресурсоэффективности позволяет произвести оценку сравнительной эффективности научной разработки.

Оценочная карта предоставляет произвести подобный анализ для сравнения.

5.2 Расчет капитальных вложений

На стадии предварительных экономических расчетов, а это соответствует этапам технической подготовки производства: «Техническое предложение», «Технический проект», капитальные определяются по следующей формуле (разработка ЦКТИ им. Ползунова):

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

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

P_n – средняя рентабельность по парогенераторостроению (20 %);

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

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

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

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

5.2.3 Себестоимость парового котла

$$\begin{aligned} C_{пол} &= D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{пер} = \\ &= 270 \cdot 0,75 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 148 = 113697,5486 \text{ руб}, \end{aligned}$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого котла;

$K_1 - K_8$ – коэффициенты учитывающие [6, Приложение Г]:

$K_1 = 0,75$ –паропроизводительность проектируемого котла;

$K_2 = 1,22$ –параметры пара;

$K_3 = 1$ –перегрев пара;

$K_4 = 1,15$ –способ поставки;

$K_5 = 1,3$ –вид топлива;

$K_6 = 1,04$ –компоновка котла;

$K_7 = 1$ – число корпусов;

$K_8 = 1$ – тип котла;

$K_{пер} = 148$ – коэффициент пересчета на современные цены.

5.2.4 Транспортно–заготовительные расходы

$$K_{тр} = 0,02 \cdot C_{пол} = 0,02 \cdot 113697,5486 = 2273,95 \text{ руб.}$$

5.2.5 Сопутствующие затраты у потребителя

$$K_{пот} = K_m + K_{об} = 9095,803 + 11369,754 = 20465,55 \text{ тыс.руб,}$$

где $K_m = 0,08 \cdot C_{пол} = 0,08 \cdot 113697,5486 = 9095,803$ тыс.руб – затраты на монтаж оборудования парового котла;

$K_{об} = 0,1 \cdot C_{пол} = 0,1 \cdot 113697,548 = 11369,754$ тыс.руб – затраты на обмуровку котла.

5.2.6 Затраты на строительство у потребителя

5.2.6.1 Стоимость здания, приходящаяся на ПГ

$$K_{зд} = S_m \cdot k_{дн} \cdot \Pi_{зд} \cdot h_{кот} = 189,87 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 43 = 19595,4508 \text{ тыс.руб,}$$

где $S_m = 189,87 \text{ м}^2$ – площадь парового котла [Приложение Б];

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

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

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

5.2.6.2 Стоимость фундамента

$$K_{ф} = D \cdot k_{ф} = 270 \cdot 9237,5 = 2494,125 \text{ тыс.руб,}$$

где $k_{ф} = \eta \cdot 10^4 = 0,92375 \cdot 10^4 = 9237$.

5.2.6.3 Суммарные затраты на строительство

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф} = 19595,4508 + 2494,125 = 22089,575 \text{ руб.}$$

Общие капитальные вложения представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Сводная таблица капитальных вложений в сооружение парового котла

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	113697,4	56,194
Затраты на монтаж	9095,80	4,495
Затраты на обмуровку	11369,75	5,619
Стоимость строительства	22089,57	30,487
Транспортные расходы	2273,95	1,23
Наценка на ПГ	4206,8092	2,079
Общие капитальные вложения	162733,443	100

5.3 Расчет годовых эксплуатационных расходов

5.3.3 Годовые затраты на топливо

$$I_{\text{топ}} = B_p \cdot h_{\text{год}} \cdot (1 + B_{\text{пот}} / 100) \cdot C_{\text{т.н.т.}} = 36,968 \cdot 6500 \cdot (1 + 6 / 100) \cdot 1900 = 483953,3244 \text{ тыс. руб,}$$

где $B_p = 36,968$ т/час—часовой расход натурального топлива, т/час;

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

$B_{\text{пот}} = 6$ %—суммарная величина потерь топлива на территории котельной в % от годового потребления топлива;

$C_{\text{т.н.т.}} = 1900$ руб/т— цена натурального топлива по данным ООО «УК ТД» «Кузбасс» [7].

5.3.4 Амортизационные отчисления

$$I_a = p_n \cdot K = 3,7 / 100 \cdot 162733,443 = 6021,137 \text{ тыс. руб,}$$

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

K —капитальные вложения (см. табл.7).

5.3.5 Затраты на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 6021,137 = 1204,227 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.6 Затраты на воду

Рассчитывается исходя из пароводяного баланса котельного цеха для определения затрат на воду, которая потребляется для добавки в цикл с целью компенсации потери ее из цикла и для хозяйственных нужд [7, стр.21].

$$I_{\text{в}} = D_{\text{в}} \cdot h_{\text{зод}} \cdot \Pi_{\text{в}} = 18,9 \cdot 6500 \cdot 73 = 8968,05 \text{ тыс. руб.},$$

где $D_{\text{в}} = 18,9$ – часовой расход воды на продувку, т/час;

$\Pi_{\text{в}} = 73 \text{ руб/м}^3$ – стоимость воды с учетом химводоочистки.

5.3.7 Затраты на электроэнергию

Затраты на собственные нужды определяются по двухставочному тарифу

$$I_{\text{э}} = N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{зод}} \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{н}} \cdot \Pi_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot \Pi_{\text{кв}} = 48 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,7 + 48 \cdot 210 = 682344 + 18400 = 727021 \text{ руб} = 439,704 \text{ тыс. руб.},$$

где $N_{\text{уст}} = 48 \text{ кВт}$ – установочная мощность токоприемников парового котла;

$k_{\text{в}} = k_{\text{н}} = 0,9$ – коэффициенты времени и потерь электрической энергии;

$\Pi_{\text{э}} = 1,7 \text{ руб/кВт}$ – тариф на потребленную электрическую энергию;

$\Pi_{\text{кв}} = 210 \text{ руб/кВт}$ – стоимость кВт на заявленную мощность.

5.3.8 Затраты на заработную плату обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха, отнесенная на один парогенератор. Прямая заработная плата определится из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад	Месячный оклад на 1 парогенератор
1	2	3	4
	ПГ/чел.	руб/мес	руб
Старший машинист	3	25500	25500
Машинист котлов 4 разряда	2	24450	36675

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4
Машинист насосной	6	23700	11850
Машинист котлов 3 разряда	1	24000	72000
Машинист насосных установок	3	23550	23550
Машинист обходчик по КО	3	23250	23250
Котлочист	3	21750	7249,5
Зольщик	3	21150	7050
Слесарь по ремонту	2	21300	10650
Дежурный слесарь	6	20700	3450
Дежурный электрик	6	2700	3450
Электросварщик	6	21000	3499,555
Газоэлектросварщик	6	21150	3525
Газорезчик	6	21150	3525
Печник	3	21750	4833
Крановщик	6	20250	3375
Токарь	6	20700	3450
Кладовщик	3	18750	6250
Уборщица	3	7500	2500
Итого на 1 парогенератор		$3П^{ОП}$	255932
Нач. цеха	1	28500	28500
Зам. нач. цеха	1	27300	27300
Нач. смены	3	26700	8899,5
Ст. мастер	1	24000	24000
Мастер	3	18000	6000
Итого на 1 парогенератор		$3П^{Рук}$	94699,5
Всего по котельному цеху			350631,5

5.3.8.1 Основная заработная плата обслуживающего персонала

$$П_{осн}^{ОП} = 3П^{ОП} + 3П^{ОП} \cdot (k_{доп} + k_{прем} + k_{рк}) = 255932 + 255932 \cdot (0,2 + 0,43 + 0,3) = 493,948 \text{ тыс. руб.},$$

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

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

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

5.3.8.2 Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала

$$П_{доп}^{ОП} = 0,08 \cdot 3П^{ОП} = 0,08 \cdot 255932 = 20474,56 \text{ руб.} = 20,474 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.8.3 Общая заработная плата обслуживающего персонала

$$П_{общ}^{ОП} = П_{осн}^{ОП} + П_{доп}^{ОП} = 493,948 + 20,474 = 514,423 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.8.4 Основная заработная плата руководящего персонала

$$П_{осн}^{Рук} = 3П^{Рук} + 3П^{Рук} \cdot (k_{прем} + k_{рк}) = 94,6995 + 94,6995 \cdot (0,43 + 0,3) = 163,830 \text{ тыс. руб.}$$

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

$k_{рк}=0,3$ – районный коэффициент.

5.3.8.5 Дополнительная заработная плата руководящего персонала

$$П_{доп}^{Рук} = 0,08 \cdot 3П^{Рук} = 0,08 \cdot 94,6995 = 7,57 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.8.6 Общая заработная плата руководящего персонала

$$П_{общ}^{Рук} = П_{осн}^{Рук} + П_{доп}^{Рук} = 163,83 + 7,575 = 171,406 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.8.7 Затраты на заработную плату

$$И_{зн} = П_{общ}^{ОП} + П_{общ}^{Рук} = (171,406 + 514,423) \cdot 12 = 8229,952 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.9 Отчисления на социальные цели

$$И_{ОСЦ} = 0,3 \cdot И_{зн} = 0,3 \cdot 8229,952 = 2468,985 \text{ тыс. руб.}$$

5.3.10 Прочие расходы

$$\begin{aligned} И_{пр} &= 0,12 \cdot (И_{зн} + И_{ОСЦ} + И_{э} + И_{г} + И_{тр} + И_{а} + И_{мон}) = \\ &= 0,12 \cdot (8229,952 + 2468,985 + 439,704 + 8968,05 + 1204,22 + 6021,13 + \\ &+ 483953,3244) = 61354,245 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Общая величина эксплуатационных расходов представлена в таблице

9.

Таблица 9– Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$И_{топ}$	483953,3244	84,512
Амортизационные отчисления	$И_{а}$	6021,137	1,051
Затраты на текущий ремонт	$И_{тр}$	1204,227	0,21
Затраты на воду	$И_{в}$	8968,05	1,566

Затраты на электроэнергию	$I_э$	439,704	0,076
Заработная плата	$I_{зп}$	8229,952	1,437
Отчисления на соц. Цели	$I_{соц}$	2468,985	0,2935
Прочие расходы	$I_{пр}$	61354,245	10,714
Итого	$I_{год}$	572639,628	100

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

5.3.11 Себестоимость выработанной тонны пара

$$C_{выр} = I_{год} / D_{год} = 572639,628 / 1755000 = 326,29 \text{ руб/т},$$

где $D_{год} = h_{год} \cdot D = 6500 \cdot 270 = 1755000 \text{ т/год}$.

5.3.12 Себестоимость отпущенной тонны пара

$$C_{отп} = I_{год} / D_{отп} = 572639628 / 1667250 = 343,463 \text{ руб/т},$$

где $D_{отп} = D_{год} - D_{сн} = 175500 - 87750 = 1667250 \text{ т/год}$ –годовой расход отпущенного пара;

$D_{сн} = 0,05 \cdot D_{год} = 0,05 \cdot 1755000 = 87750 \text{ т/год}$ –годовой расход пара на собственные нужды.

