

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

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование парового котла типа Е паропроизводительностью 160 т/час для повышения мощности пуско-резервной котельной

УДК 621.311.2.002.5:621.181.001.6(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Данилов Сергей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ташлыков А.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Попова. С.Н.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт Энергетический

Направление подготовки (специальность) 13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ПГС и ПГУ

_____ А.С. Заворин

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5В21	Данилову Сергею Сергеевичу

Тема работы:

Проект парового котла типа Е паропроизводительностью 160 т/ч для повышения мощности пуско-резервной котельной

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

7.06.16

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Паропроизводительность	$D = 160$ т/ч;
	Давление в барабане	$P_6 = 11,2$ МПа;
	Давление перегретого пара	$P_{пп} = 9,9$ МПа;
	Температура перегретого пара	$t_{пп} = 510$ °С;
	Температура питательной воды	$t_{пв} = 210$ °С;
	Сжигаемое топливо	Березовский 2Б (№89);
	Рабочая влажность	$W_t^r = 33\%$;
	Рабочая зольность	$A^r = 4,7\%$;
	Величина непрерывной продувки	$p = 2,5\%$.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Введение (с обоснованием актуальности темы и цели работы) 2 Тепловой расчет топочной камеры 3 Тепловой расчет поверхностей нагрева парового котла 4 Аэродинамический расчет 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 газового тракта котла – 1 лист
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Романцов 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
Доцент	Ташлыков А.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Данилов Сергей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Данилову Сергею Сергеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ПГС и ПГУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Энергетическое машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Средняя стоимость 1 м ³ производственного здания – 1200 руб/ м ³ ; цена натурального топлива – 2000 руб/т.; стоимость 1 кВт потребляемой энергии – 2,1 руб.; стоимость 1 кВт заявленной мощности – 200 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Паропроизводительность котла – 160 т/ч.; установочная мощность токоприемников парогенератора – 48 кВт; число часов использования установленной мощности – 6500 ч; часовой расход воды в котле – 5,34% от паропроизводительности..
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления на социальные нужды – 1198,26 тыс.руб; амортизационные отчисления на капитальный ремонт и реновацию – 3,7%.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ конкурентоспособности технических решений	
2. Определение капитальных вложений в проектируемый паровой котел	
3. Определение годовых эксплуатационных издержек	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5B21	Данилов Сергей Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5B21	Данилову Сергею Сергеевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования)	1. Филиал «Березовская ГРЭС» ОАО «ОГК-4» Березовская ГРЭС. - вредные производственные факторы: шум, освещенность, продукты сгорания органического топлива, микроклимат; -опасные производственные факторы: падение человека с высоты, термический ожог острым паром, отравление продуктами сгорания органического топлива, поражение электрическим током; -воздействие на окружающую среду дымовых газов, золы и шлака; -чрезвычайные ситуации: взрыв котельного агрегата, землетрясение, пожар.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	2. СанПиН 2.2.4.1191–03. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. ГН 2.2.5.1313–03. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	1. Основные вредные факторы. Негативное воздействие шума на человека. Влияние освещенности на производственную деятельность человека. Негативное воздействие на здоровье человека продуктов сгорания органического топлива.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	2. Анализ опасных факторов. Механическое воздействие на человека ввиду падения с высоты. Термическое воздействие на человека перегретым (острым) паром. Поражение электрическим током.
3. Охрана окружающей среды	3. Охрана окружающей среды. Выбросы в атмосферу – твердые частицы золы, оксиды серы, оксиды азота. При неполноте сгорания топлива – угарный газ, углеводороды, бензапирен. В зонах воздействия золошлакоотвалов формируются неблагоприятные экологические ситуации из-за пылеобразования, а также вымывания компонентов золы, попадания их в почву и подземные воды, что, в свою очередь, оказывает негативное воздействия на население. Более того шлак радиоактивен.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях	Защита в чрезвычайных ситуациях. Перечень возможных ЧС на объекте. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	-Экологическая безопасность; -Охрана труда; -Чрезвычайные ситуации.
--	---

Перечень графического материала:

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	-
--	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5В21	Данилов Сергей Сергеевич		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Универсальные компетенции		
P1	Готовность к самостоятельной индивидуальной работе и принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции, способность к переоценке накопленного опыта и приобретению новых знаний в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики, применению методов и средств обучения и самоконтроля, критическому оцениванию своих достоинств и недостатков, осознанию перспективности интеллектуального, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе для выбора путей достижения общей цели при выполнении комплексных инженерных задач, к обобщению и анализу различных мнений, участию в дискуссиях для принятия решений в нестандартных условиях и готовность нести за них ответственность	Требования ФГОС (ОК-1,3,4,12), Критерий 5 АИОР (п. 2.2., п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Понимание сущности и значения информации в развитии современного общества и профессиональной среды, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации и использования их для решения коммуникативных задач, в том числе с применением государственного и одного из иностранных языков	Требования ФГОС (ОК-2,11,15), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность и готовность понимать движущие силы, закономерности и место человека в историческом процессе, ответственно участвовать в политической жизни с соблюдением прав и обязанностей гражданина, моральных и правовых норм общества, анализировать социально и экономически значимые проблемы, и процессы с использованием методов гуманитарных, социальных и экономических наук, быть активным субъектом экономической деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, 9, 10, 14), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Способность к эстетическому развитию и самосовершенствованию, бережному отношению к историческому и культурному наследию, уважению многообразия культур и цивилизаций, к физическому самовоспитанию, сохранению и укреплению здоровья для обеспечения полноценной деятельности; осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике	Требования ФГОС (ОК-13,16, ПК-5, 16), Критерий 5 АИОР (п. 2.5, п. 2.6.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
P6	Готовность применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для моделирования, проектирования и совершенствования объектов профессиональной деятельности и процессов в энергетическом машиностроении	Требования ФГОС (ПК-1,2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Готовность решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и эксплуатацией энергетических машин, аппаратов и установок с использованием системного анализа и формировать	Требования ФГОС (ПК-4,6,7,8), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	законченное представление о принятых решениях средствами нормативно-технической и графической информации	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 177 страниц, девяти источников, трех рисунков, шести приложений, 12 таблиц.

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

Цель работы – разработка проекта котельной установки с котлом типа Е паропроизводительности 160 т/ч для работы на остаточном продукте нефтепереработки.

Задачи проекта заключаются в выборе рациональной компоновки и определений 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 в разработке средств инженерной защиты окружающей среды при работе котла на остаточном продукте нефтепереработки.

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

Результатом работы являются полученные расчетные характеристики котельной установки, рассчитанная стоимость вырабатываемого пара, выявленный уровень опасных и вредных факторов рабочего места конструктора.

Объектом исследования является паровой котел Е-160-9,9-510 БТ.

ВКР выполнена с использованием Microsoft Word, с использованием программы КОМПАС 3D.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.102 – 68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.104 – 2000 ЕСКД. Основные надписи

ГОСТ 2.109 – 73 ЕСКД. Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.302 – 68 ЕСКД. Масштабы

ГОСТ 2.303 – 68 ЕСКД. Линии

ГОСТ 2.304 – 81 ЕСКД. Шрифты чертежные

ГОСТ 2.305 – 2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения

ГОСТ 2.307 – 2001 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений

Паровой котел – это устройство для выработки пара с давлением выше атмосферного за счет теплоты сжигаемого топлива.

Котельная установка – совокупность устройств и механизмов для получения водяного пара или горячей воды за счет теплоты сжигаемого топлива. Состоит из котла и вспомогательного оборудования (тягодутьевое оборудование, дымовая труба и т.п.)

ШПП – ширмовый пароперегреватель, устройство, предназначенное для перегрева пара.

КПП I – конвективный пароперегреватель первой ступени, устройство, предназначенное для перегрева пара.

КПП II – конвективный пароперегреватель второй ступени, устройство, предназначенное для перегрева пара.

ВЭК – водяной экономайзер, элемент котлоагрегата, теплообменник, в котором питательная вода перед подачей в котел подогревается уходящими из котла газами.

ВП – воздухоподогреватель, устройство, предназначенное для подогрева воздуха, направляемого в топку котельного агрегата.

Воздушный тракт котла – путь движения воздуха, включает короб холодного воздуха, воздухоподогреватели и горелочные устройства.

ВД – тягодутьевой вентилятор, устройство, которое перемешивает воздух, забираемый в установку снаружи.

КПД – коэффициент полезного действия, характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии.

ПДК – предельно допустимая концентрация, утвержденный в законодательном порядке санитарно – гигиенический норматив.

КЕО – коэффициент естественной освещенности, отношение естественной освещенности, создаваемое в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом небо (непосредственным или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

СанПиН – Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы, это правила, которые устанавливают предельно допустимые значения факторов, влияющих на обеспечение нормальной жизнедеятельности человека.

Рабочее состояние топлива – состояние топлива с таким содержанием общей влаги и зольности, с которыми оно добывается, отгружается или используется.

Содержание

Введение.....	14
2 Тепловой расчет топочной камеры.....	17
3 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла.....	19
4 Аэродинамический расчет котельной установки.....	20
4.1 Исходные данные для расчета установки.....	20
4.2 Расчет аэродинамического сопротивления участка газового тракта в пределах котла (участка I Г).....	21
4.3 Выбор золоуловителя и оценка его аэродинамического сопротивления.....	26
4.4 Компоновка газового тракта от выхода из котла до золоуловителя (участка II Г) и расчет его аэродинамического сопротивления.....	28
4.5 Предварительный выбор дымососа (ДС).....	35
4.6 Компоновка газового тракта от выхода из ЭФ до входа в дымосос (участка IV Г) и расчет его аэродинамического сопротивления.....	41
4.7 Расчет аэродинамического сопротивления участка V Г (от дымососа до дымовой трубы).....	45
4.8 Расчёт дымовой трубы.....	50
4.9 Расчёт сопротивления дымовой трубы (проводится по наибольшей скорости в трубе и температуре газов у дымососа).....	53
4.10 Проверка появления избыточного статического давления в дымовой трубе.....	54
4.11 Расчёт самотяги газового тракта.....	55
4.12 Расчет перепада полных давлений по газовому тракту. Окончательный выбор дымососа.....	57
4.13 Проверка отсутствия подпора за дымососом.....	59
4.14 Определение КПД дымососа. Расчет мощности приводного двигателя дымососа.....	60
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	62
5.1 Анализ конкурентоспособности технических решений.....	62
5.2 Характеристика проектируемого котельного агрегата.....	64
5.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел.....	65
5.4 Расчет годовых эксплуатационных расходов.....	67

6	Социальная ответственность.....	73
6.1	Анализ опасных и вредных факторов.....	74
6.2	Техника безопасности.....	75
6.3	Освещение.....	76
6.4	Производственный шум.....	78
6.5	Пожарная безопасность.....	79
6.6	Охрана окружающей среды.....	82
6.7	Чрезвычайные ситуации.....	82
	Заключение.....	84
	Список использованной литературы.....	85
	Приложение А.....	86
	Приложение Б	116
	Приложение В.....	116

Введение

Березовская ГРЭС – филиал ОАО «Э.ОН Россия», расположенный в Шарыповском районе Красноярского края. С октября 2015 года её установленная мощность составляет 2400 МВт (три энергоблока по 800 МВт). Станция работает на бурых углях Берёзовского месторождения и является самой мощной тепловой электростанцией Красноярского края. По итогам 2015 года выработка электроэнергии составила 8,97 млрд. кВт ч, отпуск тепла – 634 тыс. Гкал [1].

Березовская ГРЭС – единственная электростанция в России с энергоблоками мощностью 800 МВт, где в качестве топлива используется уголь, все остальные тепловые электростанции с блоками такой мощности работают на газе. Электростанция работает в составе объединённой энергетической системы Сибири. Доля установленной мощности в ОЭС Сибири составляет 4,6 %. Доля установленной мощности среди тепловых электростанций Сибири – 9,0 %.

Дымовая труба Берёзовской ГРЭС, высотой 370 м – самый высокий подобный технический объект в России и пятый по высоте в мире. Подвесные котлы энергоблоков Березовской ГРЭС – также уникальны. Их высота 120 метров, общая масса котла с учетом массы вспомогательного оборудования превышает 25 тысяч тонн.

Строительство Березовской ГРЭС началось в 1976 году. Технический проект предполагал строительство восьми энергоблоков по 800 МВт каждый. Таким образом, планируемая установленная мощность электростанции должна была составить 6400 МВт. Пуск первого энергоблока состоялся 1 декабря 1987 года, второй энергоблок был пущен в апреле 1991 года. Затем финансирование строительства было приостановлено. Проектная мощность электростанции составляла 1600 МВт. Однако вскоре после пуска мощность действующих энергоблоков была снижена с проектных 1600 до 1400 МВт. Это произошло из-за интенсивного шлакования поверхностей нагрева котлов при

работе на высокозольных углях Березовского месторождения на максимальных параметрах мощности. ОАО «Э.ОН Россия» в 2009 году начала реализацию проекта по увеличению мощности станции до проектных 1600 МВт. Это стало возможным благодаря использованию современных энергетических технологий. Проект по росту установленной мощности энергоблока № 2 был произведен в конце 2010 года. Аналогичный проект на энергоблоке № 1 закончен в 2011 году. К реализации завершающего этапа своей инвестиционной программы – строительству на Березовской ГРЭС третьего энергоблока мощностью 800 МВт. – ОАО «Э.ОН Россия» приступило в мае 2011 года. Объект введен в эксплуатацию в 2015 году.

Проект по строительству ПСУ-800 (пылеугольного блока на сверхкритические параметры пара) Березовской ГРЭС имел приоритетный статус для развития энергетики России. (Распоряжение Правительства РФ о реализации с применением программы ДПМ № 1334-р от 11.08.2010г.). Аналогичные энергоблоки в России не строились более 20 лет.

При строительстве нового энергоблока были приняты меры по сведению к минимуму негативного воздействия объекта на окружающую среду. Модернизированное оборудование позволяет снизить выбросы оксидов азота – до 300 мг/м³, что соответствует самым жестким российским экологическим нормам. Усовершенствована система очистки сточных вод, используются высокоэффективные маслоохладители.

Ввод в эксплуатацию новой ПСУ-800 МВт Березовской ГРЭС положительным образом отражается на экономике Красноярского края и Сибирского региона. Создан эффективный и маневренный резерв мощностей, повышена надежность электроснабжения региона. Снижена зависимость энергоснабжения потребителей Красноярского края и Сибирского региона от режимов работы ГЭС Сибири в маловодные годы. В Красноярском крае появилась возможность вывода из эксплуатации генерирующего оборудования, выработавшего свой ресурс.

С вводом в эксплуатацию энергоблока № 3 работы на Березовской ГРЭС не прекращены. В рамках технического перевооружения электростанции идет строительство нового узла приема топлива и модернизация золоотвала.

Цель работы: проект парового котла для повышения мощности пуско – резервной котельной Березовской ГРЭС. В качестве основного топлива применяется Березовский уголь марки 2Б. В качестве индивидуального задания произведен аэродинамический расчет газового тракта котла.

2 Тепловой расчет топочной камеры

Цель раздела заключается в расчёте элементного состава и теплотехнических характеристик топлив, объёмов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания, составлении теплового баланса котла и определении расхода топлива и КПД котла, выборе и компоновке горелочного устройства, определении габаритов топочной камеры и коллекторов, выборе основных конструктивных характеристик и в тепловом расчете топочной камеры.

Составление теплового баланса котла заключается в установлении равенства между поступившим в котел количеством тепла и суммой полезно использованного тепла Q_1 и тепловых потерь Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6 . На основании теплового баланса вычисляются КПД и необходимый расход топлива.

Компоновка горелок и форма топочной камеры взаимосвязаны и имеют решающее значение для надежности и экономичности работы котла. Топочное устройство (горелки вместе с топкой) должно удовлетворять основным требованиям, обеспечивающим:

- эффективное смешение топлива с необходимым для горения количеством воздуха;
- устойчивое воспламенение;
- заданную экономичность сжигания топлива;
- минимальное количество вредных выбросов;
- равномерное распределение тепловых нагрузок по периметру топки;
- простоту изготовления и удобство при монтаже и ремонте.

Компоновка горелок (размещение) в сочетании с геометрическими характеристиками топочной камеры, в основном, определяют аэродинамику топочной камеры, надежность и экономичность работы топки в целом. Из этого следует, что выбор типа и компоновки горелочных устройств является одним из важнейших моментов конструирования топок.

Вихревые горелки могут компоноваться, в камерных топках, по встречной схеме. Эта схема находит широкое применение в котлах средней и большой мощности для сжигания каменных и бурых углей, включая угли с пониженной реакционной способностью.

Для сжигания каменных углей с $V^{daf} \geq 30 \%$ и бурых (высокорекреационные топлива) в схеме встречного расположения горелок могут быть использованы горелки типа ГПЛ (прямоточно-лопаточные горелки).

В топочной камере можно организовать сжигание топлив с твердым и жидким шлакоудалением.

Для Березовского угля применяются ТШУ, т.к. твердое шлакоудаление целесообразно для топлив с умеренными значениями температуры t_c , значение $t_c = 1310 \text{ }^\circ\text{C}$, и при выходе летучих веществ $V^{daf} > 18 \%$, а также при относительно небольшой зольности топлива, которая для Березовского угля равна $A_{пр}^r = 0,27 \%$ кг/МДж, что удовлетворяет условию $A_{пр}^r < 1 \%$ кг/МДж.

При выборе типа мельниц в общем случае приводится анализ следующих данных:

- Возможность получения пыли требуемого качества при измельчении конкретного топлива.
- Капитальные расходы.
- Эксплуатационные расходы на привод пылеприготовительного оборудования.
- Эксплуатационные расходы на изменение КПД котла при равной тонкости пыли.
- Эксплуатационные расходы на ремонт пылеприготовительного оборудования.
- Простота управления и автоматизации.

Придерживаясь рекомендациям, приведенных в [2. таблица 3.4] к выбору типа мельниц, для Березовского угля применяются молотковые

мельницы (ММ), т.к. ММ применяются для топлив с $V^{daf} > 28 \%$ и $S_{(o+p)}^r < 6 \%$, $k_{до} = 1,3$.

Расчет данного раздела приведен в приложении А.

3 Тепловой расчет и конструирование поверхностей нагрева парового котла

Паровые котлы, применяемые на современных электростанциях, являются сложными и дорогостоящими агрегатами, поэтому расчет парового котла является ответственной и трудоёмкой задачей.

В основе проекта котла наряду с тепловым расчетом топочной камеры лежит тепловой расчет поверхностей нагрева котла.

Целью данного раздела является освоение методики теплового расчета поверхностей нагрева котлов.

Существует два метода теплового расчета конструктивный и проверочный. Целью конструктивного расчета является определение всех геометрических характеристик поверхностей нагрева по известному их тепловосприятию, целью проверочного расчета является задача, обратная конструктивному: определение тепловосприятия поверхности при заданных ее геометрических характеристиках.

Температурный напор зависит от схемы взаимного движения теплоносителя и рабочего тела (прямоток, противоток, перекрестный ток и смешанный ток), наибольшего значения температурный напор достигает при противотоке.

Увеличить интенсивность теплообмена можно следующими способами: увеличивая скорости (например, дымовых газов), применяя оребрение, варьируя различными схемами взаимного движения теплоносителя рабочего тела (с целью повышения температурного напора и применяя различное расположение труб (коридорное или шахматное).

Особенностью как конструкторского, так и поверочного теплового расчета является необходимость применения метода последовательных приближений, что значительно повышает трудоемкость вычислений

Расчет данного раздела приведен в приложении В.

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 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–160-9,9-510 БТ и котел Е–320–14–555-КТ на Артемовской ТЭЦ АО «Дальневосточная генерирующая компания».

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,07	3	2	0,21	0,14
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	4	3	0,52	0,39
Помехоустойчивость	0,03	4	4	0,12	0,12
Энергоэкономичность	0,10	3	3	0,30	0,30
Надежность	0,20	4	3	0,80	0,60
Уровень шума	0,04	2	1	0,08	0,04
Безопасность	0,20	4	3	0,80	0,60
Экономические критерии оценки эффективности					
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 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 также 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 Березовский уголь марки 2Б.

Номинальные значения основных параметров выделены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Номинальные значения основных параметров котельного агрегата Е-160-9,9-510-БТ.

Название	Обозначение	Единица измерения	Значение
Паропроизводительность	D	т/ч	160
Давление перегретого пара	P _{пп}	МПа	9,9
Температура перегретого пара	t _{пп}	°С	510
Температура питательной воды	t _{пв}	°С	210
Температура уходящих газов	ϑ _{ух}	°С	130
КПД котла(брутто)	η _{ка}	%	93,1826
Расчетный расход топлива	B _р	кг/с	6,952

4.3 Расчет капитальных вложений в проектируемый паровой котел

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

$$K = C_{\text{пол}} + C_{\text{пол}} \cdot P_{\text{н}} / 100 + K_{\text{тр}} + K_{\text{пот}} + K_{\text{стр}} = 49482940,4 + 49482940,4 \cdot 20 / 100 + 989658,8 + 8906929,27 + 8345361,88 = 77621478,46 \text{ руб.}, \quad (5.1)$$

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{пол}} = D \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot 2000 \cdot K_{\text{пер}} = 320 \cdot 0,78 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,12 \cdot 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2000 \cdot 135 = 90272931,84 \text{ руб.} \quad (5.2)$$

где D – часовая паропроизводительность проектируемого ПГ;

K_1 – паропроизводительность проектируемого ПГ (при паропроизводительности в 160 т/ч принимается равным 0,78);

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 бурых углей принимается равным 1,12);

K_6 – компоновка ПГ (при П-образной компоновке принимается $K_6=1,04$);

K_7 – число корпусов (по числу корпусов принимается равным 1);

K_8 – тип ПГ (для барабанных котлов принимается равным 1),

$K_{\text{пер}}$ – коэффициент пересчета на современные цены (принимается $K_{\text{пер}}=148$).

Удельная себестоимость ПГ выбранного за основу расчета:

$$K_{\text{пот}} = K_{\text{м}} + K_{\text{обм}} = 3958635,23 + 4948294,04 = 8906929,27 \text{ руб.}, \quad (5.3)$$

где $K_{\text{м}}$ – затраты на монтаж, 8% от цены котла,

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

Стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = K_{\text{зд}} + K_{\text{ф}}. \quad (5.4)$$

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

$K_{\text{ф}}$ – стоимость фундамента.

В свою очередь:

$$K_{\text{зд}} = S_{\text{м}} \cdot k_{\text{дп}} \cdot \Pi_{\text{зд}} \cdot h_{\text{кот}} = 72,12 \cdot 2 \cdot 1200 \cdot 39,6 = 6854440,2 \text{ руб.}, \quad (5.5)$$

$$K_{\text{ф}} = D \cdot k_{\text{ф}} = 160 \cdot 9318,26 = 1490921,6 \text{ руб.}; \quad (5.6)$$

где $S_{\text{м}}$ – площадь парогенератора, м^2 ;

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

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

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

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

С учетом (5.5) и (5.6) стоимость строительства:

$$K_{\text{стр}} = 1490921,6 + 6854440,2 = 8345361,88 \text{ руб.}$$

Таблица 5.3 – Сводная таблица капитальных вложений (инвестиций)

Состав капитальных вложений	Величина	
	Тыс.руб	%
Себестоимость парогенератора	49482,94	63,75
Затраты на монтаж	3958,63	5,10
Затраты на обмуровку	4948,29	6,37
Стоимость строительства	8345,36	10,76
Транспортно-заготовительные расходы	989,65	1,27
Наценка на ПГ	9896,58	12,75
Общие капитальные вложения	77621,48	100

4.4 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:

$$I_{\text{год}} = I_{\text{топ}} + I_a + I_{\text{т.р.}} + I_v + I_э + I_{\text{зп}} + I_{\text{пр}}. \quad (5.7)$$

5.4.1 Расчет затрат на топливо

$$\begin{aligned}
I_{\text{топ}} &= B_p \cdot h_{\text{год}} (1 + B_{\text{пот}}/100) \cdot C_{\text{т.н.т.}} = \\
&= 25 \cdot 6500 (1 + 6,81/100) \cdot 2000 = 347132,5 \text{ тыс.руб.}, \\
(5.8)
\end{aligned}$$

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

$$B_p = 6,952 \text{ кг/с} = 25 \text{ т/ч};$$

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

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

$C_{\text{т.н.т.}}$ – цена натурального топлива, с учетом доставки 2000 руб/т.

5.4.2 Расчет амортизационных отчислений

$$I_a = p_n \cdot K = 0,037 \cdot 77621,47 = 2871,99 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.9)$$

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

$$I_{\text{тр}} = 0,2 \cdot I_a = 0,2 \cdot 2871,99 = 574,398 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.10)$$

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:

$$I_b = D_b \cdot h_{\text{год}} \cdot C_b = 5,34 \cdot 6500 \cdot 73 = 2533,83 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.11)$$

где D_b – часовой расход воды, т/час;

C_b – стоимость воды с учетом химводоочистки.

5.4.5 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$\begin{aligned}
I_{\text{э}} &= N_{\text{уст}} \cdot h_{\text{год}} \cdot k_b \cdot k_n \cdot C_{\text{э}} + N_{\text{уст}} \cdot C_{\text{кв}} = \\
&= 48 \cdot 6500 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 2,1 + 48 \cdot 200 = 540,321 \text{ тыс.руб.}, \quad (5.12)
\end{aligned}$$

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

$K_v, K_{п}$ – коэффициенты времени и потерь эл. энергии;

$\Pi_э$ – 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.

Таблица 5.4 – Штатное расписание котельного цеха

Наименование должностей	Норма обслуживания	Месячный оклад	Месячный оклад руб/ПГ
1	2	3	4
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	4833,33
Зольщик	3	14100	4700
Слесарь по ремонту	2	14200	7100
Дежурный слесарь	6	13800	2300
Дежурный электрик	6	13800	2300
Электросварщик	6	14000	2333,33
Газосварщик	6	14100	2350
Газорезчик	6	14100	2350
Печник	3	14500	4833,33
Крановщик	6	13500	2250
Токарь	6	13800	2300
Кладовщик	3	12500	4166,67
Уборщица	3	5000	1666,67
Итого	34	268200	469600
Нач. цеха	1	19000	3166,67
Зам. нач. цеха	1	18200	3030,33
Нач. смены	3	17800	17800

Ст. мастер	1	16000	2666,67
Мастер	3	12000	2000
Итого	9	83000	28663,67
Всего по котельному цеху	43	351200	168447

Основная заработная плата обслуживающего персонала:

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

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

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

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

Дополнительная заработная плата обслуживающего персонала :

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 3\Pi^{\text{оп}} = 0,8 \cdot 139783,33 = 11,18 \text{ тыс. руб.} \quad (5.13)$$

Общая заработная плата обслуживающего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{оп}} = 269,78 + 11,18 = 280,97 \text{ тыс. руб.} \quad (5.14)$$

Основная заработная плата руководящего персонала:

$$\begin{aligned}
 \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} &= 3\Pi^{\text{рук}} + 3\Pi^{\text{рук}}(k_{\text{прем}} + k_{\text{рк}}) = \\
 &= 28663,67 + 28663,67(0,43 + 0,3) = 49,59 \text{ тыс. руб.} \quad (5.15)
 \end{aligned}$$

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

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

Дополнительная заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 0,08 \cdot 3\Pi^{\text{рук}} = 0,08 \cdot 28663,67 = 2,29 \text{ тыс. руб.} \quad (5.16)$$

Общая заработная плата руководящего персонала:

$$\Pi_{\text{общ}}^{\text{рук}} = \Pi_{\text{осн}}^{\text{рук}} + \Pi_{\text{доп}}^{\text{рук}} = 49,59 + 2,29 = 51,88 \text{ тыс. руб.} \quad (5.17)$$

Затраты на заработную плату:

$$И_{\text{зп}} = 12(\Pi_{\text{общ}}^{\text{оп}} + \Pi_{\text{общ}}^{\text{рук}}) = 12(280,97 + 51,88) = 3994,2 \text{ тыс. руб.} \quad (5.18)$$

5.4.7 Расчет отчислений на социальные цели

Расчет производится по формуле:

$$ОСЦ = 0,3 \cdot 3\Pi_{\text{общ}} = 0,3 \cdot 3994,2 = 1198,26 \text{ тыс.руб.} \quad (5.19)$$

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	$I_{\text{топ}}$	347132,50	85,38
Амортизационные отчисления	$I_{\text{а}}$	2871,99	0,70
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	574,39	0,14
Затраты на воду	$I_{\text{в}}$	2533,83	0,62
Затраты на электроэнергию	$I_{\text{э}}$	540,31	0,13
Заработная плата	$I_{\text{зп}}$	3994,20	0,98
Отчисления на соц. цели	$I_{\text{соц}}$	1198,26	0,03
Прочие расходы	$I_{\text{пр}}$	48786,42	12
Итого	$I_{\text{год}}$	406553,48	100,00

Анализ данных эксплуатационных расходов показывает, что наибольшими затратами являются затраты на топливо (85,38 % от общих затрат). Следующими по значимости являются прочие расходы и заработная плата. 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:

$$C_{\text{выр}} = I_{\text{год}} / D_{\text{год}} = 406553,48 / 1040000 = 344 \text{ руб./т}, \quad (5.20)$$

где $D_{\text{год}}$ – тонн пара произведенных за год, $D_{\text{год}} = h_{\text{год}} \cdot D = 6500 \cdot 160 = 1040000 \text{ т}$.

Себестоимость отпущенной тонны пара:

$$C_{\text{отп}} = I_{\text{год}} / D_{\text{отп}} = 406553,48 / 988000 = 362,11 \text{ руб./т}, \quad (5.21)$$

где $D_{отп}$ – отпущенный пар, $D_{отп} = D_{год} - D_{с.н} = 1040000 - 52000 = 988000$ т,
 $D_{сн}$ – годовой расход пара на собственные нужды (5 % от $D_{год}$).

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.