

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



Институт – Энергетический
Направление подготовки – 130303 Энергетическое машиностроение
Кафедра – Парогенераторостроения и парогенераторных установок

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Проект котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 270 т/ч взамен отработавшего ресурс оборудования Западно-Сибирской ТЭЦ	
УДК 621.181.001.63	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Демиденко Максим Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ПГС и ПГУ	Хаустов Сергей Александрович	–		

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		

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки (специальность) 130303 «Энергетическое машиностроение»
 Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Демиденко Максиму Сергеевичу

Тема работы:

Проект котельной установки с котлом типа Е паропроизводительностью 270 т/час взамен отработавшего ресурс оборудования Западно-Сибирской ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы: 7 июня 2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Паропроизводительность $D = 270$ т/ч; Давление в барабане $P_6 = 15,5$ МПа; Давление перегретого пара $P_{пп} = 14,1$ МПа; Температура перегретого пара $t_{пп} = 550$ °С; Температура питательной воды $t_{пв} = 230$ °С; Сжигаемое топливо Галдинский марки Г (№47); Рабочая влажность $W_t' = 25$ %; Рабочая зольность $A^r = 20$ %; Величина непрерывной продувки $p = 2,7$ %.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Введение (с обоснованием актуальности темы и цели работы) 2 Тепловой расчёт топочной камеры 3 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла 4 Аэродинамический расчет газоздушного тракта котельной установки. 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность 7 Заключение, в т.ч. на иностранном языке.

Перечень графического материала	Продольный разрез котла (чертеж общего вида; формат А1) – 1 лист; Поперечные разрезы котла (чертеж общего вида; формат А1) – 1 лист; Горизонтальный разрез котла и вид сверху (чертеж общего вида; формат А1 или А2) – 1 лист. Схема газовоздушного тракта котельной установки – 1 лист на формате А1.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Романцев Игорь Иванович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

--

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Хаустов С.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Демиденко Максим Сергеевич		

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>
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 ма-	Требования ФГОС

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	тематические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для моделирования, проектирования и совершенствования объектов профессиональной деятельности и процессов в энергетическом машиностроении	(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>
P10	Способность и готовность осваивать новые технологические процессы и виды оборудования; использовать технические средства для измерения основных параметров котлов, парогенераторов, камер сгорания, теплообменников разного назначения, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, осуществлять монтажно-наладочные и сервисно-эксплуатационные работы на энергетических объектах после непродолжительной профессиональной адаптации	Требования ФГОС (ПК-17,18,19,20,21), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Способность и готовность проводить технико-экономическое обоснование решений с применением элементов экономического анализа, соблюдать и обеспечивать производственную и трудовую дисциплину и осуществлять организационно-управленческую работу с малыми коллективами	Требования ФГОС (ПК-22,23,24), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 90 страниц, 12 источников, 12 таблиц, шести 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 270 т/ч для работы на Талдинском угле марки Г.

Задачи проекта заключаются в выборе рациональной компоновки и определении размеров поверхностей нагрева парового котла, определении температур и тепловосприятый 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 Microsoft Office, с использованием программы КОМПАС 3D-V14.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Обозначения и сокращения:

	–	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	–	экранные трубы
энт.	–	энтальпия

Определения:

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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	12
1 Описание производственного объекта и сжигаемого в нем топлива	13
2 Обоснование принятых технических решений и методов проектирования.....	15
3 Аэродинамический расчет газового тракта котельной установки с паровым котлом Е-270-14,1-550 КТ	17
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	60
5 Социальная ответственность.....	73
Заключение	84
Conclusion.....	85
Список используемых источников	86
Приложение А Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла Е-270-14,1-550 КТ	88
Приложение Б Средние объемные характеристики продуктов сгорания для отдельных газоходов котла	89
Приложение В Таблица энтальпий	90
Графические материалы:	
ФЮРА.311233.002 ВО Паровой котел Е-270-14,1-550 КТ (продольный разрез)	
ФЮРА.311233.003 ВО Паровой котел Е-270-14,1-550 КТ (поперечный разрез)	
ФЮРА.311233.004 ВО Паровой котел Е-270-14,1-550 КТ (вид сверху)	
ФЮРА.311233.005 ВО Схема газового тракта котельной установки с паровым котлом Е-270-14,1-550 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.

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.

Западно-Сибирская ТЭЦ расположена в г. Новокузнецке Кемеровской области на юго-востоке Западно-Сибирского региона. Площадь Кемеровской области равна 95,5 тыс. кв. км, что составляет около 4 % территории Западной Сибири. 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. С учетом крайней степени изношенности и устаревания эксплуатируемого более 50 лет энергооборудования, становится актуальным вопрос закупки новых котельных агрегатов [1].

Целью данной работы является расчет и проектирование котельного агрегата с естественной циркуляцией паропроизводительностью 270 т/ч, указанными значениями перегретого пара и сжигаемого топлива.

1 Описание производственного объекта и сжигаемого в нём топлива

1.1 Западно-Сибирская тепловая электростанция, филиал ОАО «Евраз ЗСМК»

Согласно заданию, котел проектируется для Западно-Сибирской ТЭЦ, которая располагается в городе Новокузнецке, Кемеровской области. Принята в эксплуатацию в 1963 году. На предприятии производится тепловая и электрическая энергия, которая используется для собственных нужд комбината и снабжения города [2].

В настоящее время на станции используется как газ, так и уголь: в качестве основного топлива уголь, газ для растопки котлов и для подсвечивания. На станции действует семь турбин и 11 котлоагрегатов [2].

Выброс вредных веществ составляет 6800 тонн в год. Собственного золоотвала Западно-Сибирская ТЭЦ не имеет. Золошлаковые отходы складированы на шламохранилище ОАО «ЗСМК», куда транспортируются водой по каналам ГЗУ. После механического отстаивания часть осветленной воды по водоводам вновь поступает в систему гидрозолоудаления станции. Тем самым обеспечивается замкнутая циркуляция воды [2].

Установленная электрическая и тепловая мощность 600 МВт и 1021,5 Гкал/ч соответственно. Котельный цех разбит на две очереди. Первая очередь включает в себя шесть котлов БКЗ-210-140, вторая очередь пять котлов ТП-87, а так же мазутное хозяйство [2].

1.2 Особенности сжигания Талдинских газовых углей

Маркировка каменного угля зависит от способа добычи, а также от параметров, характеризующих поведение углей в процессе термического воздействия на них. Разновидности газовых используют для получения электрической энергии, так как у них высокая теплоемкость. В качестве основного топлива для

паровых котлов рассматриваемого предприятия принимается Талдинский каменный уголь марки Г.

Угли газовые характеризуются выходом летучих веществ около 40 %. Используются в основном в электроэнергетике и в коммунально-бытовом секторе; при условии малой зольности могут использоваться для получения углеродистых наполнителей в электродном производстве. В проектируемом паровом котле используется топливо с выходом летучих 41 %, влажность и зольность 25 и 20 % соответственно.

Основным источником газовых сортовых углей в России являются разрезы и шахты Кузбасса. В связи с близостью месторождений угля и Новокузнецкой Западно-Сибирской ТЭЦ проектируемый паровой котел Е-270-14,1-550 КТ можно рассматривать в качестве замены старого котлоагрегата [2].

2 Обоснование принятых технических решений

2.1 Выбор типа компоновки и шлакоудаления

Принимается П-образная компоновка, как наиболее распространенная. Ее преимущество заключается в подаче топлива и выходе газов, производимых в нижней части агрегата, что удобно для вывода 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 Талдинский каменный уголь марки Г (газовый), что является аргументом при выборе шлакоудаления в пользу твердого шлакоудаления (ТШУ), которое применяется при сжигании топлива с температурой плавкости золы $t_c > 1350-1400$ °С, а также топлив с выходом летучих веществ $V^{daf} > 18$ %. Принимается твердое шлакоудаление [4].

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 . При сжигании каменного угля $\vartheta_m'' \leq 1160$ °С. Принимается $\vartheta_m'' = 1050$ °С [4].

Температура дымовых газов на выходе из котла ϑ_{yx} для расчетов также принимается в соответствии с рекомендациями [5, с.26], в зависимости от вида сжигаемого топлива. Характеристики топлива позволяют принять температуру уходящих дымовых газов в диапазоне 135–150 °С, принимается температура уходящих дымовых газов $\vartheta_{yx} = 145$ °С [4].

По таблице 4.3 [2, стр. 9] в соответствии с рекомендациями, для топки с ТШУ с полуразомкнутой и разомкнутой системами пылеприготовления, подачи пыли горячим воздухом для данного вида топлива с высокой рабочей влажностью $W^f=25$ % и высокой реакцией угля $V_{daf}=41\%$ принимаем температуру горячего воздуха $t_{г.в} = 360$ °С [4].

Для данного проекта было принято твёрдое шлакоудаление. Перегрев пара осуществляется в радиационном пароперегревателе, конвективных пароперегревателях первой и второй ступени и ширмовом пароперегревателе.

В ходе теплового расчёта топочной камеры (Приложение А) были приняты горелочные устройства по 50 МВт, по две на боковых стенах котельного агрегата.

При проектировании котла приняты следующие особенности компоновки поверхностей нагрева: ширмовый пароперегреватель, радиационный пароперегреватель, конвективные пароперегреватели первой и второй ступеней, водяной экономайзер, выполненный в две ступени и воздухоподогреватель, спроектированный в две ступени.

4 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 также расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемого котельного агрегата.

4.1 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 эф-

фективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 4. Для сравнения выбраны проектируемый котел Е–270–14,1–550 КТ и котел на ТЭЦ ОАО «ДГК» Е-320-15,5-620 КТ.

Таблица 4 – 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					
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	36	29	3,61	2,84

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4 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.

4.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата

Паровой котел с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, однокорпусный. Проектным топливом является каменный уголь Г талдинского бассейна.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 5.

Таблица 5 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-270-14,1-550 КТ

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	270
Давление перегретого пара	P _{пп}	МПа	14,1
Температура перегретого пара	t _{пп}	°С	550
Температура питательной воды	t _{пв}	°С	230
Температура уходящих газов	ϑ _{ух}	°С	145
КПД котла(брутто)	η _к	%	92
Расход топлива, подаваемого в топку	B	кг/с	13,55

4.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

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

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

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

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

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

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

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

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

где D – часовая паропроизводительность проектируемого парогенератора;

K_1 – коэффициент, учитывающий паропроизводительность, согласно [8] при $D=270$ т/ч:

$$K_1 = 0,79;$$

K_2 – коэффициент, учитывающий параметры пара, согласно [8] при температуре перегретого пара 550 °С и давлении $14,1$ МПа:

$$K_2 = 1,35;$$

K_3 – коэффициент, учитывающий перегрев пара, согласно [8] при отсутствии промежуточного перегрева:

$$K_3 = 1;$$

K_4 – коэффициент, учитывающий способ поставки, согласно [8] при поставке блоками:

$$K_4 = 1,15;$$

K_5 – коэффициент, учитывающий вид топлива, согласно [8] при сжигании бурых углей:

$$K_5 = 1;$$

K_6 – коэффициент, учитывающий компоновку парогенератора, согласно [8] при П-образной компоновке:

$$K_6 = 1,04;$$

K_7 – коэффициент, учитывающий число корпусов, согласно [8] для однокорпусного парогенератора:

$$K_7 = 1;$$

K_8 – коэффициент, учитывающий тип парогенератора, согласно [8] для барабанных котлов:

$$K_8 = 1;$$

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент пересчета на современные цены, согласно [8]:

$$K_{\text{пер}} = 53;$$

Подставив численные значения, найдено значение полной себестоимости:

$$C_{\text{пол}} = 270 * 0,79 * 1,35 * 1 * 1,15 * 1 * 1,04 * 1 * 1 * 2000 * 53;$$

$$C_{\text{пол}} = 36505783,1 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

Тогда, значение транспортно-заготовительных расходов:

$$K_{\text{тр}} = 0,02 * C_{\text{пол}} = 730115,662 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

Сопутствующие затраты у потребителя, согласно [8], определяются по формуле:

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

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

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

Подставив численные значения, найдено:

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

$$K_{\text{пот}} = 0,18 * 36505783,1 = 6571040,96 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

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:

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

где $S_{\text{пг}} = 208 \text{ м}^2$ – площадь парогенератора (согласно чертежам котла);

$k_{\text{дп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь, согласно [8]:

$$k_{\text{дп}} = 2,3;$$

$Ц_{\text{зд}}$ – стоимость квадратного метра фундамента, руб. за кв. метр, согласно [8]:

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

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

$$h_{\text{кот}} = 46 \text{ м};$$

Подставив значения, получено:

$$K_{зд} = 208 * 2,3 * 1200 * 46 = 26407680 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

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

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

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

$$k_{\phi} = \eta_k * 10^4 = 0,92 * 10^4;$$

Подставив значения, получено:

$$K_{\phi} = 270 * 0,92 * 10^4 = 2484000 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

$$K_{стр} = 26407680 + 2484000 = 28891680 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}};$$

$$K = 36505783,1 + \frac{36505783,1 * 20}{100} + 730115,662 + 6571040,96 + 28891680 = 79999776,342 \frac{\text{руб}}{\text{т/ч}} = 79999,78 \frac{\text{т.р.}}{\text{т/ч}};$$

Все полученные результаты сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс. руб	%
Себестоимость парогенератора	36505,78	45,60
Затраты на монтаж	2920,46	3,70
Затраты на обмуровку	3650,58	4,70
Стоимость строительства	28891,68	36,10
Транспортно-заготовительные расходы	730,12	0,91
Наценка на ПГ	7191,98	8,99
Общие капитальные вложения	79999,78	100

4.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов

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

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

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

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

$I_{\text{в}}$ – затраты на воду;

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

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

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

$I_{\text{пр}}$ – прочие расходы.

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

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

4.4.1 Расчет затрат на топливо

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

где B – часовой расход натурального топлива

$$B = 13,55 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 48,78 \frac{\text{т}}{\text{ч}};$$

$h_{\text{год}}$ – число часов использования установленной мощности, согласно [8] принимается:

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

$B_{\text{топ}}$ – суммарная величина потерь топлива на территории котельной в % от годового потребления топлива, согласно [8] принимается:

$$B_{\text{топ}} = 7 \%;$$

$C_{\text{т}}$ – цена тонны топлива с учётом доставки, согласно [8] для талдинского каменного угля составляет:

$$C_{\text{т}} = 2000 \frac{\text{руб}}{\text{т}};$$

Подставив численные значения, получено:

$$I_{\text{топ}} = 48,78 * 6500 * \frac{100 + 7}{100} * 2000 = 678529,8 \text{ т.р.}$$

4.4.2 Расчет амортизационных отчислений

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле:

$$I_a = p_n * K,$$

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

K – капитальные вложения (рассчитаны ранее);

Подставив значения, получено:

$$I_a = 0,037 * 79999,78 = 2959,99 \text{ т.р.}$$

4.4.3 Расчет затрат на текущий ремонт

$$I_{\text{т.р.}} = 0,2 * I_a = 0,2 * 2959,99 = 592 \text{ т.р.}$$

4.4.4 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:

$$D_b = 5,5 \frac{\text{т}}{\text{ч}};$$

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

Подставив значения, получено:

$$I_b = 5,5 * 6500 * 85 = 3038,8 \text{ т.р.}$$

4.4.5 Расчет затрат на электроэнергию

Расходы на электроэнергию определяются по двухставочному тарифу:

$$I_z = N_{\text{уст}} * h_{\text{год}} * k_b * k_n * C_z + N_{\text{уст}} * C_{\text{кв}},$$

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

$k_b = k_n = 0,9$ – коэффициенты времени и потерь электроэнергии;

$\Pi_3 = 1,7 \frac{руб}{кВт*ч}$ – тариф на потребленную электроэнергию;

$\Pi_{кв} = 270 \frac{руб}{год}$ – стоимость кВт на заявленную мощность;

Подставив значения, получено:

$$И_3 = 80 * 6500 * 0,9 * 0,9 * 1,7 + 80 * 270 = 737,64 \text{ т.р.}$$

4.4.6 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 7.

Таблица 7 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания в смену	Месячный оклад руб./чел.	Месячный оклад руб/ПП
Старший машинист	3	27300	9100,0
Машинист котлов 4 разряда	2	16000	8000,0
Машинист котлов 3 разряда	1	20100	20100,0
Машинист багерной насосной	6	19840	3306,7
Машинист насосных установок	3	20080	6933,3
Машинист обходчик по оборудованию	3	19900	6633,3
Котлочист	3	18500	6166,7
Зольщик	3	17740	5913,3
Слесарь по ремонту	2	16980	8490,0
Дежурный слесарь	6	16920	2820,0

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
Дежурный электрик	6	16920	2820,0
Электросварщик	6	16400	2733,3
Газосварщик	6	16240	2706,7
Газорезчик	6	17140	2856,7
Печник	3	19200	6400,0

Крановщик	6	16620	2770,0
Токарь	6	17320	2886,7
Кладовщик	3	15300	5100,0
Уборщица	3	15380	5126,7
Итого	36	663740	663740,0
Нач. цеха	12	24200	2016,7
Зам. нач. цеха	12	23480	1956,7
Нач. смены	12	22920	1910,0
Ст. мастер	12	20400	1700,0
Мастер	6	19000	3166,7
Итого	5	110000	64500,6
Всего по котельному цеху	41	773740	728240,6

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:

$$П_{осн}^{оп} = ЗП^{оп} + ЗП^{оп} * (k_{доп} + k_{прем} + k_{рк}),$$

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

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

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

$$П_{осн}^{оп} = 663,74 + 663,74 * (1,2 + 0,43 + 0,3) = 1944,76 \text{ т.р.}$$

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала:

$$П_{доп}^{оп} = 0,08 * ЗП^{оп} = 0,08 * 663,74 = 53,1 \text{ т.р.}$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$П_{общ}^{оп} = П_{осн}^{оп} + П_{доп}^{оп} = 1944,76 + 53,1 = 1997,86 \text{ т.р.}$$

Основная заработная плата управленческого персонала:

$$ЗП_{осн}^{рук} = ЗП^{рук} + ЗП^{рук} * (k_{прем} + k_{рк});$$

$$ЗП_{осн}^{рук} = 110 + 110 * (0,43 + 0,3) = 190,3 \text{ т.р.}$$

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$П_{доп}^{рук} = 0,08 * ЗП^{рук} = 0,08 * 110 = 8,8 \text{ тыс. руб.}$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$П_{\text{общ}}^{\text{рук}} = П_{\text{осн}}^{\text{рук}} + П_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 190,3 + 8,8 = 199,1 \text{ т.р.}$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{\text{зп}} = 12 * (П_{\text{общ}}^{\text{оп}} + П_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12 * (1997,86 + 199,1) = 26363,52 \text{ т.р.}$$

4.4.7 Расчет отчислений на социальные цели

$$И_{\text{сн}} = 0,3 * И_{\text{зп}} = 0,3 * 26363,52 = 7909,06 \text{ т.р.}$$

4.4.8. Расчет прочих расходов

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

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

$$И_{\text{пр}} = (678529,8 + 2959,99 + 592 + 3038,8 + 737,64 + 26363,52 + 7909,06) * 0,12 = 86415,7 \text{ т.р.}$$

Все статьи эксплуатационных расходов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Эксплуатационные расходы

Наименование затрат	Обозначение	Величина, т.р.	Уд. вес %
Затраты на топливо	$I_{\text{топ}}$	678529,8	84,10
Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	2959,99	0,37
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{т.р.}}$	592	0,07
Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	3038,8	0,38
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	737,64	0,091
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	26363,52	3,30
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{сн}}$	7909,06	0,98
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	86415,7	10,71
Итого	$I_{\text{год}}$	806546,51	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (84,1 % 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:

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

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

$$D_{\text{год}} = D * h_{\text{год}} = 270 * 6500 = 1755000 \frac{\text{т}}{\text{год}};$$

$$C_{\text{выр}} = \frac{806546,51}{1755000} = 0,459 \frac{\text{т.р.}}{\text{т}} = 459,57 \frac{\text{руб}}{\text{т}};$$

Себестоимость отпущенной тонны пара:

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

где $D_{\text{отп}}$ – количество тонн отпущенного пара:

$$D_{\text{отп}} = D_{\text{год}} - D_{\text{сн}},$$

где $D_{\text{сн}}$ – годовой расход пара на собственные нужды (принимается 5 % от $D_{\text{год}}$);

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

$$C_{\text{отп}} = \frac{I_{\text{год}}}{0,95 * D_{\text{год}}} = \frac{806546,51}{0,95 * 1755000} = 0,483 \frac{\text{т.р.}}{\text{т}} = 483,76 \frac{\text{руб}}{\text{т}}.$$

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