

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



Институт – Энергетический
 Направление подготовки – 141100 Энергетическое машиностроение
 Кафедра – Парогенераторостроения и парогенераторных установок

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 210 т/ч взамен отработавшего ресурс оборудования Северской ТЭЦ

УДК 621.181.126.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Зубарев Андрей Геннадьевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и БЖД	Романцов Игорь Иванович	Доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
Р1	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>
Р2	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>
Р3	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>
Р4	Способность и готовность понимать движущие силы, закономерности и место человека в историческом процессе, ответственно участвовать в политической жизни с соблюдением прав и обязанностей гражданина, моральных и правовых норм общества, анализировать социально и экономически значимые проблемы и процессы с использованием методов гуманитарных, социальных и экономических наук, быть активным субъектом экономической деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 14), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р5	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		
Р6	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>
Р7	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>
Р8	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>
Р9	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>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Р10	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>
Р11	Способность и готовность проводить технико-экономическое обоснование решений с применением элементов экономического анализа, соблюдать и обеспечивать производственную и трудовую дисциплину и осуществлять организационно-управленческую работу с малыми коллективами	Требования ФГОС (ПК-22,23,24), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Зубарев Андрей Геннадьевич

Тема работы:

Проект котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 210 т/ч взамен отработавшего ресурс оборудования Северской ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

01.02.2016, 601/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объект проектирования – котельная установка.

ТЭЦ ОАО «СХК».

Топливо – Кузнецкий бассейн марки 2СС.

Параметры пара: $R_{пп} = 13.8 \text{ МПа}$, $t_{пп} = 560 \text{ }^\circ\text{C}$.

	1 Конструкторский тепловой расчет котла. 2 Расчет на прочность элементов котла.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Общие виды котла - 3 листа. Развертка барабана, змеевик – 1 лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Попова С.В.
«Социальная ответственность»	Романцов И.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Казаков А.В.	К.Т.Н.		08.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Зубарев А.Г.		08.02.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 149 страниц, шесть рисунков, девять таблиц, восемь источников, пять приложений.

Ключевые слова: топочная камера, котельный агрегат, тепловой баланс котла, горелочные устройства, пароперегреватель, барабан.

Объектом проектирования является котельный агрегат паропроизводительностью 210 т/ч для Северской ТЭЦ для работы на твёрдом топливе.

Цель работы – разработка проекта котла с естественной циркуляцией паропроизводительностью 210 т/ч для Северской ТЭЦ АО «СКХ».

В процессе исследования проводились: конструкторский расчет поверхностей нагрева, расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел и годовых эксплуатационных расходов; проведен анализ опасных и вредных факторов рабочего места котельного цеха ТЭЦ.

В результате проведенной работы был спроектирован котел с заданной паропроизводительностью и параметрами пара.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: барабанный котел с естественной циркуляцией паропроизводительностью 210 т/ч, давление и температура перегретого пара 13,8 МПа и 560 °С.

Используемые сокращения в выпускной квалификационной работе

- ГРЭС – государственная районная электрическая станция
- КУ – котельная установка;
- ШПП–ширмовый пароперегреватель устройство;
- КПП₁– конвективный пароперегреватель первой ступени устройство;
- КПП₂– конвективный пароперегреватель второй ступени устройство;
- ВЭК₁– водяной экономайзер первой ступени;
- ВЭК₂– водяной экономайзер второй ступени;
- ВП₁– воздухоподогреватель первой ступени;
- ВП₂– воздухоподогреватель второй ступени устройство;
- ТШУ– твердое шлакоудаление;
- ММ–молотковая мельница;
- КПД– коэффициент полезного действия;
- ЭМП– электромагнитное поле;
- ПДК– предельно допустимая концентрация;
- КЕО– коэффициент естественной освещенности;
- СанПиН– Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

Оглавление

Введение.....	11
1 Обзор литературы	12
2 Объект и методы исследования	14
3 Описание производственного объекта	15
4 Конструкторский тепловой расчет котла Е-210-13,8-560КТ.....	16
4.1 Расчетные характеристики топлива	16
4.2 Выбор способа шлакоудаления	18
4.3 Выбор типа углеразмольных мельниц и системы пылеприготовления ...	18
4.4 Составление тепловой схемы котла	20
4.5 Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания	21
4.6 Расчет энтальпий воздуха и продуктов сгорания	26
4.7 Тепловой баланс котла	27
4.8 Определение расхода топлива	29
4.9 Выбор и компоновка горелочных устройств	30
4.10 Выбор основных конструктивных характеристик топки.....	35
4.11 Тепловой расчет топочной камеры	39
4.12 Проверка по длине факела	45
5 Расчет на прочность элементов котла.....	48
5.1 Расчет на прочность элементов пароперегревателя первой ступени	48
5.2 Расчет цилиндрической поверхности барабана на прочность	52
5.3 Расчет эллиптического днища барабана на прочность.....	56
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	60
6.1 Технико-экономическое обоснование работы	60
6.2 Анализ конкурентных технических решений	63
6.3 Расчет капитальных вложений	64
6.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов.....	67
7 Социальная ответственность	77
7.1 Введение.....	78
7.2 Обеспечение санитарных норм по освещению.....	79

7.3 Обеспечение условий для снижения уровня электромагнитного излучения	80
7.4 Обеспечение санитарных норм по уровню шума	82
7.5 Обеспечение надлежащего микроклимата в помещении	84
7.6 Обеспечение электробезопасности	87
7.7 Обеспечение пожарной безопасности.....	89
Заключение	91
Conclusion.....	92
Список используемых источников.....	93
Приложение А	94
Приложение Б.....	96
Приложение В.....	98
Приложение Г.....	148
Приложение Д.....	149
Графический материал	
ФЮРА 311233.002 ВО Котел паровой Е-210-13,8-560 КТ (поперечный разрез)	
ФЮРА 311233.002 ВО Котел паровой Е-210-13,8-560 КТ (продольный разрез)	
ФЮРА 311233.002 ВО Котел паровой Е-210-13,8-560 КТ (горизонтальный разрез, вид сверху)	

Введение

Современные промышленные предприятия и ТЭС имеют сложную и многообразную энергетическую систему, состоящую из установок и устройств, предназначенных для производства, трансформации, передачи, распределения и потребления топлива, электроэнергии, теплоты, сжатого воздуха, газа, кислорода.

В качестве основного теплоносителя в промышленности и в быту используются пар и горячая вода, вырабатываемые в котельных установках. Технологическая схема котельной установки видоизменяется в зависимости от ее назначения, производительности, параметров пара, вида топлива, способа его сжигания и местных условий.

Котельное оборудование на тепловых электростанциях, в том числе и на крупных промышленных предприятиях, исчерпавшее свой расчетный срок службы подлежит демонтажу и замене на котлы с нормативными показателями по надежности, экономичности, экологии.

27 сентября под руководством Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева состоялось заседание Правительства Российской Федерации. Министр энергетики РФ А.В. Новак представил главе Правительства РФ Программу модернизации российской электроэнергетики до 2020 года. Как отметил глава Минэнерго России, «надежное, эффективное функционирование электроэнергетики является основой поступательного развития экономики нашей страны и неотъемлемым фактором обеспечения комфортных условий жизни наших граждан» [1].

Целью работы: является расчет и проектирование котельной установки для замены устаревшего оборудования ТЭЦ АО «СХК» по заданной паропроизводительности и параметрам пара. В качестве основного топлива принимается каменный уголь типа Кузнецкого месторождения, которое расположен географически близко к Томской области. В качестве индивидуального задания – расчет на прочность элементов котла.

1 Обзор литературы

В современных паровых котлах различают наиболее часто встречающиеся типы компоновок: П-, Т-, N-образные, башенные и полубашенные [2].

Паровые котлы башенного типа сооружаются иногда в Германии и США для экономии площади, занимаемой установкой. Используется данная компоновка при сжигании газа и мазута. Однако увеличивается высота самого котлоагрегата до 130 м. Другим недостатком такой компоновки является большой опускной ничем не заполненный газоход, направляющий дымовые газы вниз к золоуловительным сооружениям.

Применение N-образной компоновки обуславливается потребностями сжигаемого топлива. Такая компоновка рациональна в использовании при сжигании сланцев.

T-образные компоновки используются для уменьшения воздействия высоко абразивной золы на поверхности нагрева при помощи снижения скорости дымовых газов за счет их разделения на два потока.

Наиболее широкое применение находит П-образная компоновка поверхностей нагрева.

Преимущества П-образной компоновки: в возможности логично увязать топку и конвективные поверхности нагрева; узлы котлов с П-образной компоновкой поверхностей нагрева наиболее отработаны конструктивно и технологически, проверены в длительной эксплуатации, что позволяет создавать котлы высокой надежности; относительно простой в конструктивном исполнении каркас; умеренная высота котла по сравнению с башенной и полубашенной компоновками.

Современные котлы классифицируют по способу сжигания твердого топлива. Выделяют три основных способа: слоевой, факельный, вихревой.

В слоевых топках производится слоевое сжигание кускового твердого топлива. Эта топка состоит из колосниковой решетки, поддерживающей слой

кускового топлива, и топочного пространства, в котором сгорают горючие летучие вещества.

Камерные топki применяют для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива. При этом твердое топливо должно быть предварительно размолото в тонкий порошок в специальных пылеприготовительных установках – углеразмельных мельницах, а жидкое топливо – распылено на очень мелкие капли в мазутных форсунках. Газообразное топливо не требует предварительной подготовки.

Факельный способ позволяет сжигать с высокой надежностью и экономичностью самые различные и низкосортные виды топлива. Твердые топлива в пылевидном состоянии сжигают под котлами паропроизводительностью от 35 т/ч и выше, а жидкое и газообразное под котлами любой паропроизводительности.

Циклонный способ сжигания подразумевает интенсивное вихревое движение частиц топлива. В отличие от факельного способа сжигания частицы топлива подвергаются интенсивному обдуванию потоком и быстро сгорают. Данный способ позволяет сжигать более грубую пыль и даже дробленку [3].

2 Объект и методы исследования

Котел типа Е рабочими параметрами, которого являются: паропроизводительность—210 т/ч; давление перегретого пара— 13,8 МПа; температура перегретого пара – 560 °С; топливо – каменный уголь Кузнецкого бассейна марки 2СС.

Топочная камера рассчитывается конструктивно, определяются размеры топки необходимые для обеспечения паропроизводительности при длительной эксплуатации и номинальных параметрах пара.

В тепловом расчете ширмового пароперегревателя определяется: скорость дымовых газов, омывающих ширму; их температура на выходе из ширмы. Рассчитывается тепловосприятие ширмового пароперегревателя за счёт конвективного охлаждения дымовых газов, а также определяется тепловосприятие дополнительных поверхностей нагрева в области ширмы.

В тепловом расчете впрыскивающих пароохладителей необходимых для регулирования температуры перегретого пара определяются: температуры пара на выходе из конвективного пароперегревателя первой ступени и на входе во вторую ступень конвективного пароперегревателя.

В тепловом расчете пароотводящих труб определяется скорость дымовых газов, омывающих пароотводящие трубы и их температура на выходе из пароотводящих труб. Рассчитывается тепловосприятие за счёт конвективного охлаждения дымовых газов, а также определялся коэффициент теплоотдачи излучением от дымовых газов к стенке трубы.

Определяется суммарное тепловосприятие всех ступеней пароперегревателя в пределах горизонтального газохода, а также температура дымовых газов на выходе из конвективного пароперегревателя первой ступени. Производится распределение тепловосприятия по элементам опускной конвективной шахты. Задаётся температура воздуха на выходе из первой ступени воздухоподогревателя и температура дымовых газов на выходе из второй ступени водяного экономайзера.

3. Описание производственного объекта

26 марта 1949 г. Советом министров СССР принято решение о строительстве Зауральского машиностроительного завода (Комбинат 816, п/я 129, п/я 153, п/я В-2994, Сибирский химический комбинат – СХК). Основной задачей комбината на протяжении многих лет было получение для оборонных целей и атомной энергетики обогащенного урана-235 и плутония-239, изготовление компонентов ядерных зарядов, разборка и переработка компонентов зарядов, снятых с вооружения, в топливо для АЭС, регенерация отработанного на АЭС топлива, выработка для народного хозяйства электрической и тепловой энергии и производство различных товаров народного потребления [4].

. Первый турбогенератор ТЭЦ принят в эксплуатацию в ноябре 1953 года. Ввод в эксплуатацию всех очередей ТЭЦ осуществлен в 1961 году. Производит тепло и электроэнергию для нужд комбината и ЗАТО Северска. [5].

. Теплоэлектроцентраль имеет в своем составе пятнадцать турбоагрегатов и восемнадцать котлов, работающих на кузнецком каменном угле. В настоящее время ТЭЦ реконструируется: оборудование выработало свой ресурсный срок на 250-300%. [5].

В настоящее время ведутся работы по реконструкции, которые рассчитаны до 2020 года, при этом первым этапом должна стать замена всего основного оборудования, а затем общестанционного оборудования. Однако из-за отсутствия необходимого объема финансирования реконструкция идет очень медленно[5].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО		
5В21	Зубарев Андрей Геннадьевич		
Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Средняя стоимость 1 м ³ производственного здания – 1200 руб/ м ³ ; цена натурального топлива – 2000 руб/т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 1,62 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 230 руб.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Паропроизводительность котла – 210 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 70 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 10 % от паропроизводительности.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления на социальные нужды – 30%; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и реновацию – 3,3%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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
5В21	Зубарев Андрей Геннадьевич		

6 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.

6.1 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 6.1. Для сравнения выбраны проектируемый котел Е-210-13,8-560 КТ и котел Е-230-9,8-510 КГТ на ТЭЦ ОАО «СКХ».

Таблица 6.1– Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
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					

Продолжение таблицы 6.1

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	0,1	5	4	0,50	0,40
Итого	1	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 6.1 подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

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 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.

6.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата

Паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является уголь Кузнецкого бассейна 2СС.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-210-13,8-560

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	210
Давление перегретого пара	$P_{пп}$	МПа	13,8
Температура перегретого пара	$t_{пп}$	$^{\circ}C$	560
Температура питательной воды	$t_{пв}$	$^{\circ}C$	230
Температура уходящих газов	$\vartheta_{ух}$	$^{\circ}C$	150
КПД котла(брутто)	$\eta_{ка}$	%	92,31
Расчетный расход топлива	B_p	кг/с	6,26

6.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

$$\begin{aligned} K &= C_{\text{пол}} + C_{\text{пол}} \cdot P_{\text{н}} / 100 + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = \\ &= 24135471,4 + 24135471,4 \cdot 20 / 100 + \\ &+ 482709,428 + 4344384,85 + 15402510 = 49192170 \text{ руб.}, \end{aligned} \quad (6.3.1)$$

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} C_{\text{пол}} &= D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = \\ &= 210 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 55 = 24135471,4 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (6.3.2)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого ПГ;

K_1 – паропроизводительность проектируемого ПГ (при паропроизводительности в 210 т/ч принимается равным 0,78);

K_2 – параметры пара (при перегреве пара до 560 °С и давлении до 13,8 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),

$K_{пер}$ – коэффициент пересчета на современные цены (принимается $K_{пер}=55$).

Удельная себестоимость ПГ выбранного за основу расчета:

$$K_{пот} = K_m + K_{обм} = 1930837,71 + 2413547,14 = 4344384,85 \text{ руб. } (6.3.3)$$

где K_m – затраты на монтаж, 8% от цены котла,

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

Стоимость строительства:

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф}. (3.3.4)$$

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

$K_{ф}$ – стоимость фундамента.

В свою очередь:

$$K_{зд} = S_m \cdot k_{дп} \cdot Ц_{зд} \cdot h_{кот} = 165 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 34 = 13464000 \text{ руб.}, (6.3.5)$$

$$K_{ф} = D \cdot k_{ф} = 210 \cdot 9231 = 1938510 \text{ руб.}; (6.3.6)$$

где S_m – площадь парогенератора, m^2 ;

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

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

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

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

С учетом (6.3.5) и (6.3.6) стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = 13464000 + 1938510 = 15402510 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.3. – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	24135	57,01
Затраты на монтаж	1930	4,56
Затраты на обмуровку	2413	6,60
Стоимость строительства	15402	17,60
Транспортно-заготовительные расходы	482	1,03
Наценка на ПГ	4344	13,20
Общие капитальные вложения	48706	100,00

6.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

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

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

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

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

$I_{\text{в}}$ – затраты на воду;

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

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

$I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

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

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_{\text{а}} + I_{\text{т.р.}} + I_{\text{в}} + I_{\text{э}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}}. \quad (6.4.1)$$

6.4.1 Расчет затрат на топливо

$$\begin{aligned} I_{\text{топ}} &= V_p \cdot h_{\text{год}} (1 + V_{\text{пот}}/100) C_{\text{т.н.т.}} = \\ &= 22,53 \cdot 6500 (1 + 6/100) 2000 = 310463 \text{ тыс.руб.}, (6.4.1.1) \end{aligned}$$

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

$$V_p = 6,26 \text{ м}^3/\text{с} = 22,53 \text{ т/ч};$$

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

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

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

6.4.2 Расчет амортизационных отчислений

$$I_{\text{а}} = p_n \cdot K = 0,033 \cdot 48706 = 1607,3 \text{ тыс.руб.}, \quad (6.4.2.1)$$

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

K – капитальные вложения.

6.4.3 Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 1607,3 = 321,46 \text{ тыс.руб.}, \quad (6.4.3.1)$$

6.4.4 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:

$$I_v = D_v \cdot h_{\text{год}} \cdot C_v = 21 \cdot 6500 \cdot 73 = 9964,5 \text{ тыс.руб.}, \quad (6.4.4.1)$$

где D_v – часовой расход воды, т/час;

C_v – стоимость воды с учетом химводоочистки.

6.4.5 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$\begin{aligned} I_{\text{э}} &= N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_v \cdot k_n \cdot C_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot C_{\text{кв}} = \\ &= 70 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,62 + 70 \cdot 230 = 613,151 \text{ тыс.руб.}, \quad (6.4.5.1) \end{aligned}$$

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

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

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

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

6.4.6 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 6.4.

Таблица 6.4. – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб/ПП
Старший машинист	3	17000	17000
Машинист котлов 4 разряда	2	16300	16300
Машинист котлов 3 разряда	1	16000	16000
Машинист багернойнасосной	6	15800	15800
Машинист насосных	3	15700	15700
Машинист обходчик по оборудованию	3	15500	15500
Котлочист	3	14500	4833,33
Зольщик	3	14100	4700
Слесарь по ремонту	2	14200	7100
Дежурный слесарь	6	13800	2300
Дежурный электрик	6	13800	2300
Электросварщик	6	14000	2333,33
Газосварщик	6	14100	2350
Газорезчик	6	14100	2350
Печник	3	14500	4833,33
Крановщик	6	13500	2250
Токарь	6	13800	2300

Продолжение таблицы 6.4.

Кладовщик	3	12500	4166,67
Уборщица	3	5000	1666,67
Итого	34	268200	469600
Нач. цеха	1	19000	3166,67
Зам. нач. цеха	1	18200	3030,33
Нач. смены	3	17800	17800
Ст. мастер	1	16000	2666,67
Мастер	3	12000	2000
Итого	9	83000	28663,67
Всего по котельному цеху	43	351200	168447

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} &= 3\Pi^{\text{оп}} + 3\Pi^{\text{оп}}(k_{\text{доп}} + k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\
 &= 139783,33 + 139783,33(0,2 + 0,43 + 0,3) = 269,78 \text{ тыс. руб.}, \quad (6.4.6.1)
 \end{aligned}$$

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

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

$k_{\text{рк}}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала :

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 3\Pi^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 139783,33 = 11,18 \text{ тыс. руб.} \quad (6.4.6.2)$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 269,78 + 11,18 = 280,97 \text{ тыс. руб.} \quad (6.4.6.3)$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} &= 3\Pi^{\text{рук}} + 3\Pi^{\text{рук}}(k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\
 &= 28663,67 + 28663,67(0,43 + 0,3) = 49,59 \text{ тыс. руб.} \quad (6.4.6.4)
 \end{aligned}$$

$k_{\text{прем}}$ – коэффициент учитывающий премии;

$k_{рк}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$П_{доп}^{рук} = 0,08 \cdot ЗП^{рук} = 0,08 \cdot 28663,67 = 2,29 \text{ тыс. руб. (6.4.6.5)}$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$П_{общ}^{рук} = П_{осн}^{рук} + П_{доп}^{рук} = 49,59 + 2,29 = 51,88 \text{ тыс. руб. (6.4.6.6)}$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{зп} = 12(П_{общ}^{оп} + П_{общ}^{рук}) = 12(280,97 + 51,88) = 3994,2 \text{ тыс. руб. (6.4.6.7)}$$

6.4.7 Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$ОСЦ = 0,3 \cdot ЗП_{общ} = 0,3 \cdot 3994,2 = 1198,26 \text{ тыс. руб. (6.4.7.1)}$$

6.4.8. 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 6.5.

Таблица 6.5– Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$I_{топ}$	310463	85,7
Амортизационные отчисления	I_a	1607,3	0,7
Затраты на текущий ремонт	$I_{тр}$	321,46	0,14

Продолжение таблицы 6.5.

Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	9964,5	1,57
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	613,151	0,32
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	3994,20	2,36
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	1198,26	0,71
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	39,379	8,45
Итого	$I_{\text{год}}$	328201,25	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (85,7 % от общих затрат). Следующими по значимости являются амортизационные отчисления и прочие расходы. Таким образом, определяющим фактором в величине эксплуатационных расходов является сжигаемое топливо, а именно: его стоимость, качество, транспортный тариф, дальность расположения от станции и сложности в транспортировке и хранении.

Себестоимость выработанной тонны пара:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}} / D_{\text{год}} = 328201 / 1365000 = 240 \text{руб./т}, \quad (6.4.8)$$

где $D_{\text{год}}$ – тонн пара произведенных за год, $D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 210 = 1365000$ т.

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}} / D_{\text{отп}} = 328201 / 1296750 = 253 \text{руб./т}, \quad (6.4.8.1)$$

где $D_{\text{отп}}$ – отпущенный пар, $D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{с.н}} = 1365000 - 68250 = 1296750$ т,

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

Расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов, а так же анализ конкурентных технических решений позволили доказать и обосновать технико-экономическую целесообразность

эксплуатации спроектированной установки. Благодаря этому можно избежать излишних затрат, а так же повысить конкурентоспособность и надежность котлоагрегата.