

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 котла типа Е паропроизводительностью 220 т/ч для работы в составе энергетической установки

УДК 621.182.004.001.6: 621.311.22: 697.34(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Минько Сергей Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ПГС и ПГУ	Долгих Александр Юрьевич	—		

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
Доцент кафедры экологии и БЖД	Романцов Игорь Иванович	К.Т.Н.		

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

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

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

(Подпись) _____ (Дата) Заворин А.С.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Минько Сергею Михайловичу

Тема работы:

Проект котла типа Е паропроизводительностью 220 т/ч для работы в составе энергетехнологической установки	
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.).	1. Объект проектирования – котельная установка с паровым котлом паропроизводительностью 220 т/ч. 2. Параметры пара: Рп.п.=9.9 МПа, тп.п.=510°С. 3. Температура питательной воды – тп.в.=215°С. 4. Давление в барабане – Рб=11,3 МПа 5. Основное сжигаемое топливо – уголь марки 2Б (Ирша-Бородинского месторождения, Канско-Ачинского бассейна, Красноярского края). 6. Способ сжигания топлива: камерный, топка в газоплотном исполнении. 7. Величина продувки – р=3,0%. 8. За прототип принять котёл Е-220-9,8-540 БТ (ОАО «Сибэнергомаш»).
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Введение; 2. Описание производственного объекта и место котла в нём; 3. Обоснования исходных данных, принятых технических решений и методов проектирования; 4. Тепловой расчёт и конструирование поверхностей нагрева парового котла; 5. Расчёт на прочность; 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7. Социальная ответственность; 8. Заключение;
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Общие виды котла - 3 листа. Развертка барабана и коллектора – 1 лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Попова С.Н.
«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	14.03.2016
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Долгих А.Ю.	-		14.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Минько С.М.		14.03.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 99 страниц, 10 источников, 13 таблиц, шести рисунков, четырёх приложений.

Ключевые слова: паровой котёл, котельная установка, тепловой баланс котла, пар, дымовые газы, органическое топливо.

Цель работы – разработка проекта котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 220 т/ч для работы на Ирша-Бородинском угле марки 2Б.

Задачи проекта заключаются в выборе рациональной компоновки и определении размеров поверхностей нагрева парового котла, определении температур и тепловосприятий рабочего тела и газовой среды в поверхностях нагрева котла, обеспечивающих номинальную паропроизводительность котла при заданных номинальных параметрах пара, а также оценки возможности включения котла в существующий аэродинамический тракт станции.

Расчеты проводятся конструкторским и поверочным методами, в зависимости от рассчитываемой поверхности нагрева.

Результатом работы являются полученные расчетные характеристики котла, габариты и толщина стенки барабана, верхнего коллектора и конвективного пароперегревателя, рассчитанная стоимость вырабатываемого пара.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, с использованием программы КОМПАС 3D и AutoCAD.

Определения, обозначения, сокращения

Определения:

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Паровой котел – устройство для преобразования тепловой энергии сжигаемого топлива в потенциальную энергию перегретого пара высокого давления и температуры на основе использования законов теплопередачи от высокотемпературных продуктов сгорания топлива к рабочей среде (воде, пару), протекающей внутри поверхностей нагрева

Котельная установка – паровой котел в совокупности с оборудованием, обеспечивающим его работу.

Поверхность нагрева – поверхность металлических стенок элементов котла, с одной стороны омываемых топочными газами, а с другой – пароводяной смесью.

Номинальная толщина стенки – толщина стенки детали, полученная из расчета на прочность под внутренним давлением и округленная до ближайшего большего значения, предусмотренного государственным стандартом.

Гидроиспытание – является завершающей операцией технического диагностирования элементов котла, работающих под давлением, осуществляемой с целью проверки их плотности и прочности.

Обозначения и сокращения:

АВ	–	аэродинамический выступ
Вдт	–	внутренний диаметр трубы
ВО	–	выходное окно
возд.	–	воздух
ВПО	–	впрыскивающий пароохладитель
ГВ	–	горячий воздух
ГГ	–	горизонтальный газоход
гкм	–	геометрическая компоновка

ГП	—	газовый поток
ГС	—	гидравлическое сопротивление
гх	—	газоход
ДГ	—	дымовые газы
д-ние	—	давление
жс	—	живое сечение
И	—	излучение
ИП	—	испарительные поверхности
КИВ	—	коэффициент избытка воздуха
кн	—	конденсат
кол-во	—	количество
коэф.	—	коэффициент
КПД	—	коэффициент полезного действия
КПП 1	—	конвективный пароперегреватель первой ступени
КПП 2	—	конвективный пароперегреватель второй ступени
КТИ	—	коэффициент теплоотдачи излучением
КТК	—	коэффициент теплоотдачи конвекцией
КТО	—	коэффициент теплоотдачи
КТЭ	—	коэффициент тепловой эффективности
КШ	—	конвективная шахта
НТС	—	низшая теплота сгорания
ОП	—	опускные трубы
ОХЛ	—	конвективное охлаждение
ПВ	—	питательная вода
ПВС	—	пароводяная смесь
ПО	—	пароотводящие трубы
ПО1	—	пароохладитель первой ступени
ПО2	—	пароохладитель второй ступени
ПОМ	—	продольное омывание

ПП	—	перегретый пар
ППОМ	—	поперечное омывание
прк	—	перекрестный ток
прт	—	противоток
РПП	—	радиационный пароперегреватель
РТ	—	рабочее тело
ТГК	—	территориально генерирующая компания
ТЭЦ	—	теплоэлектроцентраль
ТИС	—	толщина излучающего слоя
ТК	—	топочная камера
т-во	—	топливо
ТН	—	температурный напор
ТОБ	—	теоретический объем
т-ра	—	температура
УКТ	—	уравнение конвективного теплообмена
УТБ	—	уравнение теплового баланса
ХВ	—	холодный воздух
эк	—	экраны трубы
энт.	—	энтальпия

Оглавление

Введение	12
1 Описание производственного объекта.....	13
2 Обоснование принятых технических решений и методов проектирования.....	14
3 Тепловой расчёт.....	16
4 Расчёт на прочность элементов котла.....	18
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	32
6 Социальная ответственность.....	44
Заключение	57
Conclusion.....	58
Список используемых источников	59
Приложение А Средние объемные характеристики продуктов сгорания для отдельных газоходов котла.....	60
Приложение Б Таблица энтальпий	61
Приложение В Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла Е-220-9,9-510 БТ	62
Приложение Г Развёртка барана и коллектора.....	99
Графические материалы:	
ФЮРА.311233.002 ВО Паровой котел Е-220-9,9-510 БТ (продольный разрез)	
ФЮРА.311233.003 ВО Паровой котел Е-220-9,9-510 БТ (поперечный разрез)	
ФЮРА.311233.004 ВО Паровой котел Е-220-9,9-510 БТ (вид сверху)	

Введение

В современном мире энергетическая отрасль представляет из себя основу для развития всех отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Постоянный рост себестоимости производства электроэнергии на ТЭС из-за роста цены на топливо и роста размеров штрафов за загрязнение окружающей среды заставляет обратить внимание на и тенденции развития энергетики, технологии энергосбережения и ресурсоэффективности.

Развитие энергетики в настоящее время имеет огромное значение для России. В течение следующих десятилетий ожидается значительное увеличение энергопотребления, связанное с необходимым развитием экономики страны. Это приведет к увеличению нагрузки на систему энергоснабжения и потребует повышенного внимания к эффективности использования и объёмам электроэнергии.

Красноярский край занимает площадь 2 366 800 км² [1]. В условиях суровой погоды зимой в Сибири расходы на теплоносители могут достигать половину бюджета края. На данный момент подавляющая часть тепла и электроэнергии производится на тепловых электростанциях и котельных. С учетом текущего состояния эксплуатируемого более 50 лет энергооборудования, становится актуальным вопрос использования оборудования, отвечающего всем современным стандартам.

Целью данной работы является расчет и проектирование котельного агрегата с естественной циркуляцией паропроизводительностью 220 т/ч, заданными значениями параметров пара и сжигаемого топлива. Исходя из поставленной цели формируются следующие задачи:

- расчёт и проектирование котельного агрегата;
- расчёт на прочность элементов котла;
- финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
- социальная ответственность

1 Описание производственного объекта

В данном проекте котел разрабатывается для Канской ТЭЦ, которая располагается в городе Канске, Красноярского края. Основана 18 октября 1953 года, в 2012 году в ходе реорганизации группы «Сибирская генерирующая компания» Канская ТЭЦ была выделена из состава ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» в отдельное акционерное общество. В настоящее время данная электростанция является основным источником теплоснабжения города Канска и обеспечивает теплом и горячей водой практически всё население города, а также промышленные предприятия. ТЭЦ может функционировать как в теплофикационном режиме, так и в режиме комбинированной выработки тепла и электроэнергии [2].

В качестве основного топлива используется уголь Бородинского разреза, расположенного в 81 километре от станции. На сегодняшний день на станции установлено три турбины и семь котлов. Высота над уровнем моря составляет

214 метров [2].

Установленная электрическая мощность станции 24 МВт, тепловая – 325 Гкал/ч соответственно. Годовая выработка электричества 81,35 млн. кВт×ч

2 Обоснование принятых технических решений и методов проектирования

2.1 Выбор типа компоновки и шлакоудаления

Принимается П-образная компоновка, наиболее распространенная. Ее преимущество заключается в подаче топлива и выходе газов, производимых в нижней части агрегата, что удобно для вывода твёрдого шлака и установки дробевой очистки. Тягодутьевые машины устанавливаются на нулевой отметке, что исключает вибрационные нагрузки на каркас котла [3].

В качестве организации движения рабочей среды в паровом котле принимается естественная циркуляция, т.к. в таком случае обеспечивается достаточная надежность, высокая паропроизводительность и отсутствие требований больших затрат на химводоочистку [4].

В проектируемом котлоагрегате в качестве топлива взят Ирша-Бородинский бурый уголь. Принято решение использовать твёрдое шлакоудаления (ТШУ), которое применяется при сжигании топлива с умеренным значением t_c , а также топлив с выходом летучих веществ $V^{daf} > 18 \%$.

2.2 Обоснование принятия необходимых значений температур

Рекомендуемые температуры газов на выходе из топки для различных твердых топлив не должны превышать температуры начала деформации золы t_A . Мы принимаем $\vartheta_m'' = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура дымовых газов на выходе из котла ϑ_{yx} для расчетов также принимается в соответствии с рекомендациями [10, с.26], в зависимости от вида сжигаемого топлива. Характеристики топлива позволяют принять температуру уходящих дымовых газов в диапазоне 135–150 $^\circ\text{C}$, следовательно принимается температура уходящих дымовых газов $\vartheta_{yx} = 145 \text{ }^\circ\text{C}$.

По таблице 4.3 [2, стр. 9] в соответствии с рекомендациями, для топки с ТШУ с полуразомкнутой и разомкнутой системами пылеприготовления, подачей пыли горячим воздухом для данного вида топлива с высокой рабочей влажностью $W^r=35\%$ и высокой реакцией угля принимаем температуру горячего воздуха $t_{г.в} = 350\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.3 Пылеприготовление и мельница

Для бурых углей при коэффициенте размола $K_{ло}=1,3$ и выходе летучих $V^{daf}>28\%$ применяют молотковые мельницы.

Также необходимо выбрать систему пылеприготовления, которая представляет собой совокупность оборудования, необходимого для размола топлива, его сушки и подачи готовой пыли в горелки топочной камеры.

В результате принято решение использовать индивидуальную систему пылеприготовления с прямым вдуванием и молотковой мельницей с инерционным сепаратором.

2.4 Горелки

Для сжигания бурых углей с высоким выходом летучих ($>30\%$) могут использоваться прямоточно-лопаточные горелки с прямоточным вводом в топку первичного воздуха и с лопаточным завихрителем вторичного воздуха. Компоновка горелок в сочетании с геометрическими характеристиками топочной камеры, в основном, определяют аэродинамику топочной камеры. Была выбрана тангенсальная схема компоновки горелок, которая находит широкое применение в котлах средней и большой мощности при сжигании бурых углей.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Минько Сергей Михайлович

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень обра- зования	бакалавриат	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ре- сурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): ма- териально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Средняя стоимость 1 м ³ производственного здания – 1200 руб/м ³ ; цена натурального топ- лива – 10000 руб/т.; стоимость 1 кВт потреба- емой энергии – 1,62 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 220 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Паропроизводительность котла – 220 т/ч.; установочная мощность токоприемников па- рогенератора – 70 кВт; число часов использо- вания установленной мощности – 6500 ч; ча- совой расход воды в котле – 2,3 % от паропро- изводительности.
3. Используемая система налогообложения, ставки нало- гов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды – 30%; амортизационные отчисления на капиталь- ный 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 Ме- неджмента	Попова Светлана Нико- лаевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Минько Сергей Михайлович		

В условиях рыночной экономики стабильное развитие предприятия обеспечивается только при поддержании его финансовой системы на соответствующем уровне. Заметно возрастает значение технико-экономического обоснования инженерных решений. Такое обоснование позволяет находить оптимальные решения при проектировании котельного агрегата и его элементов, предотвращать излишние затраты, повышать надежность конструкции.

Целью данного раздела является оценка конкурентоспособности разработки, а так же расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемого котельного агрегата.

5.1 Анализ конкурентоспособности технических решений

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

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

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

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.1. Для сравнения выбраны проектируемый котел Е-220-9,9-510 БТ и котел Е-220-9,8-540 на ОАО «Сибэнергомаш».

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{кл}	К _ф	К _{кл}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,07	3	2	0,21	0,14
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	4	3	0,52	0,39
Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12
Энергоэкономичность	0,10	3	3	0,30	0,3
Надежность	0,20	4	3	0,80	0,6
Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
Безопасность	0,20	4	3	0,80	0,60
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,04	1	1	0,04	0,04
Цена	0,06	2	2	0,12	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	0,50	0,40
Итого	1,00	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.1 подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

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

Главное конкурентное преимущество разработки – её новизна. Это делает её более надежной в сравнении с конкурентом, а 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.

5.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата

Паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является Ирша-Бородинский уголь 2Б.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 4.2.

Таблица 5.2 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е–220–9,9–510

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	220,000
Давление перегретого пара	P _{пп}	МПа	9,900
Температура перегретого пара	t _{пп}	°С	510,000
Температура питательной воды	t _{пв}	°С	215,000
Температура уходящих газов	ϑ _{yx}	°С	145,000
КПД котла(брутто)	<i>ка</i>	%	93,600
Расчетный расход топлива	B _p	кг/с	10,628

5.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

$$K = C_{\text{пол}} + C_{\text{пол}} \cdot P_n / 100 + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}}, \quad (5.3.1)$$

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

P_n – 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:

$$\begin{aligned} C_{\text{пол}} &= D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = \\ &= 220 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 150 = 80041104 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.3.2)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого ПГ;

K_1 – паропроизводительность проектируемого ПГ (при паропроизводительности в 220 т/ч принимается равным 0,8);

K_2 – параметры пара (при перегреве пара до 510 °С и давлении до 9,9 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 канско-ачинских бурых углей принимается равным 1,3);

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 $K_{пер}=150$).

Удельная себестоимость ПГ выбранного за основу расчета:

$$K_{пот} = K_m + K_{обм} = 6403288,32 + 8004110,4 = 14407398,72 \text{ руб.}, \quad (5.3.3)$$

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

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

Стоимость строительства:

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф}. \quad (5.3.4)$$

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

$K_{ф}$ – стоимость фундамента.

В свою очередь:

$$K_{зд} = S_m \cdot k_{дп} \cdot \Pi_{зд} \cdot h_{кот} = 171 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 43 = 17647200 \text{ руб.}, \quad (5.3.5)$$

$$K_{ф} = D \cdot k_{ф} = 220 \cdot 9360 = 2059200 \text{ руб.}; \quad (5.3.6)$$

где S_m – площадь парогенератора, m^2 ;

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

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

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

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

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

$$K_{стр} = K_{зд} + K_{ф} = 17647200 + 2059200 = 19706400 \text{ руб.}$$

Теперь мы можем вычислить капитальные вложения по формуле (5.3.1):

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

$$= 80041104 + 80041104 \cdot 20 / 100 +$$

$$+ 80041104 \cdot 2 / 100 + 14407398,72 + 19706400 = 131763945,6 \text{ руб.},$$

Результаты расчетов представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	80041	60,75
Затраты на монтаж	6403	4,86
Затраты на обмуровку	8004	6,075
Стоимость строительства	19706	14,95
Транспортно-заготовительные расходы	1601	1,215
Наценка на ПГ	16009	12,15
Общие капитальные вложения	131764	100

5.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

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

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

I_a – амортизационные расходы;

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

I_v – затраты на воду;

$I_э$ – 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:

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_a + I_{\text{т.р.}} + I_v + I_э + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}}. \quad (5.4.1)$$

5.4.1 Расчет затрат на топливо

$$\begin{aligned} I_{\text{топ}} &= B_p \cdot h_{\text{год}} (1 + B_{\text{пот}}/100) \cdot \Pi_{\text{т.н.т.}} = \\ &= 38,2608 \cdot 6500 \cdot (1 + 6/100) \cdot 1100 = 289978 \text{ тыс.руб.}, \end{aligned} \quad (5.4.1.1)$$

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

$$B_p = 10,628 \text{ кг/с} = 38,2608 \text{ т/ч};$$

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

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

$\Pi_{\text{т.н.т.}}$ – цена натурального топлива, с учетом доставки 1100 руб/т.

5.4.2 Расчет амортизационных отчислений

$$I_a = p_n \cdot K = 0,037 \cdot 60794 = 2249,378 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.4.2.1)$$

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

K – капитальные вложения.

5.4.3 Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 2249,378 = 449,8756 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.4.3.1)$$

5.4.4 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:

$$I_b = D_b \cdot h_{\text{год}} \cdot \Pi_b = 5,58 \cdot 6500 \cdot 73 = 26477,7 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.4.4.1)$$

где D_b – часовой расход воды, т/час;

Π_b – стоимость воды с учетом химводоочистки.

5.4.5 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$\begin{aligned} I_3 &= N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_b \cdot k_n \cdot \Pi_3 + N_{\text{уст}} \cdot \Pi_{\text{кв}} = \\ &= 48 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,89 + 48 \cdot 162 = 485 \text{ тыс.руб.}, \end{aligned} \quad (5.4.5.1)$$

где $N_{уст}$ – установочная мощность токоприемников ПГ, кВт;
 K_v, K_{π} – коэффициенты времени и потерь эл. энергии;
 Π_{ε} – тариф на потребленную эл. энергию;
 $\Pi_{кв}$ – стоимость кВт на заявленную мощность.

5.4.6 Расчет заработной платы обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха, отнесенная на один парогенератор. Прямая заработная плата определится из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 5.4.

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\begin{aligned} \Pi_{осн}^{оп} &= 3\Pi^{оп} + 3\Pi^{оп}(k_{доп} + k_{прем} + k_{рк}) = \\ &= 139783,33 + 139783,33(0,2 + 0,43 + 0,3) = 269,78 \text{ тыс. руб.}, \end{aligned} \quad (5.4.6.1)$$

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

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала :

$$\Pi_{доп}^{оп} = 0,8 \cdot 3\Pi^{оп} = 0,8 \cdot 139783,33 = 11,18 \text{ тыс. руб.} \quad (5.4.6.2)$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{общ}^{оп} = \Pi_{осн}^{оп} + \Pi_{доп}^{оп} = 269,78 + 11,18 = 280,97 \text{ тыс. руб.} \quad (5.4.6.3)$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned} \Pi_{осн}^{рук} &= 3\Pi^{рук} + 3\Pi^{рук}(k_{прем} + k_{рк}) = \\ &= 28663,67 + 28663,67(0,43 + 1,3) = 78,25 \text{ тыс. руб.} \end{aligned} \quad (5.4.6.4)$$

$k_{прем}$ – коэффициент учитывающий премии;

$k_{рк}$ – районный коэффициент.

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{доп}^{рук} = 0,08 \cdot 3\Pi^{рук} = 0,08 \cdot 28663,67 = 2,29 \text{ тыс. руб.} \quad (5.4.6.5)$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$P_{\text{общ}}^{\text{рук}} = P_{\text{осн}}^{\text{рук}} + P_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 78,25 + 2,29 = 80,54 \text{ тыс. руб.} \quad (5.4.6.6)$$

Таблица 5.4 – 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 багерной насосной	6	15800	15800
Машинист насосных	3	15700	15700
Машинист обходчик по оборудованию	3	15500	15500
Котлочист	3	14500	4833
Зольщик	3	14100	4700
Слесарь по ремонту	2	14200	7100
Дежурный слесарь	6	13800	2300
Дежурный электрик	6	13800	2300
Электросварщик	6	14000	2333
Газосварщик	6	14100	2350
Газорезчик	6	14100	2350
Печник	3	14500	4833
Крановщик	6	13500	2250
Токарь	6	13800	2300
Кладовщик	3	12500	4166
Уборщица	3	5000	1666
Итого	34	268200	469600
Нач. цеха	1	19000	3166
Зам. нач. цеха	1	18200	3030
Нач. смены	3	17800	17800
Ст. мастер	1	16000	2666
Мастер	3	12000	2000
Итого	9	83000	28663
Всего по котельному цеху	43	351200	168447

Затраты на заработную плату:

$$И_{\text{зп}} = 12(P_{\text{общ}}^{\text{оп}} + P_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12(280,97 + 80,54) = 4338,12 \text{ тыс. руб.} \quad (5.4.6.7)$$

5.4.7 Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$\text{ОСЦ} = 0,3 \cdot 3\text{П}_{\text{ОБЩ}} = 0,3 \cdot 4338,12 = 1301,436 \text{ тыс.руб.} \quad (5.4.7.1)$$

5.4.8. Расчет прочих расходов

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

Таким образом, можно рассчитать эксплуатационные расходы. Данные расчетов представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5. – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, тыс. руб.	Уд. Вес %
Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	289978,000	85,41
Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	2249,378	0,66
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	449,876	0,13
Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	26477,700	7,80
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	485,000	0,14
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	4338,120	1,28
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	1301,436	0,38
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	14240,250	4,19
Итого	$I_{\text{год}}$	339520,360	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (85,41 % 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:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}} / D_{\text{год}} = 339520,36 / 1430000 = 237,42 \text{ руб./т,} \quad (5.4.8)$$

где $D_{\text{год}}$ – тонн пара произведенных за год, $D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 220 = 1430000 \text{ т.}$

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}} / D_{\text{отп}} = 339520,36 / 1358500 = 249,92 \text{ руб./т}, \quad (5.4.8.1)$$

где $D_{\text{отп}}$ – отпущенный пар, $D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{с.н}} = 1430000 - 71500 = 1358500 \text{ т}$,
 $D_{\text{сн}}$ – годовой расход пара на собственные нужды (5 % от $D_{\text{год}}$).

Для сравнения приведём тарифы ОАО «Енисейская ТГК» за 2013 год:

$$C_{\text{т}} = 498,2 \text{ руб./Гкал} = 268,64 \text{ руб./т}.$$

Расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов, а так же анализ конкурентных технических решений позволили доказать и обосновать технико-экономическую целесообразность эксплуатации спроектированной установки. Стоимость отпущенной тонны пара в час составила 249,92 руб./т, что меньше текущей стоимости на ОАО «Енисейская ТГК» – 268,64 руб./т. Благодаря этому можно избежать излишних затрат, а так же повысить конкурентоспособность и надежность котлоагрегата.