

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 паропроизводительностью 220 т/час для расширения Томской ГРЭС-2 УДК 621.181.12:621.311.22-047.74(571.16)	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Бурягин Дмитрий Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. 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	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	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		

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Бурягину Дмитрию Александровичу

Тема работы:

ПРОЕКТ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 220 Т/ЧАС ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ТОМСКОЙ ГРЭС-2	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 601/С от 01.02.2016

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(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.)</i>	1. Объект проектирования - котельная установка с паровым котлом паропроизводительностью 220 т/ч 2. Параметры пара: Рп.п.=13,8 МПа, тп.п.=540 °С. 3. Температура питательной воды - тп.в.=220 °С. 4. Давление в барабане - Рб=14,9 МПа. 5. Основное сжигаемое топливо - уголь марки Д (Кузнецкого бассейна, Кемеровской области), 6. Способ сжигания топлива: камерный, топка в газоплотном исполнении. 7. Величина непрерывной продувки - р=2,3 %. 8. За прототип принять котел - Е-220-9,8-540ДТ (ОАО "Сибэнергомаш").
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой</i>	Введение (цель работы и задачи пректа); 1. Актуальность проекта. 2. Описание производственного объекта и место котла (котельной установки) в нем; 3. Обоснование исходных данных, принятых технических решений и методов проектирования; 4. Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла;

области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования; проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	5. Аэродинамический расчет газового тракта котельной установки; 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. (Экономические расчеты и технико-экономические показатели). 7. Социальная ответственность. 8. Заключение, в том числе на иностранном языке.
Перечень графического материала (формата А1) (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Чертежи общего вида котла - 3 листа; 2. Расчетная схема компоновки трактов (к аэрод. расчету)- 1 лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Основные разделы ВКР должны быть написаны на русском языке. Заключение переводится на иностранный язык.	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Буягин Дмитрий Александрович		

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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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	Требования ФГОС (ОК-13,16, ПК-5, 16), Критерий 5 АИОР (п. 2.5, п. 2.6.), согласованный с требованиями международных стандартов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	полноценной деятельности; осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике	EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
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 EUR-ACE и FEANI
P11	Способность и готовность проводить технико-экономическое обоснование решений с	Требования ФГОС (ПК-22,23,24), Критерий 5 АИОР

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	применением элементов экономического анализа, соблюдать и обеспечивать производственную и трудовую дисциплину и осуществлять организационно-управленческую работу с малыми коллективами	(п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 91 страниц, 13 источников, 15 таблиц, пяти рисунков, трёх приложений.

Ключевые слова: котельная установка, тепловой баланс котла, энтальпии воздуха и продуктов сгорания, пар, дымовые газы, излучение, конвекция, органическое топливо, выбросы, предельно допустимая концентрация.

Цель работы – разработка проекта котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 220 т/ч для работы на Кузнецком угле марки Д.

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 котельной установки, выбор необходимых тягодутьевых машин на основе определения производительности тяговой и дутьевой систем и перепада полных давлений в газовом и воздушном трактах, рассчитанная стоимость вырабатываемого пара, выявленный уровень опасных и вредных факторов рабочего места конструктора.

Работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftOffice, с использованием программы КОМПАС 3D-V14.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Обозначения и сокращения:

Е-220-13,8-540КТ-Е – паровой котел с естественной циркуляцией, 220 – паропроизводительность, 13,8 – давление перегретого пара, 540 – температура перегретого пара, К – каменный уголь, Т – твердое шлакоудаление

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

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

Паровой котел – устройство для преобразования химически связанной 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.

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

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – максимальное количество вредного вещества в единице объема или массы воздуха, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме человека.

	–	параллельно
3-ат	–	трехатомные газы
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
ДПН	—	дополнительные поверхности нагрева
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
МШО	—	межшпирмовый объем
НТС	—	низшая теплота сгорания
ОП	—	опускные трубы
ОПРШ	—	относительный продольный шаг
ОПТ	—	оптическая толщина
ОПШ	—	относительный поперечный шаг
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
ТВК	—	тепловосприятие конвекцией
ТВС	—	тепловосприятие
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
фсв	—	физические свойства
фхр	—	физические характеристики
ХВ	—	холодный воздух
эк	—	экраны трубы
энт.	—	энтальпия

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	11
1 Описание производственного объекта и сжигаемого в нем топлива	13
2 Обоснование принятых технических решений и методов проектирования.....	15
3 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла.....	17
4 Аэродинамический расчет газового тракта котельной установки с паровым котлом Е-220-13,8-540 КТ	19
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	61
6 Социальная ответственность.....	76
Заключение	88
Conclusion.....	89
Список используемых источников	90
Приложение А Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла Е-220-13,8-540 КТ	92
Приложение Б Средние объемные характеристики продуктов сгорания для отдельных газоходов котла.....	129
Приложение В Таблица энтальпий	120
Графические материалы:	
ФЮРА.311233.002 ВО Паровой котел Е-220-13,8-540 КТ (продольный разрез) ФЮРА.311233.003 ВО Паровой котел Е-220-13,8-540 КТ (поперечный разрез)	
ФЮРА.311233.004 ВО Паровой котел Е-220-13,8-540 КТ (вид сверху)	
ФЮРА.311233.005 ВО Схема газового тракта котельной установки с паровым котлом Е-220-13,8-540 КТ	

ВВЕДЕНИЕ

Энергетика является одним из важнейших звеньев экономики. Рост материальных и трудовых ресурсов в решающей степени определяются состоянием топливно-энергетического комплекса и величиной производимой энергии. В силу этого, начиная структурную перестройку экономики, необходимо прежде всего обратить внимание на состояние и тенденции развития энергетики, наличие в ней потенциала энергосбережения и внедрения ресурсосберегающих технологий [1].

Развитие энергетической отрасли в настоящее время имеет огромное значение для Российской Федерации. В течение следующих десятилетий ожидается значительное увеличение энергопотребления, связанное с развитием экономики и приростом населения. Это приведет к росту давления на систему энергоснабжения и потребует повышенного внимания к эффективности использования энергии [1].

Целью данной работы является проектирование котельного агрегата. Из поставленной цели формируются задачи для данного проекта:

- расчет котельного агрегата
- проектирование котельного агрегата
- аэродинамический расчет газового тракта
- оценка возможности включения нового спроектированного котла (на замену старому) в существующую схему станции.

Томская область занимает юго-восточную часть Западно-Сибирской равнины и имеет площадь 316,9 км². В условиях суровой сибирской зимы расходы на теплоносители составляют чуть менее половины бюджета области. Подавляющая часть тепла и электроэнергии производится на тепловых электростанциях и котельных [1]. ГРЭС-2 давно не справляется с ежегодным приростом тепловой нагрузки, так как свободных мощностей у станции нет, сейчас там образовался дефицит порядка 130 гигакалорий тепловой энергии. Дальнейшее подключение новых нагрузок ведет к

лавинному ухудшению качества теплоснабжения южной и центральной частей Томска. Проще говоря, подключение к центральному теплоснабжению каждого нового дома автоматически ухудшает качество теплоснабжения всех остальных зданий. С учетом крайней степени изношенности и устаревания эксплуатируемого более 50 лет энергооборудования, становится актуальным вопрос закупки новых котельных агрегатов [2].

Таким образом, будущее предприятия зависит от его экономической успешности и, в частности, наличия современного оборудования, генерирующего энергию.

1. Описание производственного объекта

1.1 Тепловая электростанция ГРЭС-2, филиал ОАО «Томскэнерго»

Согласно заданию, котел проектируется для ГРЭС-2, которая располагается в городе Томск, Томской области. Принята в эксплуатацию в 1945 году, в 1963 году была включена в Объединённую энергосистему Сибири. На предприятии производится тепловая и электрическая энергия, которая используется для собственных нужд комбината и снабжения города [3].

В настоящее время на станции используется как газ, так и уголь: в качестве топлива уголь, газ для растопки котлов и для подсвечивания. На станции действует пять турбин и 10 котлоагрегатов. Высота над уровнем моря составляет 142 метра [3].

Выброс вредных веществ составляет 1200 тонн в год. Старый золоотвал ГРЭС-2 был введён в эксплуатацию в 1973 году и находится в долине р. Ушайки, и в настоящее время не используется. На нём накоплено 450 тыс. тонн золошлаковых отходов. Новый золоотвал в долине р. Малой Киргизки введён в эксплуатацию в 1986 году, и сейчас на его площади в 60,9 га накоплено 1251 тыс. тонн отходов [3].

Установленная электрическая и тепловая мощность 331 МВт и 815 Гкал/ч соответственно. В 2009 году была введена в эксплуатацию турбоустановка Т-50 мощностью 50 МВт и 106 Гкал, также запланирована установка парогазовой установки ПГУ-210, которая будет вырабатывать 200 МВт электроэнергии и 250 Гкал/ч тепла [3].

Котлы работающие на Томской ГЭС-2 близкие по размерам проекта котла Е-220-13,8-540КТ, что упрощает замену старых котлов на новые.

1.2 Особенности сжигания Кузнецких длиннопламенных углей

Маркировка каменного угля зависит от способа добычи, а так же от параметров, характеризующих поведение углей в процессе термического воздействия на них. Длиннопламенные угли не спекаются и относятся к энергетическим углям. Направления использования этих углей – энергетическое и коммунально-бытовое топливо, поэтому их наиболее существенной характеристикой является теплота сгорания [4]. В качестве основного топлива для паровых котлов рассматриваемого предприятия принимается Кузнецкий каменный уголь марки Д [3].

Угли длиннопламенные характеризуются выходом летучих веществ от 39 %. В проектируемом паровом котле используется топливо с выходом летучих 40,5 %, влажность и зольность 12 и 15 % соответственно. Используют в энергетических, или коммунально-бытовых нуждах. На данный момент является самым популярным топливом. Это связано с тем, что в отличие от антрацита, длиннопламенный уголь имеет менее плотную структуру. Благодаря этой особенности он легче разжигается в котлах и печах разных видов и конструкций. К тому же, нет необходимости в поддуве: топливо легко возгорается за счет простой естественной тяги [5]. Все эти свойства делают применение Кузнецкого угля Д эффективным, а затраты на него – оправданными.

Основным источником длиннопламенных сортов углей в России являются разрезы и шахты Кузбасса. В связи с близостью месторождений угля и Томской ГРЭС-2 проектируемый паровой котел Е-220-13,8-540 КТ можно рассматривать в качестве замены старого котлоагрегата [3].

2 Обоснование принятых технических решений

2.1 Тепловая схема

Принимается П-образная компоновка, наиболее распространенная. Ее преимущество заключается в подаче топлива и выходе газов, производимых в нижней части агрегата, что удобно для вывода жидкого шлака и установки дробевой очистки. Тягодутьевые машины устанавливаются на нулевой отметке, что исключает вибрационные нагрузки на каркас котла [6].

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 [7].

2.1 Выбор шлакоудаления

В проектируемом котлоагрегате в качестве топлива взят Кузнецкий каменный уголь марки Д (длиннопламенный) с выходом летучих веществ $V^{\text{daf}}=40,5\%$ и температурой жидкоплавкого состояния $t_c=1450$, что является дополнительным аргументом при выборе шлакоудаления в пользу твердого шлакоудаления (ТШУ), которое применяется при сжигании топлива с относительно тугоплавкой золой $t_c > 1450$ °С, а также топлив с выходом летучих веществ $V^{\text{daf}} > 18 \%$.

2.2 Пылеприготовление и мельница

Для каменных углей при коэффициенте размола $K_{\text{ло}}=1,1$ и выходе летучих $V^{\text{daf}}=40,5 \%$ применяют валковые среднеходные мельницы.

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

В результате принято решение использовать индивидуальную систему пылеприготовления с прямым вдуванием и валковой мельницей с шахтным сепаратором.

2.3 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 . При сжигании каменного угля $\vartheta_m'' \leq 1170^\circ\text{C}$. Мы принимаем $\vartheta_m'' = 1050^\circ\text{C}$.

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 $\vartheta_{yx} = 145^\circ\text{C}$.

По таблице 4.3 [6, стр. 9] в соответствии с рекомендациями, для топки с ТШУ и замкнутой системе с воздушной сушкой, с низкой рабочей влажностью $W^r = 12\%$ и высокой реакцией угля принимаем температуру горячего воздуха $t_{г.в} = 320^\circ\text{C}$.

2.4 Горелки

Для сжигания каменных углей с высоким выходом летучих ($>30\%$) могут использоваться горелки типа ГПЛ 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. При использовании ГПЛ рекомендована встречная компоновка горелок.

5 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.

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 7. Для сравнения выбраны проектируемый котел Е–230–12,1–525 и котел на ТЭЦ ОАО «ДГК» БКЗ–220–100Ф.

Таблица 7 – 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	0,30
Надежность	0,20	4	3	0,80	0,60
Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
Безопасность	0,20	4	3	0,80	0,60
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	0,12	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,04	1	1	0,04	0,04
Цена	0,06	2	2	0,12	0,12
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	0,50	0,40
Итого	1,00	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл.7, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается 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:

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

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 каменный уголь Кузнецкого бассейна.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 8.

Таблица 8 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-220-13,8-540

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	220,00
Давление перегретого пара	P _{пп}	МПа	13,80
Температура перегретого пара	t _{пп}	°С	540,00
Температура питательной воды	t _{пв}	°С	220,00
Температура уходящих газов	ϑ _{ух}	°С	145,00
КПД котла(брутто	η _к	%	92,02
Расход топлива, подаваемого в топку	B	кг/с	7,43

5.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

$$K = C_{\text{пол}} + \frac{C_{\text{пол}} * P_{\text{н}}}{100} + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}},$$

C_{пол} – полная себестоимость парогенератора;

P_н – средняя рентабельность по парогенераторостроению (принимается равной 20 %);

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

K_{пот} – сопутствующие затраты у потребителя;

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

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

$$C_{\text{пол}} = D * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6 * K_7 * K_8 * 2000 * K_{\text{пер}},$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого парогенератора;

K_1 – коэффициент, учитывающий паропроизводительность, согласно [10] при $D=220$ т/ч:

$$K_1 = 0,8;$$

K_2 – коэффициент, учитывающий параметры пара, согласно [10] при температуре перегретого пара 540 °С и давлении $13,8$ МПа:

$$K_2 = 1;$$

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

$$K_3 = 1;$$

K_4 – коэффициент, учитывающий способ поставки, согласно [10] при поставке блоками:

$$K_4 = 1,15;$$

K_5 – коэффициент, учитывающий вид топлива, согласно [10] при сжигании каменных углей:

$$K_5 = 1;$$

K_6 – коэффициент, учитывающий компоновку парогенератора, согласно [9] при П-образной компоновке:

$$K_6 = 1,04;$$

K_7 – коэффициент, учитывающий число корпусов, согласно [10] для однокорпусного парогенератора:

$$K_7 = 1;$$

K_8 – коэффициент, учитывающий тип парогенератора, согласно [10] для барабанных котлов:

$$K_8 = 1;$$

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент пересчета на современные цены, согласно [10]:

$$K_{\text{пер}} = 53;$$

Подставив численные значения, найдено значение полной себестоимости:

$$C_{\text{пол}} = 220 * 0,8 * 1 * 1 * 1,15 * 1 * 1,04 * 1 * 1 * 2000 * 53;$$

$$C_{\text{пол}} = 22312576 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

Тогда, значение транспортно-заготовительных расходов:

$$K_{\text{тр}} = 0,02 * C_{\text{пол}} = 446251,52 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

Сопутствующие затраты у потребителя, согласно [10], определяются по формуле:

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{м}} + K_{\text{обм}},$$

$K_{\text{м}}$ – затраты на монтаж, принимаются равными 8% от себестоимости котла; $K_{\text{обм}}$ – затраты обмуровку, принимаются равными 10% от себестоимости котла;

Подставив численные значения, найдено:

$$K_{\text{пот}} = 0,08 * C_{\text{пол}} + 0,1 * C_{\text{пол}} = 0,18 * C_{\text{пол}};$$

$$K_{\text{пот}} = 0,18 * 22312576 = 4016263,68 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

Затраты на строительство, согласно [9], определяются по формуле:

$$K_{\text{стр}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{ф}},$$

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

$$K_{\text{зд}} = S_{\text{пг}} * k_{\text{дп}} * C_{\text{зд}} * h_{\text{кот}},$$

где $S_{\text{пг}} = 170 \text{ м}^2$ – площадь парогенератора (согласно чертежам котла);

$k_{\text{дп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь

$$k_{\text{дп}} = 2,3;$$

$C_{\text{зд}}$ – стоимость квадратного метра фундамента, руб. за кв. метр, согласно [9]:

$$\Pi_{зд} = 1200 \frac{\text{руб}}{\text{м}^2};$$

$h_{\text{кот}}$ – высота котельного цеха, принимается равной верхней отметке котла с запасом 3-4 метра, согласно чертежам котла:

$$h_{\text{кот}} = 42 \text{ м};$$

Подставив значения, получено:

$$K_{зд} = 170 * 2,3 * 1200 * 42 = 19706400 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

K_{ϕ} – стоимость фундамента, определяется по формуле:

$$K_{\phi} = D * k_{\phi},$$

k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий влияние производительности котла на стоимость фундамента, определяется по формуле:

$$k_{\phi} = \eta_k * 10^4 = 0,92015 * 10^4;$$

Подставив значения, получено:

$$K_{\phi} = 220 * 0,92015 * 10^4 = 2024330 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

$$K_{\text{стр}} = 19706400 + 2024330 = 21730730 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

$$K = 22312576 + \frac{22312576 * 20}{100} + 446251,52 + 4016263,68 +$$

$$+ 21730730 = 52968336,4 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}} = 52968,3364 \frac{\text{т. р.}}{\text{т/ч}};$$

Все полученные результаты сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	22312,57	42,1
Затраты на монтаж	1785,00	3,4
Затраты на обмуровку	2231,25	4,2
Стоимость строительства	21730,73	41,1
Транспортно-заготовительные расходы	446,25	0,8
Наценка на ПГ	4462,51	8,4

Общие капитальные вложения	52968,33	100,0
----------------------------	----------	-------

5.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

Расходы, составляющие себестоимость продукции парогенератора, в данном случае – пара, состоят из следующих статей затрат:

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

I_a – амортизационные расходы;

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

I_v – затраты на воду;

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

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

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

$I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

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

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_a + I_{\text{т.р.}} + I_v + I_{\text{э}} + I_{\text{зп}} + I_{\text{сн}} + I_{\text{пр}};$$

5.4.1 Расчет затрат на топливо

$$I_{\text{топ}} = B * h_{\text{год}} * \frac{100 + B_{\text{топ}}}{100} * C_{\text{т}},$$

B – часовой расход натурального топлива

$$B = 7,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 26,748 \frac{\text{т}}{\text{ч}};$$

$h_{\text{год}}$ – число часов использования установленной мощности, согласно [10] принимается:

$$h_{\text{год}} = 6500 \frac{\text{ч}}{\text{год}};$$

$V_{\text{топ}}$ – суммарная величина потерь топлива на территории котельной в % от годового потребления топлива, согласно [10] принимается:

$$V_{\text{топ}} = 7,1\%;$$

$C_{\text{т}}$ – цена тонны топлива с учётом доставки, согласно [10] для кузнецкого каменного угля составляет:

$$C_{\text{т}} = 1350 \frac{\text{руб}}{\text{т}};$$

Подставив численные значения, получено:

$$I_{\text{топ}} = 26,748 * 6500 * \frac{100 + 7,1}{100} * 1350 = 251378,373 \text{ т. р.}$$

5.4.2 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$I_{\text{а}} = p_{\text{н}} * K,$$

где $p_{\text{н}}$ – норма амортизационных отчислений на капитальный ремонт и реновацию, принимается $p_{\text{н}} = 3,7 \%$;

K – капитальные вложения (рассчитаны ранее);

Подставив значения, получено:

$$I_{\text{а}} = 0,037 * 52968,3364 = 1959,83 \text{ т. р.}$$

5.4.3 Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{т.р.}} = 0,2 * I_{\text{а}} = 0,2 * 1959,83 = 391,96 \text{ т. р.}$$

5.4.4 Расчет затрат на воду

Определяются затраты на воду, которая потребляется для добавки в цикл с целью компенсации потерь и для хозяйственных нужд.

Поэтому на стадии предварительных расчетов проще рассчитать затраты, исходя из пароводяного баланса котельного цеха, чем по производительности фильтров:

$$I_B = D_B * h_{\text{год}} * C_B,$$

где D_B – часовой расход воды, согласно курсовому проекту по дисциплине «Паровые котлы» равен:

$$D_B = 6,11 \frac{\text{т}}{\text{ч}};$$

$$C_B = 85 \frac{\text{руб}}{\text{м}^3} - \text{стоимость воды с учётом химводоочистки};$$

Подставив значения, получено:

$$I_B = 6,11 * 6500 * 85 = 3375,77 \text{ т. р.}$$

5.4.5 Расчет затрат на электроэнергию

Расходы на электроэнергию определяются по двухставочному тарифу:

$$I_Э = N_{\text{уст}} * h_{\text{год}} * k_B * k_{\Pi} * C_Э + N_{\text{уст}} * C_{\text{кв}},$$

где $N_{\text{уст}} = 80 \text{ кВт}$ – установочная мощность токоприемников парогенератора;

$k_B = k_{\Pi} = 0,9$ – коэффициенты времени и потерь электроэнергии;

$C_Э = 2,7 \frac{\text{руб}}{\text{кВт*ч}}$ – тариф на потребленную электроэнергию;

$C_{\text{кв}} = 210 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$ – стоимость кВт на заявленную мощность;

Подставив значения, получено:

$$I_Э = 80 * 6500 * 0,9 * 0,9 * 2,7 + 80 * 210 = 1154,04 \text{ т. р.}$$

5.4.6 Расчет заработной платы обслуживающего персонала

Расходы на содержание обслуживающего персонала складываются из: заработной платы эксплуатационного, ремонтного и управленческого персонала котельного цеха, отнесенной на один парогенератор. Прямая заработная плата определяется из штатного расписания котельного цеха и должностных окладов, приведенных в таблице 10.

Таблица 10 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб/ПГ
Старший машинист	3	21000	7000
Машинист котлов 4 разряда	2	14000	7000
Машинист котлов 3 разряда	1	19000	19000
Машинист багерной насосной	6	18000	3000
Машинист насосных установок	3	18000	6000
Машинист обходчик по оборудованию	3	21000	7000
Котлочист	3	19200	6400
Зольщик	3	19740	6580
Слесарь по ремонту	2	20000	10000
Дежурный слесарь	6	18000	6000
Дежурный электрик	6	18000	6000
Электросварщик	6	20400	3400
Газосварщик	6	20400	3400
Газорезчик	6	20400	3400
Печник	3	18000	6000
Крановщик	6	18900	3150
Токарь	6	19200	3200
Кладовщик	3	15000	5000
Уборщица	3	12000	4000
Итого	36	657180	657180
Нач. цеха	12	26400	2200
Зам. нач. цеха	12	24000	2000
Нач. смены	12	22800	1900
Ст. мастер	12	21000	1750
Мастер	6	18000	3000
Итого	5	112200	65100
Всего по котельному цеху	41	769380	722280

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

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} = 3\Pi^{\text{оп}} + 3\Pi^{\text{оп}} * (k_{\text{доп}} + k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}),$$

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

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

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

$$\Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} = 657,18 + 657,18 * (1,2 + 0,43 + 0,3) = 1925,5 \text{ т. р.}$$

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,08 * 3\Pi^{\text{оп}} = 0,08 * 657,18 = 52,57 \text{ т. р.}$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 1925,5 + 52,57 = 1978,07 \text{ т. р.}$$

Основная заработная плата управленческого персонала:

$$3\Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} = 3\Pi^{\text{рук}} + 3\Pi^{\text{рук}} * (k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}});$$

$$3\Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} = 112,2 + 112,2 * (0,43 + 0,3) = 194,106 \text{ т. р.}$$

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,08 * 3\Pi^{\text{рук}} = 0,08 * 112,2 = 8,97 \text{ тыс. руб.}$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{рук}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 194,106 + 8,97 = 203,076 \text{ т. р.}$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{\text{зп}} = 12 * (\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12 * (1978,07 + 203,076) = 26173,75 \text{ т. р.}$$

5.4.7 Расчет отчислений на социальные цели

$$И_{\text{сн}} = 0,3 * И_{\text{зп}} = 0,3 * 26173,75 = 7852,125 \text{ т. р.}$$

5.4.8. Расчет прочих расходов

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

$$И_{\text{пр}} = (И_{\text{топ}} + И_{\text{а}} + И_{\text{т.р.}} + И_{\text{в}} + И_{\text{э}} + И_{\text{зп}} + И_{\text{сн}}) * 0,12;$$

$$И_{\text{пр}} = (251378,373 + 1959,83 + 391,96 + 3375,77 + 1154,04 + 26173,75 +$$

$$+7852,125) * 0,12 = 35074,3018 \text{ т. р.}$$

Все статьи эксплуатационных расходов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, т.р.	Уд.вес %
Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	251378,37	76,8
Амортизационные отчисления	I_a	1959,83	0,6
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{т.р.}}$	391,96	0,1
Затраты на воду	I_v	3375,77	1,0
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	1154,04	0,4
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	26173,75	8,0
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{сн}}$	7852,12	2,4
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	35074,30	10,7
Итого	$I_{\text{год}}$	327360,15	100,0

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (76,8 % от общих затрат). Следующими по значимости являются расходы на заработную плату и прочие расходы. Таким образом, определяющим фактором в величине эксплуатационных расходов является сжигаемое топливо, а именно: его стоимость, качество, транспортный тариф, дальность расположения от станции и сложности в транспортировке и хранении.

Себестоимость выработанной тонны пара:

$$C_{\text{выр}} = \frac{I_{\text{год}}}{D_{\text{год}}},$$

$D_{\text{год}}$ – количество тонн пара, произведенных за год:

$$D_{\text{год}} = D * h_{\text{год}} = 220 * 6500 = \frac{\text{т}}{\text{год}};$$

$$C_{\text{выр}} = \frac{327360,15}{1430000} = 0,228 \frac{\text{т. р.}}{\text{т}} = 228,92 \frac{\text{руб}}{\text{т}};$$

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{отп}} = \frac{I_{\text{год}}}{D_{\text{отп}}},$$

$D_{отп}$ – количество тонн отпущенного пара:

$$D_{отп} = D_{год} - D_{сн},$$

$D_{сн}$ – годовой расход пара на собственные нужды

$$D_{отп} = D_{год} - 0,05 * D_{год} = 0,95 * D_{год};$$

$$C_{отп} = \frac{I_{год}}{0,95 * D_{год}} = \frac{327360,15}{0,95 * 1430000} = 0,240 \frac{\text{т. р.}}{\text{т}} = 240,97 \frac{\text{руб.}}{\text{т}}.$$

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