

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

Институт: Электронного обучения
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Атомных и тепловых электростанций

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЛА ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ДРУГОЙ ТИП УГЛЯ

УДК 621.182:662.642-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А1	Карташов Константин Константинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры АТЭС	А.А. Абрамовских	к.ф-м.н., старший преподаватель		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры менеджмента	Н.Г.Кузьмина	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	М.В.Василевский	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	А.С. Матвеев	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной инженерной деятельности</i> .
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных инженерных задач</i> .
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной инженерной деятельности</i> с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной инженерной деятельности</i> в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного инженерного анализа</i> с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные инженерные проекты</i> с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.

P10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приёмке и освоению вводимого оборудования.

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

Институт Электронного обучения
Направление подготовки **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН
А.С. Матвеев

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2А1	Карташову Константину Константиновичу

Тема работы:

Модернизация котла при переходе на другой тип угля	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2017 №609/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10 июня 2017 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Настоящая работа содержит технические решения в объеме модернизации котла ПК-38 ст. №3А АО «Назаровской ГРЭС» с переводом на сжигание Назаровского и Бородинского бурых углей. Технические решения разработаны с учетом обеспечения надежной работы котла, минимизации шлакования топочной камеры, обеспечения номинальной производительности $D_{ном}=270$ т/ч, увеличения экономичности котла.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение 1.Обоснование модернизации котла. 2.Конструктивные и объемно – планировочные решения . 3. Техническое перевооружение поверхностей нагрева. 4.Перечень инженерно- технических мероприятий ,содержание технологических решений. 5.Системы очистки поверхностей нагрева 6.Социальная ответственность 7.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение
---	---

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1.Чертеж общего вида Котла Пп-270-13,8-545/545(ПК-38) ст № 3А АО «Назаровская ГРЭС». 2.Компановка котла Пп-270-13,8-545/545(ПК-38) : - Поперечный разрез - Продольный разрез
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Кузьмина Н.Г., старший преподаватель кафедры менеджмента
Социальная ответственность	Василевский М.В., к.т.н. доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности

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

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11 января 2017 года
---	----------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры АТЭС	Абрамовских А.А	к.ф-м.н.		11.01.17г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А1	Карташов Константин Константинович		11.01.17г

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2А1	Карташов Константин Константинович

Институт	ИНЭО	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования	Проект технического перевооружения котла с переводом на сжигание Назаровского и Бородинского бурого угля
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	1.1 Анализ опасностей при эксплуатации котельного оборудования
2. Экологическая безопасность:	2.1 Обезвреживание сточных вод систем гидрозолоудаления 2.2 Охрана окружающей среды
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	3.1 Меры безопасности при обслуживании оборудования котельных установок 3.2 Электробезопасность 3.3 Пожаробезопасность
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	4.1 Чередование труда и отдыха 4.2 Планировка рабочего места 4.3 Воздух рабочей зоны 4.4 Защита от избыточной теплоты 4.5 Защита от вредных веществ 4.6.Вентиляция 4.7 Освещение рабочих мест и производственных помещений 4.8 Вибрация и шум

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.17
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Василевский М.В	к.т.н. доцент		10.03.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А1	Карташов Константин Константинович		10.03.17

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2А1	Карташов Константин Константинович

Институт	ИНЭО	Кафедра	АТЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Должностной оклад НР – 19500 руб; Должностной оклад инженера – 17000руб;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Амортизация – 20%; Районный коэффициент – 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Социальные отчисления 30 % от Фонда оплаты труда

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1.Планирование работ и оценка их выполнения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	2.Смета затрат на проект 3.Смета затрат на оборудование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	4.Расчет экономической эффективности.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.17
--	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Кузьмина Наталия Геннадьевна			10.03.17

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А1	Карташов Константин Константинович		10.03.17

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 96 _____ с., _____ 13 _____ рис., _____ 26 _____ табл., _____ 20 _____ источников, _____ 1 _____ прил.

Ключевые слова: Модернизация ,техническое перевооружение, компоновка топочно-горелочных устройств, пакет топочных ширм, котел , паровая ,водяная обдувка

Объектом исследования является Котел ПК-38 ст. №3А АО «Назаровская ГРЭС»

Цель работы – Перевод на сжигание Назаровского и Бородинского бурых углей с целью увеличения номинальной производительности котла.

В процессе исследования проводились Выбор системы пылеприготовления и оптимальной схемы сжигания, расчеты и компоновки топочно горелочных устройств, тепловые и аэродинамические расчеты котла и системы пылеприготовления. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение .Разработаны вопросы :охраны труда, охраны окружающей среды.

В результате исследования Разработаны технические решения с учетом обеспечения надежной работы котла, минимизации шлакования топочной камеры .

Область применения: Прямоточный паровой котел ПК-38 ст.№3А Назаровской ГРЭС .

Экономическая эффективность/значимость работы Увеличение экономичности работы котла . Технические решения позволят достичь гарантированные показатели по номинальной производительности и уменьшить шлакование поверхностей нагрева.

В будущем планируется Обеспечение номинальной паропроизводительности на всех котлах ПК-38 Назаровской ГРЭС.

Оглавление:

Введение	10
1.Обоснование модернизации котла.	12
1.1.Общее описание котла.	12
1.2.Технические требования к модернизации котла.	15
1.3.Состав и характеристика топлива.	16
2.Конструктивные и объемно - планировочные решения .	21
2.1.Границы проектирования .	21
2.2.Состав и описание основных конструктивных объемно - планировочных решений.	21
3. Техническое перевооружение поверхностей нагрева.	24
3.1. Увеличение поверхности ширмового пароперегревателя.	24
4.Перечень инженерно- технических мероприятий ,содержание технологических решений.	25
4.1.Перечень технологических мероприятий по повышению надежности работы оборудования и обеспечению экологических показателей .	25
4.2. Разработка и обоснование выбора схемы сжигания.	25
4.3.Тепловые расчеты котла.	34
4.4.Аэродинамические расчеты котла.	41
4.5.Техническое перевооружение системы пылеприготовления .	50
5.Системы очистки поверхностей нагрева.	56
5.1. Водяная обдувка экранов топочной камеры.	56
5.2.Паровая обдувка ширмовых поверхностей нагрева.	58
6.Социальная ответственность	60
7.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	84
Заключение:	92
Список использованных источников	93
Графический материал:	3 Листа
ФЮРА .311233.002.ВО Котел Пп-270-13,8-545/545(ПК-38) ст № 3А АО «Назаровская ГРЭС».	
Приложения:	
Приложение А:Технические характеристики гарантийного состава топлива.	

Введение:

Объектом исследования является Назаровская ГРЭС. Дата основания – 9 ноября 1961 г. Станция строилась вблизи крупных месторождений Канско-Ачинских энергетических углей и планировалась как флагман тепловой энергетики Красноярского края. Ее проектная мощность составляла 1400 МВт. И хотя на эти показатели станция не вышла, достигнув 1308 МВт, она и сегодня является одной из крупнейших тепловых электростанций Сибири.

Назаровская ГРЭС является одним из крупнейших поставщиков электрической энергии на рынок. Назаровская ГРЭС находится на пересечении магистральных электрических сетей. Через территорию станции проходит линия электропередачи 500 кВ, передающая электроэнергию в Красноярск и города края – Ачинск, Ужур, Лесосибирск, а также в соседние регионы – Кузбасс, Республику Хакасия и Республику Тыва. Кроме того, станция обеспечивает теплом промышленные и сельскохозяйственные предприятия, предприятия социальной сферы и жилые дома города Назарово.

Станция работает главным образом в конденсационном режиме, вырабатывая преимущественно электроэнергию, но может работать и в теплофикационном режиме.

Настоящая работа содержит решения в области модернизации котла ПК-38 ст. №3А АО «Назаровской ГРЭС» с переводом на сжигание Назаровского и Бородинского бурых углей.

В работе представлены материалы по выбору системы пылеприготовления и оптимальной схемы сжигания, расчеты и компоновки топочно-горелочных устройств. Тепловые и аэродинамические расчеты котла и системы пылеприготовления.

Технические решения разработаны с учетом обеспечения надежной работы котла, минимизации шлакования топочной камеры, обеспечения номинальной производительности т/ч, увеличения экономичности котла, включают в себя следующие основные направления:

- техническое перевооружение системы пылеприготовления с переходом на газовую сушку;

- техническое перевооружение системы сжигания с переходом на пылеугольное факельное сжигание топлива.

Совокупность указанных технических решений (при условии реализации в полном объеме ремонтно-восстановительных работ с обеспечением нормативных присосов в газовый тракт котла) позволит достичь гарантированные показатели по номинальной паропроизводительности и уменьшить шлакование поверхностей нагрева.

1.Обоснование модернизации котла.

1.1. Общее описание котла ПК-38.

Прямоточный паровой котел ПК-38 ст. №3А Назаровской ГРЭС (рисунок 1). изготовлен заводом «ЗиО», г. Подольск. Котёл спроектирован на твёрдое шлакоудаление и предназначен для сжигания Назаровского бурого угля. Проектные (заводские) параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Проектные (заводские) параметры котла ПК-38 ст.№3А.

№	Наименование	Значение
1.	Номинальная паропроизводительность по первичному пару	270 т/ч
2.	Номинальная паропроизводительность по вторичному пару	240 т/ч
3.	Давление первичного пара	13,8 МПа
4.	Давление вторичного пара	3,1 МПа
5.	Температура первичного пара	545 °С
6.	Температура вторичного пара	545 °С
7.	Температура питательной воды	233 °С

Котёл ПК-38 ст.№3А выполнен по П-образной компоновке поверхностей нагрева и опирается на собственный каркас.

Топочная камера в проектном исполнении прямоугольного сечения с размерами в плане 7 980×10 120 мм, экранирована поверхностями нагрева НРЧ, СРЧ, ВРЧ и ПЭ и оборудована четырьмя щелевыми горелками, расположенными фронтально.

В верхней части топки над аэродинамическим выступом расположен ширмовый пароперегреватель первичного пара (ШПП), далее за ним, в горизонтальном газоходе - ширмовый пароперегреватель вторичного пара (ШВП). В конвективной шахте по ходу газов расположены пакеты конвективного пароперегревателя высокого давления (КПП), переходная зона (ПЗ), два яруса пакетов конвективного промежуточного пароперегревателя 1-ой ступени (КВП-1), кубы четвёртого хода ТВП, три яруса пакетов водяного экономайзера (ВЭ - в рассечку ТВП) и пакеты первых трёх ходов ТВП. В заводской (проектной) документации регулирование температуры

перегрева пара низкого давления обеспечивалось за счет байпасирования КВП-1. Регулирование температуры перегрева пара высокого и низкого давления в настоящее время производится непосредственно впрысками.

Предварительный подогрев холодного воздуха осуществляется за счет рециркуляции горячего воздуха на всас дутьевых вентиляторов (ДВ).

Система пылеприготовления замкнутая (в проектном исполнении) с прямым вдуванием, с воздушной сушкой и установкой четырёх мельниц с гравитационным сепаратором.

Шлакоудаление сухое, механизированное (под холодной воронкой установлены шнековые шлакоудалители).

На котле применена кирпичная обмуровка. Изоляционный слой обмуровки выполнен из известковых кремнеземистых плит. Плотность газового тракта котла достигается за счёт металлической обшивки.

За период эксплуатации котлов ПК-38 Назаровской ГРЭС с 1963 по 1967 гг. из-за интенсивного шлакования топок их длительная нагрузка не превышала 180 т/час.

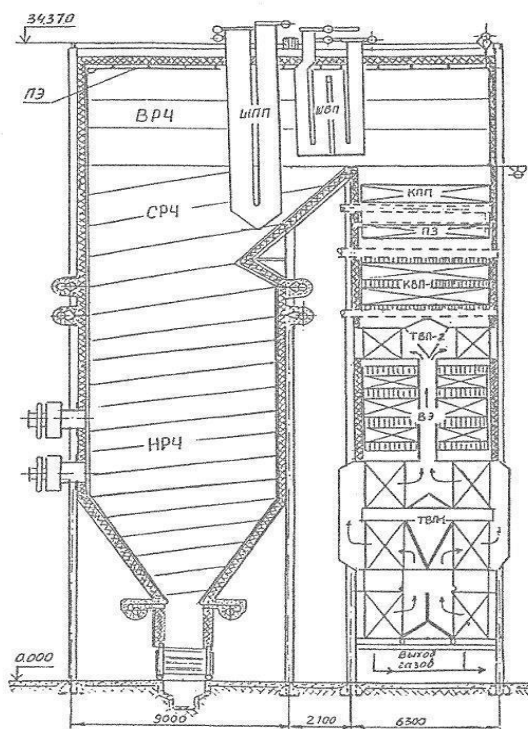


Рисунок 1 - Общий вид котла ПК-38 ст.№3А. Проектное исполнение [2].

В 2004-2006 г.г. на котле ПК-38 ст. №3А был реализован проект ООО «Политехэнерго» с применением ВИР- технологии сжигания топлива (Технология низкотемпературного вихревого сжигания ВИР – «Внедрение, Инновация, Реконструкция»), (рисунок 2).

Внедренные технические решения (при длительной паровой нагрузке не превышающей 220 т/ч) выявили ряд недостатков этой технологии применительно к котлам ПК-38. Одним из недостатков являются обрушения шлаковых отложений на устройство нижнего дутья, приводившие к увеличению внеплановых остановов котла из-за затухания факела.

В целом, перевод котла на ВИР-технологию сжигания не решил всех существующих на тот момент проблем.

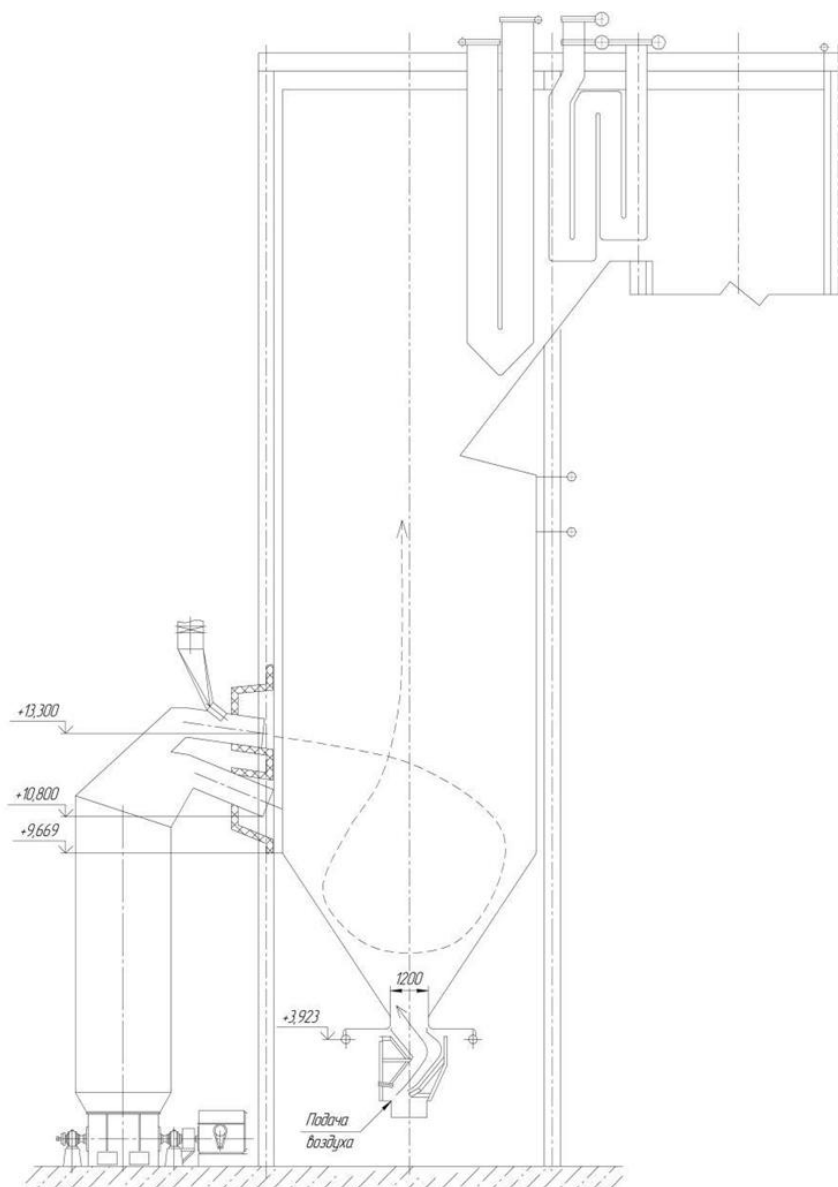


Рисунок 2- Текущее состояние котла ПК-38 ст.№3А.

На данный момент актуальной задачей на всех котлах ПК-38 остается обеспечения номинальной паропроизводительности , которая не достигается из-за чрезмерного шлакования топочных экранов, скатов холодной воронки, ширмового пароперегревателя (в меньшей степени) и плотных конвективных пакетов пароперегревателя.

1.2. Технические требования к техническому перевооружению котла.

Таблица 2 - Основные целевые технико-экономические параметры работы котла ПК-38 при нормальных эксплуатационных условиях .

№	Наименование	Значение
1	Номинальная производительность по первичному пару, т/ч	270
2	Номинальная производительность по вторичному пару, т/ч	240
3	Давление первичного пара, кгс/см ²	140
4	Давление вторичного пара, кгс/см ²	32
5	Температура первичного пара, °С	545
6	Температура вторичного пара, °С	545
7	Расчетный КПД, %	≥90

Таблица 3 - Основные условия обеспечения гарантийных показателей работы котла .

№	Наименование	Значение
1	Использование угля с составом, отличающимся от гарантийного не более чем на 5%	Приложение № 1
2	Температура питательной воды, °С	233
3	Тонкость помола угольной пыли, R ₉₀ , %	≤60

1.3. Состав и характеристики топлива .

Для расчетов котла и котельно-вспомогательного оборудования в качестве основного топлива приняты угли марки 2БР открытых разработок Назаровского и Бородинского месторождений таблицы 4, 5.

Таблица 4 - Состав и характеристики проектного топлива.

№ п/п	Наименование	Обозначение	Топливо	
			Бурый марки 2БР	
1.	Месторождение	-	Назаровское	Бородинское
2.	Низшая теплота сгорания (рабочая), ккал/кг	Q_i^r	3240	3850
3.	Выход летучих на горючую массу, %	V_{daf}	48	47,8
Элементный состав топлива (на рабочую массу):				
4.	Влага, %	W^r	39,0	33,0
5.	Зола, %	A^r	7,3	6,0
6.	Сера, %	S^r	0,59	0,2
7.	Углерод, %	C^r	38,55	43,7
8.	Водород, %	H^r	2,63	3,0
9.	Азот, %	N^r	0,45	0,6
10.	Кислород, %	O^r	11,48	13,5
11.	Сумма компонентов, %	Σ	100	100
Элементный состав топлива (на сухую беззольную массу):				
12.	Сера, %	S_{daf}	1,09	0,33
13.	Углерод, %	C_{daf}	71,79	71,64
14.	Водород, %	H_{daf}	4,90	4,92
15.	Азот, %	N_{daf}	0,84	0,98
16.	Кислород, %	O_{daf}	21,38	22,13
17.	Сумма компонентов, %	Σ	100	100
18.	Коэффициент размолоспособности по Хардгроу по методу ВТИ	$K_{кнг}$ $K_{ВТИ}$ $K_{ЛО}$	51,01	59,06
			1,08	1,2
19.	Критерий взрываемости Группа взрывоопасности	K_T	2,61 III ($K_T=1,5-3,5$)	3,48 III ($K_T=1,5-3,5$)

Таблица 5 - Состав минеральной части топлива и плавкостные характеристики золы.

Физико-химические характеристики золы		Назаровский	Бородинский
Оксид кремния, %	SiO ₂	25,5	46,8
Оксид алюминия, %	Al ₂ O ₃	12,2	12,9
Оксид титана, %	TiO ₂	0,4	0,6
Оксид железа, %	Fe ₂ O ₃	17,6	7,9
Оксид кальция, %	CaO	38,1	25,8
Оксид магния, %	MgO	3,5	5,0
Оксид калия, %	K ₂ O	0,1	0,5
Оксид натрия, %	Na ₂ O	0,3	0,5
Серный ангидрид, %	SO ₃	-	-
Оксид марганца, %	MnO	-	-
Прочие, %	P ₂ O ₅	-	-
Сумма компонентов, %	Σ	97,7	100
Плавкостные характеристики золы			
Температура начала деформации золы, °С	t _A	1175	1315
Температура полусферы (начала размягчения золы), °С	t _B	1200	1375
Температура жидкоплавкого состояния золы, °С	t _C	1225	1410

Мазут является растопочным топливом, а также предназначен для подхвата и подсветки факела на пониженных нагрузках при срабатывании защиты от потускнения общего факела (таблица 6).

Таблица 6 - Состав, характеристика и параметры мазута.

Состав, характеристика и параметры	Мазут «М 100»
1. Низшая теплотворная способность Рабочей массы Q_i^r ккал/кг	9961
2. Элементарный состав, %:	
Углерод, C^r	82,64
Водород, H^r	11,32
Кислород+азот, $O^r + N^r$	0,49
Сера, S^r	1,12
Влажность, W^r	1,2
Зольность, A^r	0,05

Исходя из опыта использования указанных углей на ТЭС России, по плавкостным характеристикам золы Бородинский уголь является менее шлакующим, по сравнению с Назаровским углем, что делает его использование более предпочтительным с точки зрения шлакования поверхностей нагрева котла и длительного несения номинальной нагрузки.

Для подробной оценки шлакующих свойств золы рассматриваемых углей применялась расчетная методика, разработанная УралВТИ [1].

Оценка шлакующих свойств золы проводится по следующим показателям:

1. Температура начала шлакования $t_{\text{шл}}$ ($^{\circ}\text{C}$)

Для углей с низким содержанием щелочных компонентов ($\text{Na}_2\text{O} < 2,8$) температура шлакования приблизительно может быть описана уравнением, которое находится в зависимости от соотношения компонентов кислого и основного состава в минеральной части, $\text{K/O} < 2,25$:

$$t_{\text{шл}} = 940 + 52,23 / (\text{K/O}), \quad (1)$$

где K - сумма кислых компонентов;

O - сумма основных компонентов.

2. Склонность к образованию прочных железистых отложений, P_{Fe}

Значение показателя P_{Fe} приведено с коэффициентами, как для бурых углей:

$$P_{\text{Fe}} = 0,856 - [0,567 / (S_{\text{p}}^{\text{ash}} (1 - 0,9) + 0,1 \cdot (0,813 \text{Fe}_2\text{O}_3 - S_{\text{p}}^{\text{ash}}))], \quad (2)$$

где $S_{\text{p}}^{\text{ash}}$ - содержание пиритной серы в пересчете на золу, %;

ϑ - адиабатическая температура горения, $^{\circ}\text{C}$.

3. Склонность к образованию низкотемпературных отложений на основе активного натрия P_{Na} :

$$P_{\text{Na}} = 0,416 \cdot (\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}})^{0,313}, \quad (3)$$

где $\text{Na}_2\text{O}^{\text{a}}$ - содержание активного натрия в минеральной части, %.

4. Склонность к образованию сульфатно-кальциевых отложений P_{Ca}

Метод оценки склонности углей к образованию сульфатно-кальциевых отложений происходит от гипотезы, что образование сульфатно-кальциевых отложений и низкотемпературных загрязнений являются конкурирующими процессами и образуются те из них,

формирования которых выше:

$$P_{Ca} = 0,5 \cdot (CaO^{раств})^{0,22} - P_{Na}, \quad (4)$$

где CaO - количество кальция в составе минеральной части, %;

при $P_{Na} < 0,25$ в расчетах принимается 0,25, что соответствует образованию небогатенных щелочами отложений из мелких частиц золы.

5. Комбинированный индекс склонности углей к шлакованию топки R_{St} :

где $P_{ct} = 1 - 13,275 \cdot (K/O) / (0,82 \cdot \vartheta - 945)$, - адиабатическая температура горения, °С (принята по предварительным тепловым расчетам на уровне 1440 °С).

Общая классификация углей по показателям шлакующих и загрязняющих свойств УралВТИ представлена в таблице 7. Расчетные параметры шлакующих свойств рассматриваемых бурых углей сведены в таблицу 8.

Таблица 7 - Показатели шлакующих и загрязняющих свойств.

Показатель	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Потенциал шлакования полурadiационных и конвективных поверхностей нагрева по $t_{шл}, ^\circ C$	>1100	1020-1100	980-1020	<980
Склонность к образованию железистых отложений, P_{Fe}	<0,25	0,25-0,5	0,5-0,72	>0,72
Склонность к образованию загрязнений на базе активного натрия, P_{Na}	Не образуются <0,4	0,4-0,5	0,5-0,7	>0,7
Склонность к образованию сульфатно-кальциевых отложений, P_{Ca}	Не образуются <0,42	0,42-0,6	>0,6	-
Комбинированный индекс склонности к шлакованию, R_{St}	<0,42	0,42-0,62	0,62-0,75	>0,75

Таблица 8 - Расчетные показатели шлакования и загрязнения.

Марка угля	Назаровский	Бородинский
Потенциал шлакования полурадиационных и конвективных поверхностей нагрева по $t_{\text{шл}}$, °С	Высокая 980-1020	Очень Высокая <980
Склонность к образованию железистых отложений, R_{Fe}	Очень Высокая >0,72	Средняя 0,25-0,5
Склонность к образованию загрязнений на базе активного натрия, R_{Na}^a	Не образуется <0,4	Не образуется <0,4
Склонность к образованию сульфатно-кальциевых отложений, R_{Ca}	Высокая >0,6	Высокая >0,6
Комбинированный индекс склонности к шлакованию, R_{st}	Очень высокая >0,75	Высокая 0,62-0,75

Анализ шлакующих и загрязняющих свойств углей (Таблица 7,8) позволяет сделать вывод, что можно прогнозировать высокий уровень загрязнения поверхностей топки котла при превышении расчетных допустимых температур в зоне основного горения при набросах факела на топочные экраны и на выходе из топочной камеры - вблизи радиационных поверхностей нагрева.

Расчетная температура начала шлакования для данных углей находится в диапазоне $t_{\text{шл}}=968-998$ °С.

Выводы:

Результаты анализа подтверждают склонность назаровского и бородинского углей к шлакованию.

Для обеспечения бесшлаковочной работы котла при использовании бурых углей Канско-Ачинского месторождения, марок «2БР» требуется поддержание температуры газов на выходе из топки, не выше $T_{\text{г}}''=1100$ °С (что соответствует техническому заданию на проектирование АО «Назаровская ГРЭС»), а перед конвективными пакетами не выше 950 °С.

Для уменьшения шлакования стен топки необходимо изменение схемы и технологии сжигания, также целесообразно внедрение системы водяной обдувки стен топки котла и системы паровой обдувки ширмово-конвективных поверхностей пароперегревателя.

2. Конструктивные и объемно-планировочные решения.

2.1. Границы проектирования.

В объем технического перевооружения котла ПК-38 ст. №3А входит:

1. Переход на взрывобезопасную газовую сушку топлива :

1.1. Установка новых дымососов рециркуляции газов (ДРГ);

2. Переход на схему сжигания с вихревыми регулируемыми горелками:

2.1. Установка новых пылеугольных горелок; новых сопел нижнего и пристенного дутья.

3. Техническое перевооружение поверхностей нагрева и трубопроводов котла:

3.1 Увеличение поверхности широмового пароперегревателя за счет установки дополнительного нового пакета;

3.2. Установки аппаратов паровой обдувки пакета топочных ширм и водяной обдувки НРЧ.

4. Охрана окружающей среды:

4.1. Оценка воздействия на атмосферный воздух (по результатам технического перевооружения;

4.2. Характеристика предприятия как источника загрязнения Атмосферы.

2.2. Состав и описание основных конструктивных и объемно-планировочных решений.

Разработанные конструктивные и объемно-планировочные решения по всем разделам проекта предусматривают принципиальную возможность их применения для других котлов типа ПК-38 Назаровской ГРЭС.

1. Установка новых дымососов рециркуляции газов.

Новые дымососы рециркуляции газов ДРГ-18 в количестве 2 шт.

устанавливаются на отм. 0,000 в осях «б» - «в», рядах «17» - «18» и «19» - «20» котельного отделения главного корпуса в пределах ячейки котла ст. №3А . Установка ДРГ не вносит изменений в конструкцию котла и его строительных конструкций. Места установки выбраны исходя из наличия свободного места в

котельной ячейке котла ст.№3А, максимально коротких всасывающих и напорных газопроводов рециркуляции газов, удобства обслуживания оборудования.

2. Установка новых пылеугольных горелок, сопел нижнего и пристенного дутья.

В объеме технического перевооружения устанавливаются новые прямо-точно-вихревые горелки, а также сопла нижнего и пристенного дутья.

Горелки устанавливаются в два яруса, они располагаются на боковых стенах топочной камеры по встречной схеме (рисунок 3). На боковых стенах топочной камеры также устанавливаются сопла пристенного дутья.

Для лучшего использования поверхностей нагрева холодной воронки установлена система нижнего дутья.

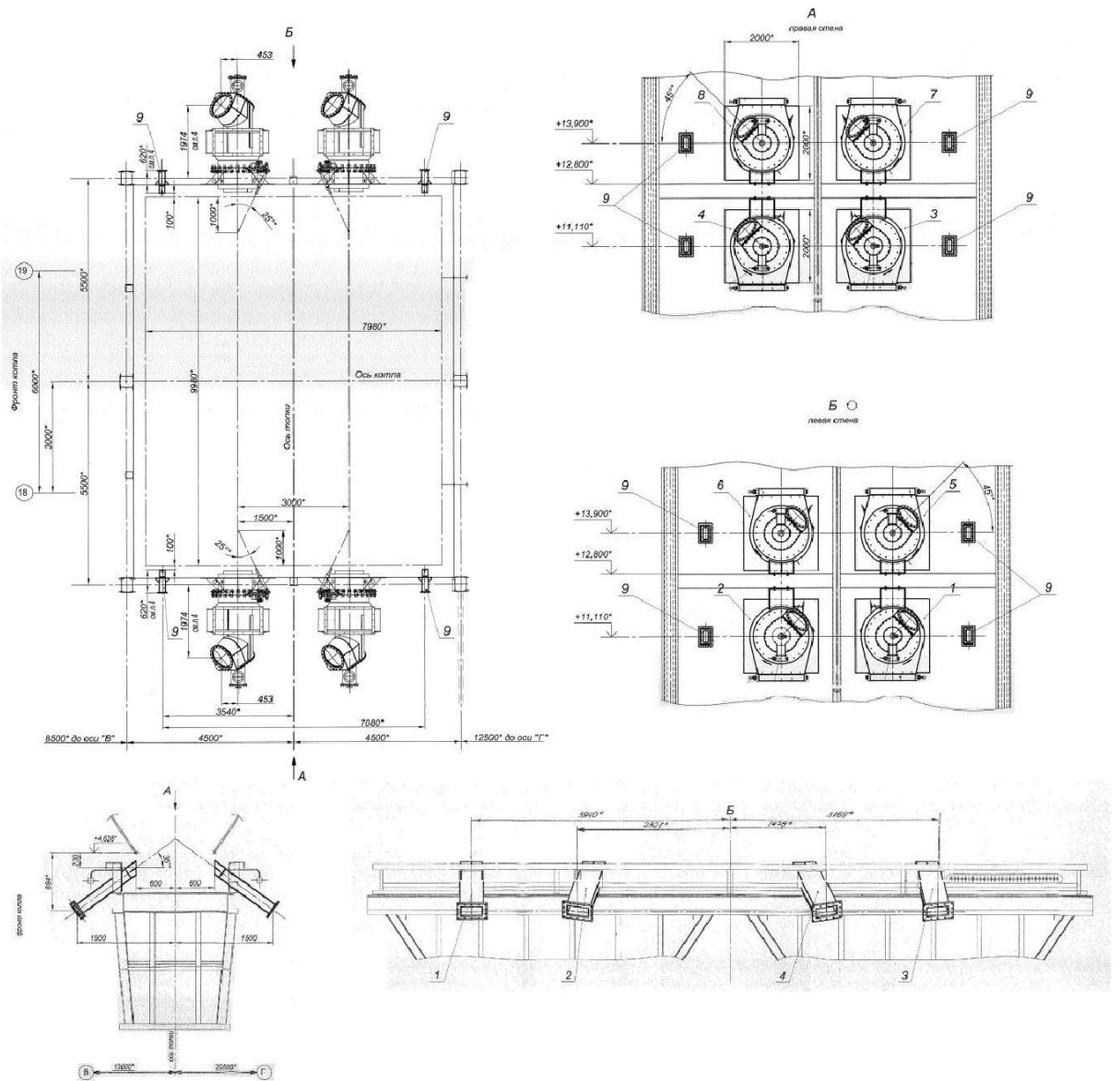


Рисунок 3 - Установка горелок, сопел пристенного и нижнего дутья [3].
 (Графическое исполнение в программе Autocad).

3. Техническое перевооружение поверхностей нагрева.

3.1. Увеличение поверхности ширмового пароперегревателя.

Увеличение поверхности ширмового пароперегревателя выполнено за счет установки нового пакета топочных ширм перед ширмовым пароперегревателем по ходу пара [2]. Пакет топочных ширм (рисунок 4) располагается в верхней части топки с отм. +25,320 до отм. +33,245 и не нарушает конструкцию котла в целом. Всего в пакете размещается 10 ширм с шагом 918 мм. Материал ширм труба 32×5 12Х1МФ. Для прохода труб ширм через потолочный пароперегреватель в последнем выполняются разводки труб и устанавливаются уплотнительные коробки. Опираение пакета ширм выполняется на баклки потолочного перекрытия на отм. +34,360. Конструктивные решения и все необходимые расчеты выполнены заводом-изготовителем котла ОАО «ЗиО».

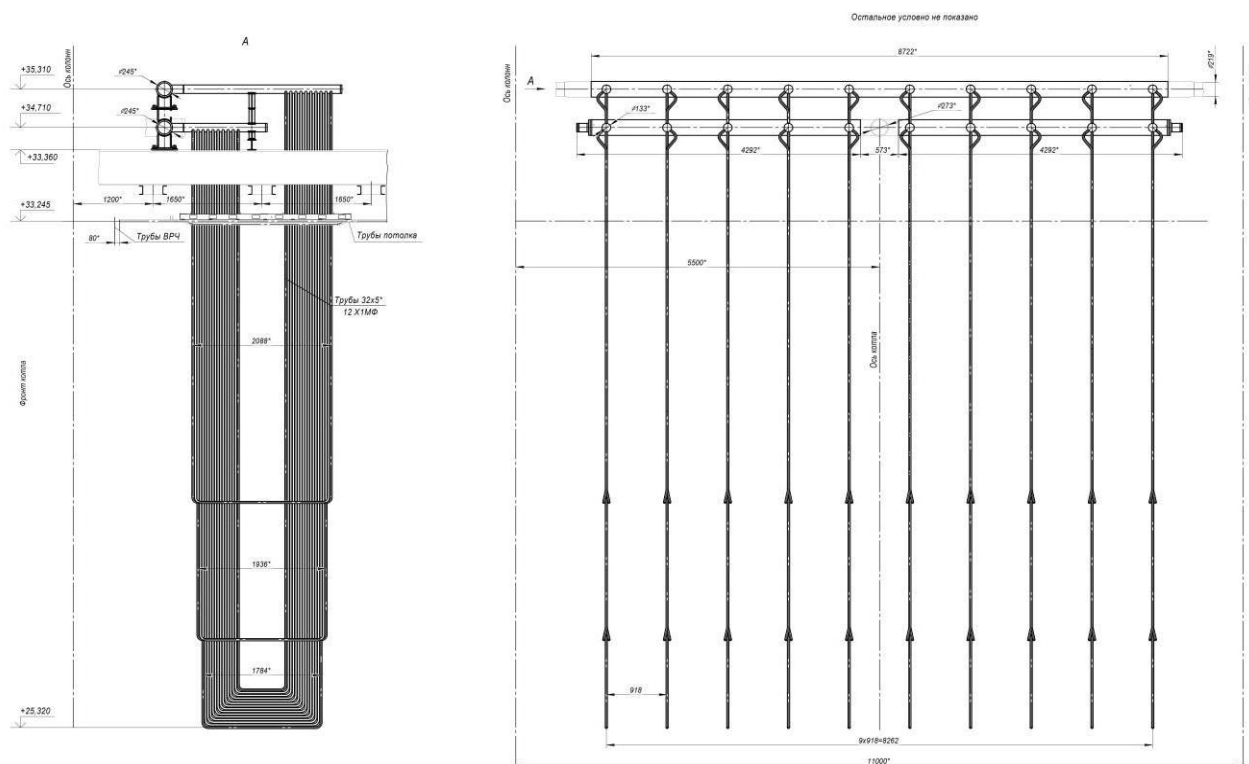


Рисунок 4 - Установка пакета топочных ширм.
(Графическое исполнение в программе Autocad).

4.Перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений.

4.1. Перечень технологических мероприятий по повышению надежности работы оборудования и обеспечению экологических показателей

Основные технологические решения направлены на длительное поддержание котлом номинальной паропроизводительности, защиту экранов топочной камеры от чрезмерного шлакования, обеспечение устойчивости горения, обеспечение требуемых экологических показателей, и включают:

1.Переход на газовую сушку топлива с установкой новых ДРГ и отбором газов из конвективной шахты;

2.Установку новых вихревых горелок на боковых стенах топочной камеры, сопл пристенного и нижнего дутья;

3.Установку дополнительной поверхности ширмового пароперегревателя;

4.Установку аппаратов водяной очистки топки и паровой очистки ширм;

Подробное описание основных технологических решений представлено далее.

4.2. Разработка и обоснование выбора схемы сжигания. Мероприятия по оптимизации работы топочно-горелочного устройства.

Топка котла ПК-38 имеет прямоугольное сечение $7\ 380 \times 10\ 120$ мм с соотношением сторон 1:1,37. Тепловые напряжения объема топочной камеры – $q_v=116$ кВт/м³, сечения топки – $q_F=2,93$ МВт/м², яруса горелок – $q_{яр}=1,464$ МВт/м².

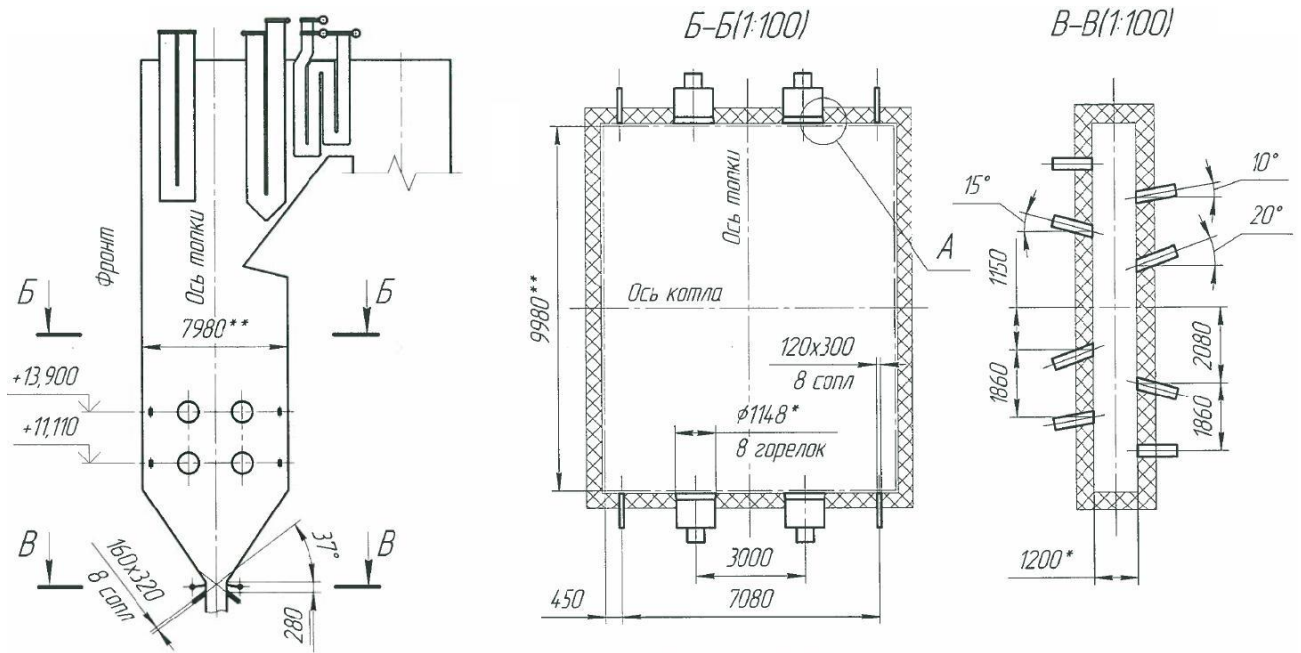
Разработанные технические решения по системе сжигания (рисунок 5) направлены на концентрацию ядра факела по центру топочной камеры, обеспечение экономичной работы котла ($\eta \geq 90\%$), уменьшение шлакования топочной камеры и повышение устойчивости горения на сниженных нагрузках и заключаются в следующем [3] :

1). Установка 8 основных вихревых пылеугольных горелок в 2 яруса (отм.+11,11м и +13,90м) на боковых стенах топочной камеры по встречной схеме;

2). Организация горизонтальной стадийности сжигания угольной пыли за счет подачи части воздуха (в объеме 10% от теоретически необходимого) в 8 сопел пристенного дутья, расположенных на уровне 1-го и 2-го ярусов горелок, для защиты экранов топки от наброса факела и исключения восстановительной зоны возле фронтальной и тыловой стен топки в области активного горения;

3). Организация вертикальной стадийности сжигания за счёт установки 8 сопел нижнего дутья (по 4 с каждой стороны по перчаточной схеме) снизу холодной воронки. Это позволит обеспечить более эффективное использование поверхностей нагрева холодной воронки, защитить скаты от шлакования и уменьшить (или исключить) механический недожог топлива в провале.

4). Запитка горелок по перекрёстной схеме, каждая мельница работает на 2 горелки с одной стороны топки (рисунок 6). Это позволяет минимизировать влияние отключения мельниц на сниженных нагрузках на аэродинамику факела и поля температур по сечению топки и на выходе из нее.



1. *Размеры для справки.
2. ** Размеры топки по осям экранных труб.
3. Сопла нижнего дутья располагаются на стенах шлакового комода и разводов труб не требуют.
4. Размеры сопел и амбразур горелок даны в свету.

Рисунок 5- Принципиальная компоновка топочно-горелочных устройств[3].

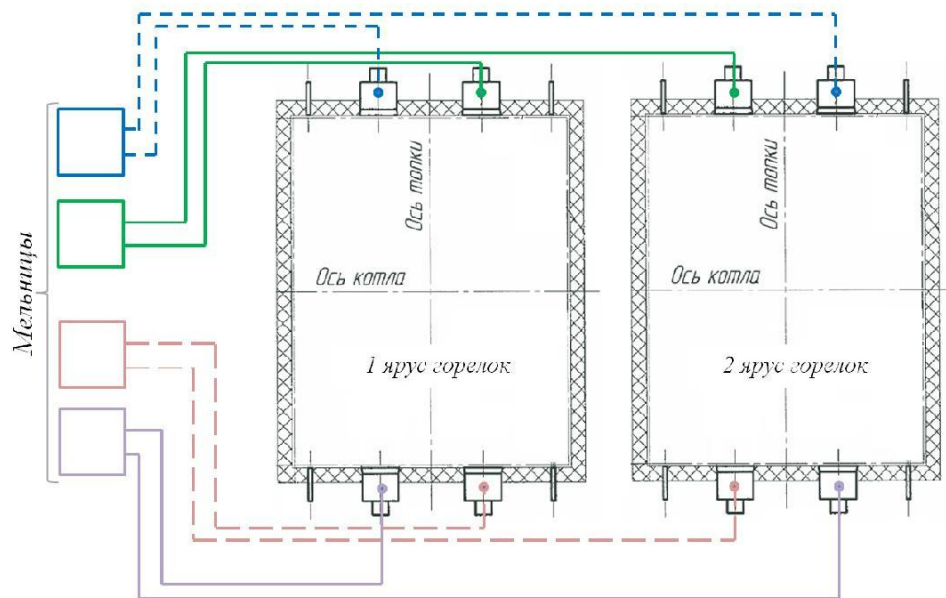


Рисунок 6 - Схема подключения мельниц к горелкам[3].

4.2.1. Горелочные устройства и сопла.

Вихревая горелка (рисунок 7) имеет три концентрических кольцевых канала и один центральный канал круглого сечения.

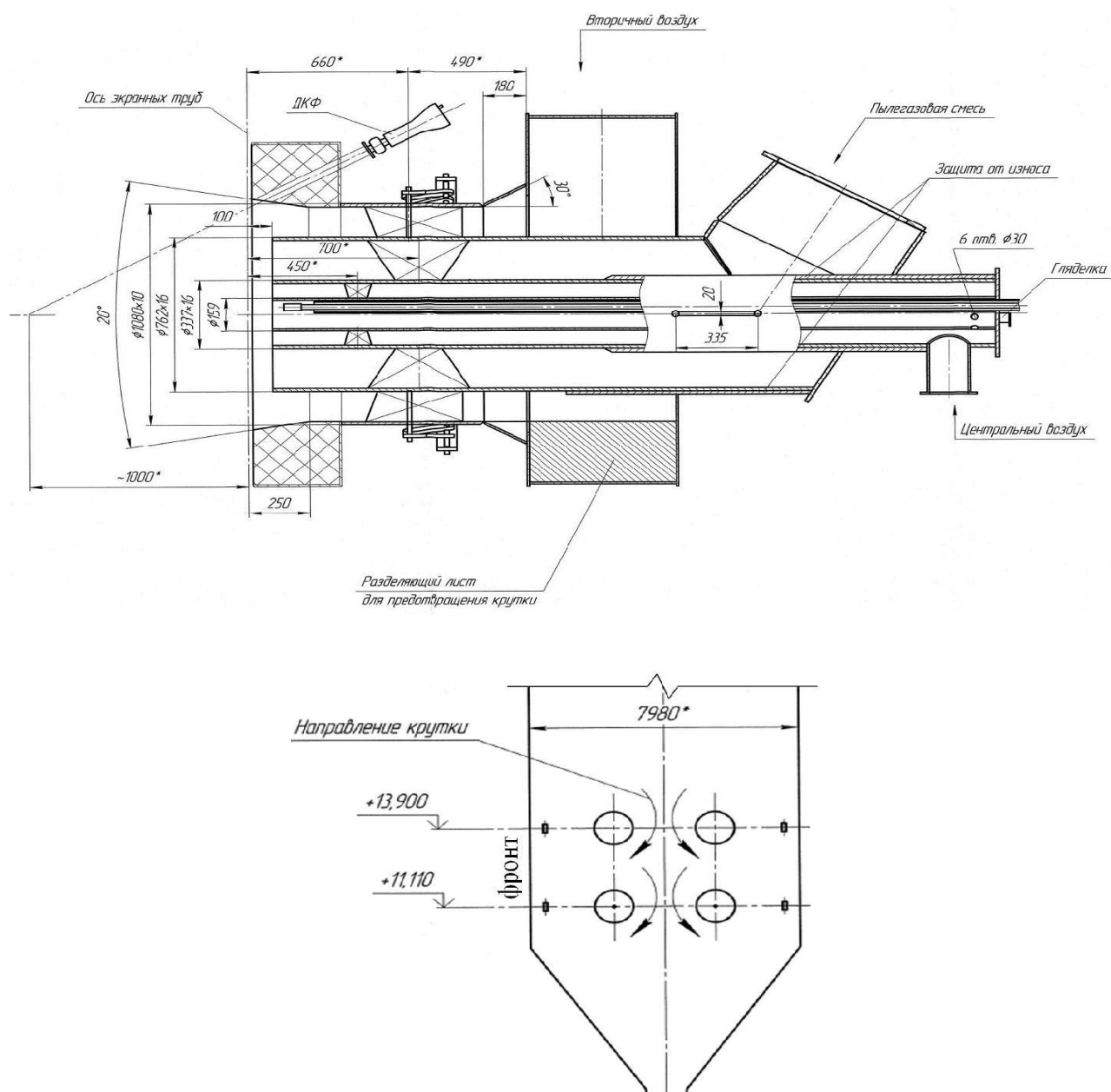


Рисунок 7 -Принципиальная конструкция вихревой горелки.

В центральном канале $\varnothing 159 \times 10$ мм горелки устанавливается труба диаметром $\varnothing 60$ мм под запальное устройство и мазутная форсунка. Запальное устройство представляет собой плазменный запальник, позволяющий напрямую зажигать распыленный мазут марки M100.

Устройство с датчиком контроля факела (ДКФ) устанавливается сверху основной горелки в вертикальной плоскости, проходящей через ось горелки, при этом крепится к опорному листу горелки, не изменяя конструкции кольцевых каналов и выходных конических насадок. Датчик контроля факела ориентируется на ось горелки на расстоянии ~ 1000 мм от оси экранных труб и селективно настраивается на слежение за факелом «своей» горелки[3].

В первый от центральной трубы кольцевой канал горелки подается часть вторичного воздуха. При растопке котла он обеспечивает начальное воспламенение мазута и рассчитан на подачу 40-50% воздуха, необходимого для горения мазута, остальной воздух подается через основные каналы вторичного воздуха горелки. В выходной части растопочного канала устанавливается осевой завихритель, позволяющий обеспечить лучшее смешивание воздуха с распыленным мазутом и, следовательно, стабильное горение растопочного топлива. При работе на пылегазовоздушной смеси в данный кольцевой канал подается воздух, необходимый для охлаждения.

Кольцевой канал аэросмеси (пылегазовоздушной смеси) предусматривает наличие в нём нерегулируемого аксиально-лопаточного завихрителя с расчётной величиной крутки $n_1=0,6$. Такой параметр крутки выбран на основе многовариантных расчётов, как оптимальный с точки зрения положения факела и баланса выгорания топлива и подавления оксидов азота.

Трубы, контактирующие с аэросмесью, и все элементы внутри этого канала выполняются толстостенными. Для предотвращения крутки на входе в кольцевой канал, а также для выравнивания эпюры скоростей и концентрации топлива в выходном патрубке устанавливаются специальные элементы. Канал вторичного воздуха оснащен регулируемым завихрителем, позволяющим устанавливать различные углы лопаток и, тем самым, изменять параметр крутки воздушного потока в диапазоне $n_2=1,45\div 5,4$. Направление крутки горелок представлено на рисунке 7.

В корне факела за счет наличия крутки потоков, истекающих из кольцевых каналов горелки, образуется зона активной рециркуляции горячих

топочных газов – зона «обратных токов». За счет такой направленности аэросмеси в зону высоких температур происходит ее быстрый прогрев, а недостаток кислорода в этой зоне позволяет снизить образование топливных оксидов азота, вносящих большой вклад в величину валовой эмиссии NO_x .

Сечения каналов основной горелки выбраны из условий обеспечения выходных скоростей на номинальной нагрузке работы котла:

- аэросмеси $W_1=16$ м/с;
- вторичного воздуха $W_2=26$ м/с.

Сопла пристенного и нижнего дутья имеют прямоугольную форму.

Расчёт топочно-горелочных устройств на разных нагрузках котла приведён в таблице 9.

Таблица 9 - Топливо-воздушный баланс топки и расчёт топочно-горелочных устройств.

Наименование, размерность	Обозначен	Способ определения	$D_k = 100\%$ 4 мельн.	$D_k = 70\%$ 3 мельн.	$D_k = 50\%$ 3 мельн.	$D_k = 50\%$ 2 мельн.
1. Исходные данные						
1	2	3	4	5	6	7
Паропроизводительность котла, т/ч	D_k	задано	270	189	135	135
Топливо:		задано	Назаровский бурый уголь			
Калорийность, ккал/кг	Q_n^p	задано	3240	3240	3240	3240
Зольность, %	A^r		7,3	7,3	7,3	7,3
Влажность, %	W^r		39,0	39,0	39,0	39,0
Сера, %	S^r		0,59	0,59	0,59	0,59
Углерод, %	C^r		38,55	38,55	38,55	38,55
Водород, %	H^r		2,63	2,63	2,63	2,63
Азот, %	N^r		0,45	0,45	0,45	0,45
Кислород, %	O^r		11,48	11,48	11,48	11,48
Теоретическое количество воздуха для горения $нм^3 / кг$	V_0	По элементному составу	3,76	3,76	3,76	3,76
Расход топлива на котел: Полный, кг/ч Расчетный, кг/ч	B_k B_p	Тепловой расчет	61636 61328	43779 43560	32920 32673	32812 32566
Потери тепла с механич. недожогом, %	q_4		0,5	0,5	0,75	0,75
Количество мельниц на корпус котла, шт	m_m	задано	4	4	4	4
Количество работающих мельниц, шт	m_{pm}		4	3	3	2
Расход топлива на одну мельницу, кг/ч	B_m		15409	14593	10973	16406
Температура горячего воздуха, °C	$t_{эв}$	Тепловой расчет	241	224	215	213
Температура горячего воздуха перед горелками, °C	t_2		231	214	205	203
Система пылеприготовления	Прямого вдувания с молотковыми мельницами с инерционным сепаратором, одна мельница работает на 2 горелки.					
Температура аэросмеси, °C	t_1	Расчет пылеси ст	84	86	104	87
Расход аэросмеси на одну мельницу, °C, тыс. $м^3 / ч$	$V_{эп}$	Расчет пылеси ст	40	39	36	43
Доля первичного воздуха на поданное топливо.	a_{1n}		0,0856	0,0856	0,1975	0,1777

Продолжение таблицы 9.

1	2	3	4	5	6	7
Доля первичного воздуха на расчетное топливо.	α_1	Расчет пылесист	0,0860	0,0860	0,1990	0,1790
Присос воздуха в топку	$\Delta\alpha_m$	задано	0,11	0,157	0,22	0,22
Избыток воздуха на выходе из топки	α_m''	принято	1,18	1,18	1,7	1,7
Доля воздуха на нижнее дутье	$\Delta\alpha_{нд}$	принято	0,10	0,10	0,10	0,10
Доля воздуха на пристенное дутье	$\Delta\alpha_{присст}$	принято	0,10	0,10	0,10	0,10
Доля втор.воздуха ,на охлаждение растопочного канала основных горелок	$\Delta\alpha_{охл}$		0,0180	0,0262	0,0356	0,0359
Скорость воздуха, охлаждающего растопочные каналы/нераб. Горелки ,м/с	$W_{охл}$	принято	5/-	5/12	5/12	5/12
Доля воздуха на охлаждение неработающих горелок	$\Delta\alpha_{охл}$		-	0,1268	0,1722	0,3469
Доля вторичного воздуха	α_2		0,766	0,584	0,873	0,718
2. Расчет основных вихревых горелок						
Количество основных вихревых горелок, шт	n_z		8	8	8	8
Количество работающих основных вихревых горелок, шт	n_{pe}		8	6	6	4
Количество горелок , присоединенных к одной мельнице, шт	n_{zm}	принято	2	2	2	2
Расход топлива через основную горелку, кг/с	$B_{гор}$		2,129	2,017	1,513,	2,262
Расход аэросмеси через основную горелку, M^3 / c	V_{1z}		5,556	5,417	5,00	5,972
Расход вторичного воздуха на одну горелку, M^3 / c $нм^3 / c$	V_{2z}		11,327 6,136	7,903 4,430	8,699 4,968	10,652 6,109
Количество первичного воздуха в одной горелке, $нм^3 / c$	V_1		0,692	0,642	1,258	1,514
Доля кислорода в аэросмеси	ΔO_2		0,034	0,033	0,073	0,070
Избыток воздуха в горелке на расчетное топливо	α_z		0,8704	0,6884	1,1210	0,9141
Наружный диаметр трубы под мазутную форсунку, м	d_0	принято	0.159	0,159	0,159	0,159

Продолжение таблицы 9.

1	2	3	4	5	6	7
Диаметр трубы растопочного канала , Внутренний ,м Наружный, м	$d_{вн}$ $d_{нар}$	принято	0,159 0,305	0,159 0,305	0,159 0,305	0,159 0,305
Площадь выходного сечения растопочного канала, $м^2$	F		0,0532	0,0532	0,0532	0,0532
Скорость охлаждающего воздуха в растопочной горелке, м/с	$W_{охл}$	принято	5	5	5	5
Диаметр трубы канала первичного воздуха , Внутренний, м Наружный, м	$d_{вн}$ $d_{нар}$	принято	0,337 0,730	0,337 0,730	0,337 0,730	0,337 0,730
Площадь выходного сечения канала первичного воздуха, $м^2$	F_1		0,329	0,329	0,329	0,329
Скорость ПГС в канале первичного воздуха, м/с	W_1		16,81	16,39	15,13	18,08
Диаметр трубы канала вторичного воздуха , Внутренний, м Наружный, м	$d_{вн}$ $d_{нар}$		0,762 1,060	0,762 1,060	0,762 1,060	0,762 1,060
Площадь сечения канала вторичного воздуха, $м^2$	F_2		0,426	0,426	0,426	0,426
Скорость вторичного воздуха в канале , м/с	W_2		26,41	18,43	20,29	24,84
Параметр крутки растопочной горелки	$n_{р.гор}$		1,5			
Параметр крутки канала ПГС	n_1		0,6			
Параметр крутки вторичного воздуха	n_2	Для горелок 1-яруса	2,8(1,45-5,4)			
		Для горелок 2-яруса	3,0(1,45-5,4)			
3.Расчет сопел нижнего дутья						
Расход воздуха на нижнее дутье, $м^3 / с$ $нм^3 / с$	$V_{н.д.}$		11,83 6,41	8,12 4,55	5,98 3,41	5,93 3,40
Количество каналов , шт	$N_{н.д.}$		8	8	8	8
Ширина × высота канала, м	$b \times h$		0,32 × 0,16	0,32 × 0,16	0,32 × 0,16	0,32 × 0,16
Скорость воздуха , м/с	$W_{н.д.}$		28,88	19,82	14,59	14,48
4.Расчет сопел пристенного дутья						
Расход воздуха на нижнее дутье, $м^3 / с$ $нм^3 / с$	$V_{прист.}$		11,83 6,41	8,12 4,55	5,98 3,41	5,93 3,40
Количество каналов ,шт	$N_{прист.}$		8	8	8	8
Ширина × высота канала, м	$b \times h$		0,14 × 0,30	0,14 × 0,30	0,14 × 0,30	0,14 × 0,30
Скорость воздуха , м/с	$W_{прист.}$		35,21	24,16	17,79	17,66

4.3. Тепловые расчёты котла.

Поскольку Назаровский и Бородинский бурые угли имеют высокую склонность к шлакованию ширмовых и конвективных поверхностей нагрева, принято решение увеличить поверхность ШПП с целью снижения температуры газов перед плотными конвективными пакетами. Установка дополнительной поверхности площадью $S=222\text{м}^2$, позволит снизить температуру газов на 50-90°C, что снизит чрезмерное шлакование конвективных поверхностей нагрева.

Тепловые расчеты котла выполнены с учетом всех изменений, касающихся тех. перевооружения узлов котла на основе действующих норм и правил [4]. Результаты тепловых расчётов котла ПК-38 при сжигании Назаровского угля для нагрузок 100%, 70% и 50% представлены в таблице 10.

При принятых технических решениях температура на выходе из топки (в середине выходного окна) для 100%-ной нагрузки котла будет находиться на уровне ~1020-1050 °С, температура уходящих газов – 149°C, что обуславливает потери с уходящими газами $q_2=7,57\%$ и КПД котла брутто – 91,4 % при $q_4=0,5\%$.

Таблица 10- Основные результаты тепловых расчётов котла.

Наименование	Размерность	Назаровский уголь			
		100	70	50	50
Нагрузка	%	100	70	50	50
Число мельниц в работе, N	шт.	4	3	3	2
Расход первичного пара, $D_{п.п.}$	т/ч	270	189	135	135
Температура первичного пара, $t_{п.п.}$	°С	545	545	545	545
Давление первичного пара, $P_{п.п.}$	кгс/см ²	140	140	140	140
Расход вторичного пара, $D_{в.п.}$	т/ч	240	168	120	120
Температура вторичного пара, $t_{в.п.}$	°С	545	545	545	545
Давление вторичного пара, $P_{в.п.}$	кгс/см ²	31,6	22	15,5	15,5
Эффективность топочных экранов, ψ_T	-	0,35	0,35	0,35	0,35
Параметр горения, M	-	0,467	0,467	0,467	0,467
Потери тепла с механическим недожогом, q_4	%	0,5	0,5	0,75	0,75
Потери тепла с уходящими газами, q_2	%	7,57	6,88	8,48	8,41
Расчетный КПД котла брутто, η	%	91,4	91,9	89,7	89,8
Расход топлива на котел (полный), B	т/ч	61,636	43,779	32,920	32,812
Избыток воздуха на выходе из топки, α_T	-	1,18	1,18	1,7	1,7
Присосы воздуха в топку котла, $\Delta \alpha_T$	-	0,11	0,157	0,22	0,22
Температура газов на выходе из топки, ϑ''_T	°С	1020	942	832	839
Температура газов на входе в ВЭ-3, $\vartheta'_{ВЭ-3}$	°С	503	457	448	445
Температура газов на входе в ТВП, $\vartheta'_{ТВП}$	°С	287	260	258	257
Температура уходящих газов, $\vartheta_{ух}$	°С	149	135	129	128
Температура горячего воздуха, $t_{ГВ}$	°С	241	224	215	213

Таблица 11 - Тепловые расчеты котла при работе на Назаровском угле.

Наименование величин	Обозначение	Нагрузка			
		100%	93%	70%	50%
Топливо	Q_r^i	Назаровский уголь: $Q_r^i = 3240 \text{ ккал/кг}$; $W^r = 39,0\%$; $A^r = 7,3\%$; $S^r = 0,59\%$; $C^r = 38,55\%$; $H^r = 2,63\%$; $N^r = 0,45\%$; $O^r = 11,48\%$;			
Паропроизводительность, т/ч	D	270	250	189	135
Давление первичного пара, кгс/см ²	P_{ne}	140	140	140	140
Температура перегрева первичного пара, °С	t_{ne}	545	545	545	545
Температура питательной воды, °С	t_{nw}	233	230	218	205
Давление питательной воды, кгс/см ²	P_{nw}	193,0	185,8	166,0	153,3
Расход вторичного пара, т/ч	D_{em}	240	223,2	168	120
Температура перегрева вторичного пара, °С	t_{em}	545	545	545	545
Давление вторичного пара на выходе, кгс/см ²	P''_{em}	31,6	28,7	22,0	15,5
10 Температура вторичного пара на входе, °С	t''_{em}	385	376	357	338
11 Давление вторичного пара на входе, кгс/см ²	P'_{em}	33,6	30,4	23,0	16,0
12 Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки	a''_m	1,18	1,18	1,18	1,7
13 Присос в топке	$\Delta\alpha_m$	0,11	0,118	0,157	0,22
14 Присос в пылесистеме	$\Delta\alpha_{nc}$	-	-	-	-
15 Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах	β_{yx}	1,4	1,4	1,4	2,0

Продолжение таблицы 11.

Наименование величин	Обозначение	Нагрузка			
		100%	93%	70%	50%
16 Параметр М	-	0,467	0,467	0,467	0,467
17 Доля рециркуляции горячих газов, %	$r_{гг}$	0,226	0,234	0,272	0,257
18 Доля рециркуляции холодных газов, %	$r_{хг}$	0,053	0,046	0,021	0,015
19 Температура газов на выходе из топки, °С	θ_m''	1020	1004	942	832
20 Температура уходящих газов за котлом, °С	θ_{yx}''	149	146	135	129
21 Потеря тепла с уходящими газами, %	q_2	7,57	7,40	6,88	8,48
22 Потеря тепла с химическим недожогом, %	q_3	-	-	-	-
23 Потеря тепла с механическим недожогом, %	q_4	0,5	0,5	0,5	0,75
24 Потеря тепла в окружающую среду, %	q_5	0,5	0,54	0,71	1,0
25 Потеря с теплом шлака, %	q_6	0,015	0,015	0,015	0,015
26 КПД котла, %	$\eta_{ка}$	91,4	91,5	91,9	89,7
27 Расход топлива, т/ч	B	61,636	57,291	43,779	32,920
28 Расчетный расход топлива, т/ч	B_p	61,328	57,005	43,56	32,673
29 Теплонапряжение объема топочной камеры, ккал/м ³ ч	q_v	$99,7 \cdot 10^3$	$92,6 \cdot 10^3$	$70,8 \cdot 10^3$	$53,2 \cdot 10^3$
30 Теплонапряжение сечения топочной камеры, ккал/м ² ч	q_F	$2,52 \cdot 10^6$	$2,34 \cdot 10^6$	$1,79 \cdot 10^6$	$1,34 \cdot 10^6$
31 Средняя тепловая нагрузка эффективной поверхности топки, ккал/м ² ч	$q_{л}$	$59,1 \cdot 10^3$	$56,5 \cdot 10^3$	$47,6 \cdot 10^3$	$30,7 \cdot 10^3$

Таблица 12 - Тепловые расчеты при работе на Бородинском угле.

Наименование величин	Обозначение	Нагрузка			
		100%	93%	70%	50%
1 Топливо	Q_r^i	Бородинский уголь: $Q_r^i = 3740 \text{ ккал/кг}$; $W^r = 33,0\%$; $A^r = 6,0\%$; $S^r = 0,2\%$; $C^r = 43,7\%$; $H^r = 3,0\%$; $N^r = 0,6\%$; $O^r = 13,5\%$;			
2 Паропроизводительность, т/ч	D	270	250	189	135
3 Давление первичного пара, кгс/см ²	$P_{не}$	140	140	140	140
4 Температура перегрева первичного пара, °С	$t_{не}$	545	545	545	545
5 Температура питательной воды, °С	$t_{не}$	233	230	218	205
6 Давление питательной воды, кгс/см ²	$P_{не}$	193,0	185,8	166,0	153,3
7 Расход вторичного пара, т/ч	$D_{вт}$	240	223,2	168	120
8 Температура перегрева вторичного пара, °С	$t''_{вт}$	545	545	545	545
9 Давление вторичного пара на выходе, кгс/см ²	$P''_{вт}$	31,6	28,7	22,0	15,5
10 Температура вторичного пара на входе, °С	$T''_{вт}$	385	376	357	338
11 Давление вторичного пара на входе, кгс/см ²	$P'_{вт}$	33,6	30,4	23,0	16,0
12 Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки	α''_T	1,18	1,18	1,18	1,7
13 Присос в топке	$\Delta\alpha_T$	0,11	0,118	0,157	0,22
14 Присос в пылесистеме	$\Delta\alpha_{пс}$	-	-	-	-
15 Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах	$\Delta\beta_{ух}$	1,4	1,4	1,4	2,0

Продолжение таблицы 12.

Наименование величин	Обозначение	Нагрузка			
		100%	93%	70%	50%
16 Параметр М	-	0,467	0,45	0,45	0,435
17 Доля рециркуляции горячих газов	$r_{гг}$	0,231	0,235	0,274	0,254
18 Доля рециркуляции холодных газов	$r_{хг}$	0,051	0,045	0,020	0,014
19 Температура газов на выходе из топки, °С	θ_m''	1038	1021	955	847
20 Температура уходящих газов за котлом, °С	θ_{yx}''	146	143	133	126
21 Потеря тепла с уходящими газами, %	q_2	7,01	6,85	6,36	7,91
22 Потеря тепла с химическим недожогом, %	q_3	-	-	-	-
23 Потеря тепла с механическим недожогом, %	q_4	0,5	0,5	0,5	0,75
24 Потеря тепла в окружающую среду, %	q_5	0,5	0,54	0,71	1,0
25 Потеря с теплом шлака, %	q_6	0,015	0,015	0,015	0,015
26 КПД котла, %	η	92,0	92,1	92,4	90,3
27 Расход топлива, т/ч	B	52,977	49,241	37,620	28,323
28 Расчетный расход топлива, т/ч	B_p	52,712	48,995	37,432	28,110
29 Теплонапряжение объема топочной камеры, ккал/м ³ ч	q_v	$98,9 \cdot 10^3$	$91,9 \cdot 10^3$	$70,2 \cdot 10^3$	$52,9 \cdot 10^3$
30 Теплонапряжение сечения топочной камеры, ккал/м ² ч	q_F	$2,5 \cdot 10^6$	$2,32 \cdot 10^6$	$1,77 \cdot 10^6$	$1,33 \cdot 10^6$
31 Средняя тепловая нагрузка эффективной поверхности топки, ккал/м ² ч	$q_{л}$	$61,2 \cdot 10^3$	$58,6 \cdot 10^3$	$49,1 \cdot 10^3$	$31,5 \cdot 10^3$

Выводы:

Результаты тепловых расчетов котла показывают, что при переходе на газовую сушку обеспечивается КПД котла $\eta \geq 90\%$ при условиях:

- при номинальной нагрузке и сжигании гарантийного состава угля;
- температура окружающего воздуха $+30^{\circ}\text{C}$;
- температура воздуха перед ТВП $+55^{\circ}\text{C}$;
- при работе пылесистем с проектными величинами тонины помола угля, вентиляции мельниц;
- при доведении присосов холодного воздуха по тракту котла до нормативных значений.

Разработанные решения позволяют обеспечить допустимую температуру газов на выходе из топки и перед плотными конвективными пучками для обеспечения продолжительного безшлаковочного режима работы на Назаровских и Бородинских углях.

4.4.Аэродинамические расчеты котла .

Расчеты проведены в обоснование принципиальной схемы ПГВП с целью:

- выбора параметров ТДМ;
- проверки правильности выбора сечений и параметров топочно-горелочного устройства;
- выбора сечений линий ПГВП и другого оборудования КВО;
- распределения воздуха на горелки, пристенные сопла, нижнее дутье и газовой рециркуляции на сушку топлива.

Расчеты выполнены по нормативному методу аэродинамических расчетов котельных установок и расчетов пылеприготовления [6].

4.4.1.Аэродинамические расчёты котла выполнены на режимах:

- $D_k = 100\%D_n$ при работе на 4-х пылесистемах, в работе два ДВ, ДС и ДРГ.
- $D_k = 70\%D_n$ при работе на 3-х пылесистемах (1 мельница в резерве), в работе два ДВ, ДС и ДРГ.
- $D_k = 50\%D_n$ при работе на 3-х пылесистемах (1 мельница в резерве), в работе два ДВ, ДС и ДРГ.

4.4.2. Забор холодного воздуха осуществляется с верхней отметки котельного отделения с температурой +30 °С и последующим нагревом до +55 °С за счёт рециркуляции части горячего воздуха на всас дутьевого вентилятора.

4.4.3. Расчет пылегазового тракта системы пылеприготовления выполнен при установке инерционных сепараторов на существующие мельницы и вентиляционной производительности мельницы 40000 - 36000 м³/ч при размольной производительности от 11 до 15,5 т/ч Назаровского бурого угля.

4.4.4. Для расчётов рассматривался режим подключения 4-х котлов на одну дымовую трубу при работе котлов на нагрузке 100%D_n.

Таблица 13 - Расчетный гарантийный состав топлива Назаровского и Бородинского бурых углей и их характеристики .

№ п/п	Наименование, размерность	Обозначение	Топливо	
			4	5
1	Вид топлива	-	Назаровский уголь	Бородинский уголь
2	Низшая теплота сгорания (рабочая), ккал/кг	Q_i^r	3240	3740
3	Выход летучих: - на горючую массу, %	V_{daf}	43,0	47,8
4	Коэффициент размолоспособности по методу ВТИ	$K_{до}^{вти}$	51,0	59,1
5	Критерий взрываемости Группа взрывоопасности	K_T	3,76 III	4,24 III
Элементный состав топлива (на рабочую массу):				
6	Влага, %	W^I	39,0	33,0
7	Зола, %	A^I	7,3	6,0
8	Сера, %	S^I	0,59	0,20
9	Углерод, %	C^I	38,55	43,70
10	Водород, %	H^I	2,63	3,00
11	Азот, %	N^I	0,45	0,60
12	Кислород, %	O^I	11,48	13,50
13	Сумма компонентов, %	Σ	100	100
14	Влага гигроскопическая, %	$W_{гт}$	14,0	12,0
Физико-химические характеристики золы				
15	Оксид кремния, %	SiO_2	30,5	54,3
16	Оксид алюминия, %	Al_2O_3	10,0	12,2
17	Оксид титана, %	TiO_2	0,6	0,82
18	Оксид железа, %	Fe_2O_3	19,0	5,66
19	Оксид кальция, %	CaO	35,0	22,76
20	Оксид магния, %	MgO	4,0	3,81
21	Оксид калия, %	K_2O	0,4	0,52
22	Оксид натрия, %	Na_2O	0,5	
23	Сумма компонентов, %	Σ	100	100
Температурная характеристика золы				
27	Температура начала деформации золы, °С	t_A	1200	1170
28	Температура полусферы (начала размягчения золы), °С	t_B	1220	1250
29	Температура жидкоплавкого состояния золы, °С	t_C	1240	1280

4.4.1. Исходные данные к расчёту воздушного тракта на котёл.

Таблица 14- Исходные данные к расчёту воздушного тракта на котёл.

№ п/п	Наименование	Размер- ность	Величина		
			Дк=100%Dн	Дк=70% Dн	Дк=50%Dн
			Z _{M=4}	Z _{M=3}	Z _{M=3}
1	Полный расход топлива, V_{Π}	т/ч	61,64	43,78	32,92
2	Расчетный расход топлива; V_{p}	т/ч	61,33	43,56	32,67
3	Теоретически необходимый объём воздуха на сухую массу; V^0	нм ³ /кг	3,76	3,76	3,76
4	Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки; α''_T	–	1,18	1,18	1,7
5	Присосы холодного воздуха в топке; $\Delta\alpha_T$	–	0,11	0,157	0,22
6	Присосы воздуха в ТВП; $\Delta\alpha_{ТВП}$	–	0,09	0,129	0,18
7	Доля вторичного воздуха в горелки 1-го яруса; $\Delta\alpha_{1\text{ яр}}^{\text{гор}}$	–	0,383	0,293	0,405
8	Доля вторичного воздуха в горелки 2-го яруса; $\Delta\alpha_{2\text{ яр}}^{\text{гор}}$	–	0,383	0,293	0,405
9	Суммарная доля вторичного воздуха на горелки; $\Delta\alpha_{BT}$	–	0,766*	0,586*	0,81*
10	Доля вторичного воздуха на охлаждение центрального канала горелки; $\Delta\alpha_{\text{ЦК}}^{\text{гор}}$	–	0,018*	0,03*	0,07*
11	Доля вторичного воздуха на охлаждение неработающих горелок; $\Delta\alpha_{\text{НГ}}^{\text{гор}}$	–	0	0,121	0,201
12	Доля вторичного воздуха в пристенные сопла; $\Delta\alpha_{\text{прист}}$	–	0,1*	0,1*	0,1*
13	Доля вторичного воздуха на сопла нижнего дутья; $\Delta\alpha_{\text{НД}}$	–	0,1*	0,1*	0,1*
14	Доля рециркуляции горячего воздуха на всас ДВ; $\beta_{\text{реци}}$	–	0,156	0,167	0,251
15	Плотность влажного воздуха ρ_0 , (при $P_{\text{бар}} = 760 \text{ мм рт ст}$, $t = 0^{\circ}\text{C}$)	кгс · с ² /м ⁴	0,131	0,131	0,131
16	Температура холодного воздуха; $t_{\text{ХВ}}$	°С	30	30	30
17	Температура воздуха перед ТВП; $t'_{\text{ТВП}}$	°С	55	55	55
18	Температура горячего воздуха после ТВП; $t''_{\text{ТВП}}$	°С	241	224	215
19	Относительный расход холодного воздуха на входе в тракт; $\alpha'_{\text{ХВ}}$	–	1,16**	1,15**	1,66**
20	Относительный расход воздуха перед дутьевым вентилятором; $\alpha'_{\text{ДВ}}$	–	1,316**	1,319**	1,911**
21	Относительный расход воздуха после ТВП; $\alpha''_{\text{ТВП}}$	–	1,226**	1,19**	1,73**

*-по воздушному балансу с учётом воздуха в газах

**-без учёта воздуха в газах

Таблица 15 - Секундные расходы воздуха по участкам тракта на котёл.

№ п/п	Секундные расходы $V_C = \frac{\alpha \cdot V_p \cdot 1,0161 \cdot V^0 \cdot (273 + t)}{3600 \cdot 273}; \frac{m^3}{c}$	Величина		
		Дк=100%Дн	Дк=70%Дн	Дк=50%Дн
		Zм=4	Zм=3	Zм=3
1	Расход холодного воздуха на входе в тракт; м ³ /с	83,8	59,1	63,9
2	Расход воздуха на всас дутьевого вентилятора (после рециркуляции горячего воздуха); м ³ /с	102,9	73,3	79,6
3	Расход воздуха перед ТВП; м ³ /с	102,9	73,3	79,6
4	Расход воздуха после ТВП; м ³ /с	150,2	100,2	107,3
5	Расход рециркуляции горячего воздуха на всас ДВ; м ³ /с	19,1	14,1	15,6
6	Расход вторичного воздуха на горелки 1-го яруса; м ³ /с	46,9	24,7	25,1
7	Расход вторичного воздуха на горелки 2-го яруса; м ³ /с	46,9	24,7	25,1
8	Расход вторичного воздуха на охлаждение центрального канала горелок; м ³ /с	2,2	2,5	4,3
9	Расход вторичного воздуха на охлаждение неработающих горелок; м ³ /с	-	10,2	12,5
10	Расход вторичного воздуха в пристенные сопла; м ³ /с	12,3	8,4	6,2
11	Расход вторичного воздуха в сопла нижнего дутья; м ³ /с	12,3	8,4	6,2

Плотности воздуха по участкам тракта.

Таблица 16 .

№ п/п	Плотность воздуха $\rho = \rho_{ВЛО} \cdot \frac{273}{273 + t}; \frac{кгс \cdot сек^2}{м^4}$	Величина		
		Дк=100%Дн	Дк=70%Дн	Дк=50%Дн
		Zм=4	Zм=3	Zм=3
1	Плотность холодного воздуха на входе в тракт	0,118	0,118	0,118
2	Плотность воздуха на всасе дутьевого вентилятора	0,11	0,11	0,11
3	Плотность воздуха перед ТВП	0,11	0,11	0,11
4	Плотность воздуха после ТВП	0,07	0,072	0,073

4.4.2.Тракт вторичного воздуха.

Таблица 17- Расчет тракта вторичного воздуха.

№ п/п	Наименование, размерность	Величина		
		Дк=100%Дн	Дк=70% Дн	Дк=50% Дн
		в работе 2 вентилятора		
		Zм=4	Zм=3	Zм=3
Сопротивления по трактам.				
1	Участок от воздухозаборного окна до основного дутьевого вентилятора, мм вод ст	39,2	19,9	23,6
2	Участок от основного дутьевого вентилятора до воздухоподогревателя, мм вод ст	13,5	6,9	8,1
3	Трубчатый воздухоподогреватель с перепускными коробами, мм вод ст	102,4	50,0	58,7
4	Участок от воздухоподогревателя до дальней горелки 2-го яруса, мм вод ст	56,0	27,3	26,9
5	Горелка вихревая, мм вод ст	120,0	61,0	65,1
6	Суммарное сопротивление тракта вторичного воздуха к горелкам, мм вод ст	331,1	165,1	182,4
7	Барометрическое давление в месте установки, мм рт ст	737		
8	Суммарное сопротивление тракта вторичного воздуха с поправкой на давление, мм вод ст	337,3	169,3	186,6
9	Разрежение в топке на уровне горелок 2-го яруса, мм вод ст	21,8	21,8	21,8
10	Самотяга ТВЦ, мм вод ст	2,4	2,3	2,3
11	Самотяга тракта горячего воздуха к горелкам, мм вод ст	2,1	2,0	1,9
12	Перепад полных давлений по тракту с учетом самотяги и разрежения в топке на уровне горелок, мм вод ст	310,8	143,2	160,6
Параметры основного дутьевого вентилятора.				
1	Часовая производительность машины, м ³ /ч	189,8·10 ³	135,5·10 ³	147,0·10 ³
2	Расчетная производительность машины с запасом 10%, м ³ /ч	208,8·10 ³	149,1·10 ³	161,7·10 ³
3	Перепад полных давлений в тракте, мм вод ст	310,8	143,2	160,6
4	Расчетное полное давление с запасом 20%, мм вод.ст	373,0	171,9	192,7
5	Коэффициент приведения к условиям, для которых составлена характеристика	1,11	1,11	1,11
6	Приведённый перепад полных давлений к условиям характеристики машины, мм вод.ст.	345,0	159,0	178,3
7	Расчетное полное давление, приведенное к условиям характеристики машины, мм вод.ст	414,0	190,8	214,0
8	Температура воздуха перед вентилятором, °С	55	55	55
9	Количество машин в работе, шт.	2	2	2
10	Число оборотов машины, об/мин	740	740	740
11	Потребляемая мощность электродвигателя в рабочей точке, кВт	255,5	161,0	184,0

4.4.3. Расчёт газового тракта.

Таблица 18 - Исходные данные к расчётам газового тракта котла .

№ п/п	Наименование	Размер	Величина		
			Dк=100%Dн	Dк=70% Dн	Dк=50% Dн
1	Полный расход топлива; $V_{\text{П}}$	т/ч	61,64	43,78	32,92
2	Расчетный расход топлива; $V_{\text{Р}}$	т/ч	61,33	43,56	32,67
3	Теоретически необходимый объём воздуха на сухую массу; V^0	нм ³ /кг	3,76	3,76	3,76
4	Теоретический объём трёхатомных газов; V_{RO_2}	нм ³ /кг	0,72	0,72	0,72
5	Теоретический объём азота; $V_{N_2}^0$	нм ³ /кг	2,98	2,98	2,98
6	Теоретический объём водяных паров; $V_{H_2O}^0$	нм ³ /кг	0,84	0,84	0,84
7	Коэффициент избытка воздуха в конце топки; $\alpha_{\text{Т}}$	–	1,18	1,18	1,7
8	Присосы холодного воздуха в топке; $\Delta\alpha_{\text{Т}}$	–	0,11	0,157	0,22
9	Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах за ТВП; $\Delta\alpha_{\text{вх}}$	–	1,41	1,44	2,01
10	Температура уходящих газов за ТВП; $\vartheta_{\text{вх}}$	°C	150	136	130
11	Расход горячих дымовых газов в месте отбора; $V_{\text{Г}}$	м ³ /с	346,2	237,7	233,1
12	Температура горячих дымовых газов в месте отбора; $\vartheta_{\text{Г}}$	°C	508	463	453

Определение величин для расчета газового тракта на котел:

$$1. \text{Объем дымовых газов : } V_{\text{Г}}^{\text{н}} = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^0, \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

$$\text{Где объем водяных паров : } V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0, \frac{\text{нм}^3}{\text{кг}}$$

$$2. \text{Приведенная плотность газов: } \rho_0 = \frac{1 - 0,01 \cdot A^r + 1,306 \cdot \alpha \cdot V^0}{V_{\text{Г}} \cdot g}, \text{ кгс}^2/\text{м}^4$$

$$3. \text{Плотность газов : } \rho = \rho_0 \cdot \frac{273}{\vartheta + 273}; \rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}, \text{ кгс}^2/\text{м}^4$$

$$4. \text{Секундный расход газов : } V_{\text{с}} = V_{\text{Р}} \cdot V_{\text{Г}} \cdot \frac{\vartheta + 273}{273}; V_{\text{с}}^{\text{ср}} = \frac{V_{\text{с}}' + V_{\text{с}}''}{2}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$5. \text{Температура дымовых газов : } \vartheta = \frac{\vartheta_{\text{вх}} \cdot \alpha_{\text{вх}} + \Delta\alpha \cdot t_{\text{хв}}}{\alpha_{\text{вх}} + \Delta\alpha}, \vartheta_{\text{ср}} = \frac{\vartheta' + \vartheta''}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.4.4. Газовый тракт.

Таблица 19- Расчет газового тракта.

№ п/п	Наименование, размерность	Величина		
		Dк=100%Dн	Dк=70% Dн	Dк=50% Dн
		в работе 2 дымососа		
1	2	3	4	5
Сопrotивление тракта по участкам.				
1	Сопrotивление котла от выхода из топки до точки отбора газов на рециркуляцию (до ЭКО), мм вод.ст.	71,0	52,2	47,9
3	Сопrotивление ЭКО, мм вод.ст.	51,2	22,9	24,9
4	Сопrotивление ТВП, мм вод.ст.	56,0	28,8	28,9
5	Сопrotивление тракта от ТВП до БЦУ, мм вод.ст.	30,0	14,4	14,4
6	Сопrotивление БЦУ, мм вод.ст.	98,5	47,6	46,7
7	Сопrotивление тракта от БЦУ до дымососа, мм вод.ст.	13,8	6,7	6,5
8	Сопrotивление тракта от дымососа до дымовой трубы, мм вод.ст.	40,9	21,0	20,7
9	Дымовая труба, мм вод.ст.	39,4	20,3	20,0
10	Суммарное сопротивление газового тракта, мм вод.ст.	400,8	213,9	210,0
11	Самотяга конвективной шахты (от ПК до выхода из ТВП), мм вод.ст.	-21,7	-20,9	-20,2
12	Самотяга участка от ТВП до БЦУ, мм вод.ст.	3,2	3,0	2,8
13	Самотяга участка от БЦУ до дымососа, мм вод.ст.	-2,8	-2,7	-2,5
14	Самотяга дымовой трубы, мм вод.ст.	44,5	41,2	39,8
15	Перепад полных давлений по тракту с учетом самотяги и запылённости дымовых газов, мм вод.ст.	397,8	199,2	195,2
Параметры основного дымососа.				
1	Часовая производительность машины, м ³ /ч	336,7·10 ³	228,2·10 ³	223·10 ³
2	Расчетная производительность машины с запасом 10%, м ³ /ч	370,4·10	251,0·10	245,8·10
3	Перепад полных давлений в тракте, мм вод.ст.	397,8	199,2	195,2
4	Расчетное полное давление с запасом 20%, мм вод.ст.	477,4	239,1	234,3
5	Коэффициент приведения к условиям, для которых составлена характеристика.	0,952	0,907	0,895
6	Приведённый перепад полных давлений к условиям характеристики машины, мм.вод.ст.	378,7	180,7	174,7
7	Расчетное полное давление, приведенное к условиям характеристики машины, мм вод.ст.	454,4	216,8	209,7
8	Температура газов перед дымососом, °С	144,1	131	126
9	Количество машин в работе, шт.	2	2	2
10	Число оборотов машины, об/мин	740	740	740
11	Потребляемая мощность электродвигателя в рабочей точке, кВт	686	400	402

4.4.5. Исходные данные к расчёту тракта рециркуляции дымовых газов.

Таблица 20 - Исходные данные к расчётам тракта рециркуляции газов .

№ п/п	Наименование	Размерность	Величина		
			Дк=100%Dн	Дк=70% Dн	Дк=50% Dн
1	Доля рециркуляции	-	0,22	0,27	0,24
2	Секундный расход газов на рециркуляцию, $V_c^{рец}$, м ³ /с	м ³ /с	63,2	50,1	45,0
3	Температура горячих газов рециркуляции в месте отбора	°С	508	462	454

Таблица 21 - Расчет тракта рециркуляции дымовых газов.

№ п/п	Наименование, размерность	Величина		
		Дк=50% Dн	Дк=100%Dн	Дк=70% Dн
		Zм=4	Zм=3	Zм=3
		в работе 2 ДРГ		
1	2	3	4	5
Соппротивление тракта.				
1	Соппротивление участка от забора газов из КШ до присадки холодной газовой рециркуляции, мм вод ст	14,3	9,5	7,8
2	Соппротивление участка от точки смешения до ДРГ, мм вод ст	38,98	22	17,6
3	Соппротивление участка от ДРГ до мельницы (ШМТ), мм вод ст	45,4	25,6	20,5
4	Соппротивление мельницы (ШМТ 1500/1910/985), мм вод ст (принято)	68,0	64	55
5	Соппротивление участка пылепроводов от сепаратора ШМТ до горелок мм вод ст	68,0	65,2	53,2
6	Соппротивление вихревой горелки по аэросмеси, мм вод ст	37,7	36,1	29,5
7	Соппротивление напорного тракта, мм вод ст	219,1	190,9	158,2
8	Суммарное соппротивление тракта рециркуляции, мм вод ст	272,38	222,4	183,6
9	Потери напора на подъём топлива, мм вод.ст.	-2,7	-2,6	-2,5
10	Разрежение в топке на уровне горелок 2-ого яруса, мм вод ст	-17,8	-17,8	-17,8
11	Суммарная самотяга тракта рециркуляции, мм вод ст	-4,8	-2,4	-2,2

Продолжение таблицы 21.

12	Разрежение в точке забора газов на сушку из КШ, мм вод ст	-86,8	-66,3	-61,5
13	Эффективное давление, мм рт ст	735	735,8	736
14	Суммарное сопротивление тракта с поправкой на $h_{эф}$	282	222,8	183,5
15	Перепад полных давлений по тракту с учетом запыленности, самотяги и разрежения в точке отбора, мм вод.ст.	358,5	276,4	268,4
Параметры дымососа рециркуляции дымовых газов				
1	Часовая производительность машины, м ³ /ч	129,1·10 ³	96,7·10 ³	86,8·10 ³
2	Расчетная производительность машины с запасом 5%, м ³ /ч.	135,6·10 ³	101,5·10 ³	91,1·10 ³
3	Перепад полных давлений в тракте, мм вод ст	358,5	276,4	268,4
4	Расчетное полное давление с запасом 10%, мм вод ст	394,35	304	295,2
5	Коэффициент приведения к условиям, для которых составлена характеристика	1,03	1,03	1,03
1	2	3	4	5
6	Приведённый перепад полных давлений к условиям характеристики машины, мм вод.ст.	369,3	284,7	277,2
7	Расчетное полное давление, приведенное к условиям характеристики машины, мм вод.ст	406,2	313	304,9
8	Температура среды перед ДРГ, °С	435	428	434
9	Количество машин в работе, шт.	2	2	2
10	Число оборотов машины, об/мин	990	990	990
11	Расчетная мощность электродвигателя в рабочей точке, кВт	220	200	180

Выводы:

Анализ результатов аэродинамических расчетов показал:

- выбранные в процессе реконструкции конструктивные решения по пылегазовоздушным трассам котельной установки и соответствующее им оборудование обеспечивает работу тягодутьевых машин с нормативными запасами по производительности и напору на всех режимах работы котла .

- на пониженных нагрузках (70%D_н и 50%D_н) работа ТДМ осуществляется при низких КПД, что приводит к неэкономичной работе тягодутьевых машин.

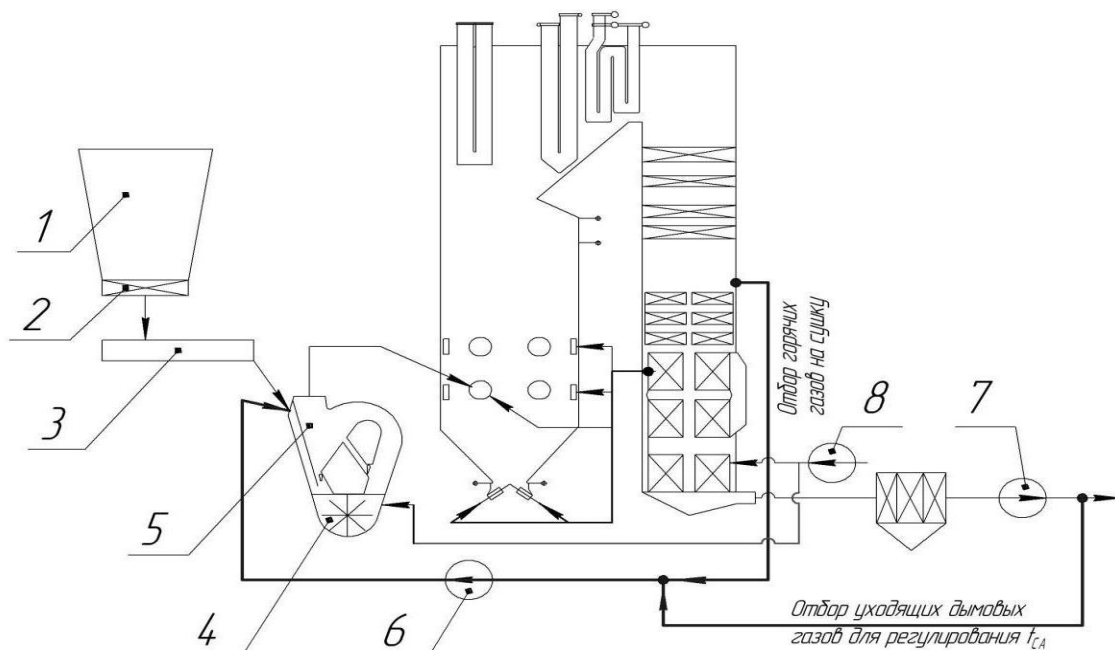
В этом случае предлагаем рассмотреть: Для вентилятора ВДН-24 при понижении нагрузки котла для более эффективной работы машины перейти на один вентилятор ,для основного дымососа при понижении нагрузки котла определить оптимальный режим работы КУ на двух дымососах путём возможного дросселирования потока газов перед ДС.

4.5. Техническое перевооружение системы пылеприготовления.

Согласно инструкции по обеспечению взрывобезопасности топливоподачи и установок для приготовления и сжигания пылевидного топлива [7], сжигание топлив III и IV групп взрывоопасности рекомендуется осуществлять в системах пылеприготовления с газовой сушкой. Присадка подогретого или холодного воздуха в системах пылеприготовления с газовой сушкой топлива для проектируемых установок не допускается.

Ввиду множества преимуществ варианта с газовой сушкой по организации взрывобезопасной работы СПП и снижению температуры в зоне основного горения данный вариант технического перевооружения был утвержден.

Принципиальная схема системы пылеприготовления по проекту тех. перевооружения представлена на рисунок 8. Вариантные расчёты системы пылеприготовления приведены в сводной таблице 22. Состав и параметры сушильного агента на номинальной нагрузке котла представлены в таблице 22.



1-бункер сырого угля; 2-отсекающий шибер; 3-скребковый питатель; 4-мельница молотковая
5- инерционный сепаратор; 6-дымосос рециркуляции газов; 7-основной дымосос ;
8-дутьевой вентилятор.

Рисунок 8. - Принципиальная схема системы пылеприготовления[8].

Таблица 22 - Состав и параметры сушильного агента. Нагрузка 100% 4 мельницы в работе.

№	Компонент	Параметр		
		Доля в СА	Температура, °С	Доля рециркуляции, %
1	Дымовые газы перед ВЭЖ	0,787	499	22,6
2	Уходящие дымовые газы	0,200	141	5,3
3	Уплотняющий воздух	0,013	30	-

Основные результаты теплового расчета системы пылеприготовления на номинальном режиме работы котла и всех четырех систем пылеприготовления:

- Температура сушильного агента на входе в мельницу, $t'_M=430$ °С;
- Температура сушильного агента на выходе из мельницы, $t''_M=84$ °С;
- Влажность пыли $W^{пл}=15,5\%$.

Температура сушильного агента (смеси дымовых газов) составляет 430°С, что выше текущей температуры сушильного агента для существующих

мельниц с шахтными сепараторами (при воздушной сушке топлива $t_{ГВ} \approx 350-380^{\circ}\text{C}$).

Рабочие колеса и прочие элементы проточной части дымососов рециркуляции дымовых газов выполняются в износостойком исполнении. Это позволит отказаться от установки циклонов очистки (от золовых частиц) при стесненной компоновке котла и КВО. Подобные решения доказали свою эффективность на ряде ТЭС при использовании малозольных топлив.

Выводы:

Для подготовки топлива к сжиганию в настоящих проектных решениях принята система пылеприготовления прямого вдувания пыли в топку с размолотом топлива в 4 молотковых мельницах типа ШМТ-1500/1910 с установкой новых инерционных сепараторов и с газовой сушкой топлива.

В проекте предусматривается:

- перевод системы пылеприготовления на газовую сушку;
- замену существующих шахтных (гравитационных) сепараторов шахтно-молотковых мельниц на новые инерционные с целью понижения тонины помола (при этом сами мельницы сохраняются в первоначальном (проектном) исполнении).

Для оптимальной работы топочно-горелочных устройств и экранных поверхностей нагрева в работе должно находиться максимальное количество систем пылеприготовления: 4 – для $0,7 \div 1,0 D_{\text{НОМ}}$, 3 – для $0,5 \div 0,7 D_{\text{НОМ}}$.

Отбор газов для сушки топлива производится из двух точек газового тракта: перед экономайзером и за основным дымососом. Регулирование температуры сушильного агента осуществляется за счет изменения долей отбора газов.

4.5.1. Принципиальные технические решения.

1. Расчёт выполнен по «Нормам расчёта и проектирования пылеприготовительных установок котельных агрегатов ЦКТИ-ВТИ» издания 1971г. [8].

2. Расчётный состав топлива и его характеристики приведены в таблице №23.

3. В проекте применена индивидуальная система пылеприготовления с прямым вдуванием пыли в топку с размолотом топлива в 4 реконструированных молотковых тангенциальных мельницах ШМТ 1500/1910 с инерционным сепаратором (4 мельницы на энергоблок) и с газовой сушкой топлива.

4. "Горячие" дымовые газы отбираются перед экономайзером; "холодные" дымовые газы отбираются за ДС. Регулирование температуры сушильного агента осуществляется за счет изменения долей отбора газов.

5. Реконструкция существующей молотковой мельницы ШМТ 1500/1910 с шахтным сепаратором предусматривает:

- перевод системы пылеприготовления котельной установки на газовую сушку;

- замену существующих шахтных (гравитационных) сепараторов шахтно-молотковых мельниц ШМТ-1500/1910 на инерционные; при этом корпуса мельниц и их фактическое расположение не подлежат реконструкции.

6. Расчёты пылеприготовления выполнены для котла номинальной паропроизводительностью 270 т/ч (Пп-270-13,8-545/545 БТ) - см. раздел.4.5.

7. Размольная производительность мельницы ШМТ 1500/1910 производства Черновицкого машиностроительного завода по данным АО "Тяжмаш" (письмо №32-24/40 от 03.02.2016) составит при размол Назаровского угля ($K_{ло}=1,08$, $W^r=39\%$, $W^{ГИ} = 14\%$,

$W^{Пл} = 15,5\%$, $d_{max} = 40\text{мм}$, $V_2 = 48000\text{м}^3/\text{ч}$) и замене шахтного сепаратора на инерционный: $V_{мах} = 16\text{ т/ч}$ при $R_{90}=45\%$;

$V_{мах} = 19\text{ т/ч}$ при $R_{90}=55\%$.

$V_{мах} = 20\text{ т/ч}$ при $R_{90}=57\%$.

При размоле Бородинского угля ($K_{ло}=1,2$, $W^r=33\%$, $W^{ГИ} = 12\%$,

$W^{пл} = 9\%$, $d_{max} = 40\text{мм}$, $V_2 = 48000\text{м}^3/\text{ч}$) производительность мельницы будет больше, чем на Назаровском угле.

8. Расход сушильно-вентилирующего агента за сепаратором мельницы ШМТ 1500/1910 с инерционным сепаратором по данным АО "Тяжмаш" (письмо №32-24/40 от 03.02.2016) находится в диапазоне $48\ 000\ \text{м}^3/\text{ч} \div 56\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$ при максимальной производительности мельницы.

9. Требуемая размольная производительность мельницы ШМТ 1500/1910 с инерционным сепаратором изменяется в диапазоне от $V_m = 9,5\ \text{т/ч}$ при $R_{90}=50\div 60\%$ (при нагрузке котла 50% в работе 3 мельниц, Бородинский уголь) до $V_m = 16,7\ \text{т/ч}$ при $R_{90}=50\div 60\%$ (при нагрузке котла 80% в работе 3 мельницы, Назаровский уголь).

10. Вентиляционная производительность мельницы с учётом сопротивления мельницы выбрана из условия обеспечения сушки топлива и выноса пыли и находится в пределах:

$36000\ \text{м}^3/\text{ч} \div 44\ 000\ \text{м}^3/\text{ч}$ при температуре за мельницей в диапазоне $135^\circ\text{C} \div 84^\circ\text{C}$. Мельница должна допускать снижение вентиляции на 20% при снижении производительности на ~50%. При дальнейшем снижении размольной производительности вентиляция мельницы не изменяется.

11. Рабочая температура пылегазовой смеси за сепаратором поддерживается в диапазоне $t_2 = 135^\circ\text{C} \div 84^\circ\text{C}$. Предельно допустимая рабочая температура за сепаратором и аварийное отключение мельницы при 220°C .

12. В качестве сушильного агента используется:

- основной компонент - горячие газы рециркуляции с температурой $t_{гг} = 453...508\ ^\circ\text{C}$ в зависимости от режимов работы котла, отбираемые перед ЭКО в конвективном газоходе котла;

- регулирующий компонент - холодные газы рециркуляции с температурой $t_{хг} = 128\ ^\circ\text{C}...149\ ^\circ\text{C}$ в зависимости от режимов работы котла, отбираемые с напора дымососа для поддержания необходимой температуры пылегазовой смеси за мельницей и для поддержания температуры сушильного агента на входе в ДРГ не выше 430°C .

13. Расход воздуха на уплотнение мельницы от турбокомпрессора принят около $500\text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре 30°C и учтён в расчетах с коэффициентом 0,75 (коэффициент перехода уплотняющего воздуха в сушильный агент).

14. Температура горячих газов перед пылеприготовительной установкой:

а) принята 430°C , как предельно возможная по условиям работы ДРГ;

б) рассчитана исходя из нормативных присосов воздуха в газоходах от КШ до ДРГ.

15. Мельница и сепаратор должны быть рассчитаны на давление 0,04 МПа и оснащены взрывными предохранительными клапанами (ВПК).

16. Влажность пыли за сепаратором мельницы принята в зависимости от достигаемой температуры пылегазовой смеси за пылеприготовительной установкой и составляет:

а) в диапазоне $W^{\text{пл}} = 12,0 \div 17,5\%$ для назаровских бурых углей;

б) в диапазоне $W^{\text{пл}} = 6,0 \div 9,0\%$ для бородинских бурых углей .

17. Каждая мельница обеспечивает пылегазовой смесью 2 горелки котла (по 1 на первом и на втором ярусе, диагонально расположенных). Деление пыли и сушильного агента осуществляется сепаратором мельницы - по 50% на каждый из 2-х пылепроводов.

5. Системы очистки поверхностей нагрева.

5.1. Водяная обдувка экранов топочной камеры.

Для обеспечения эффективной работы поверхностей нагрева, номинальной паропроизводительности котла и расчетных температур по газовому тракту с учетом шлакующих свойств Назаровского и Бородинского бурых углей предлагается установка на котле 4 аппарата водяной обдувки топочной камеры.

Система водяной обдувки включает в себя, четыре дальнобойные водяные аппарата с насосной станцией.

Общий вид водяных аппаратов представлен на рисунке 9. В данном случае представлено оборудование фирмы Clyde Bergemann/



Рисунок 9- Общий вид дальнобойного аппарата [11].

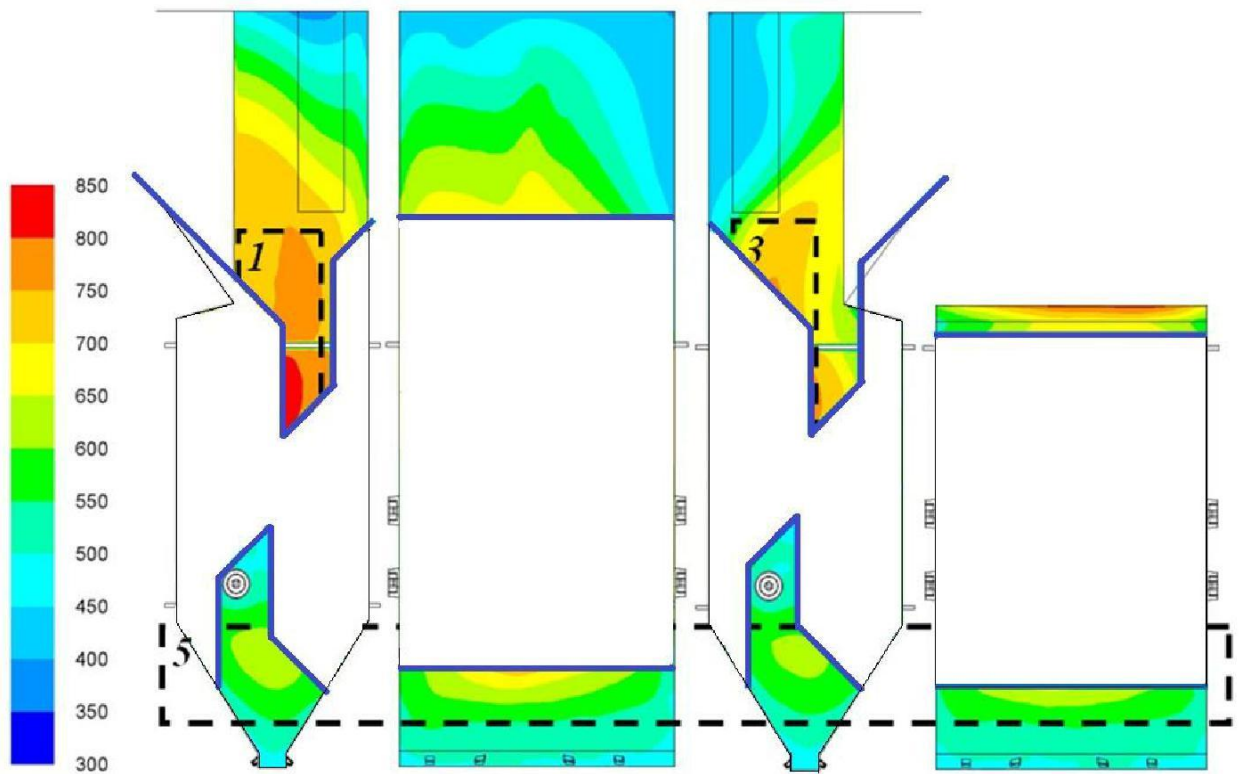


Рисунок 10 - Зоны действия аппаратов обдувки и поля температур у стен топочной камеры, не попадающие в зону обдувки, °С [10].

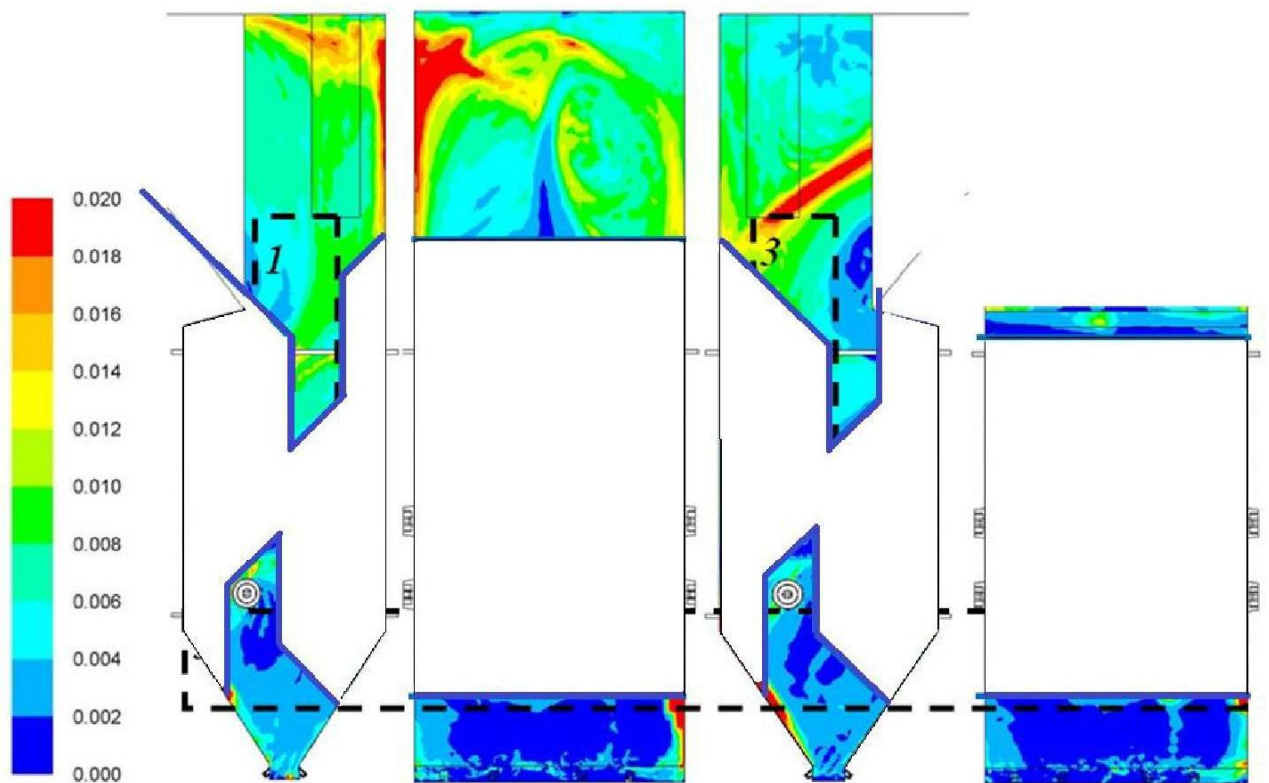


Рисунок 11- Зоны действия аппаратов обдувки и концентрация дискретной фазы вблизи стен, не попадающие в зону обдувки, °С [10].

Более наглядно оценить не попавшие в зону очистки области можно по рисунку 10 и 11. На которых отчетливо видно, что основные, потенциально опасные области №1-5 находятся в зоне работы аппаратов, а неперекрываемые экранные поверхности практически не содержат одновременно высокотемпературных зон и зон повышенного содержания золотопливных частиц [10]. Зона эффективной очистки экранов топки залита белым цветом.

Установка 4 аппаратов на фронтальной и задней стенах топки, в соответствии с разработанной схемой, позволит обеспечить качественную очистку экранов топки от начала скатов холодной воронки до аэродинамического выступа.

Привод водяной пушки позволяет описывать змеевидную траекторию на противоположном экране. Настройка оборудования на работающем котле и программирование режима работы аппарата позволяют обеспечить обход струями воды горелок и сопел [9].

5.2. Паровая обдувка ширмовых поверхностей нагрева.

Для надежной работы пароперегревателя необходимо:

- наладить и установить режим горения в топке с нормальным избытком воздуха и правильным положением факела в топке;
- не допускать повышенных (более расчетных) температур дымовых газов на выходе из топки и перед перегревателем путем поддержания правильного режима горения;
- производить регулярную обдувку поверхностей нагрева экранов топки и перегревателя;
- не допускать односторонней или неравномерной работы горелок (форсунок) и значительных температурных перекосов в топке и газоходе.

Исходя из результатов математического моделирования и тепловых расчетов котла, дополнительные внутритопочные ширмы находятся в зоне температур газов 1000-1050°C (рисунок 13). В связи с этим необходима их периодическая очистка от золошлаковых отложений, также целесообразно проводить периодическую очистку ската существующих пакетов ШПП.

Дополнительно к системе водяной обдувки на котле проектом предусмотрена установка современного комплекса паровой обдувки ширмовых поверхностей нагрева (рисунок 12-13), 8 короткоходных аппаратов и 4 глубоководных аппарата (L=5100мм).

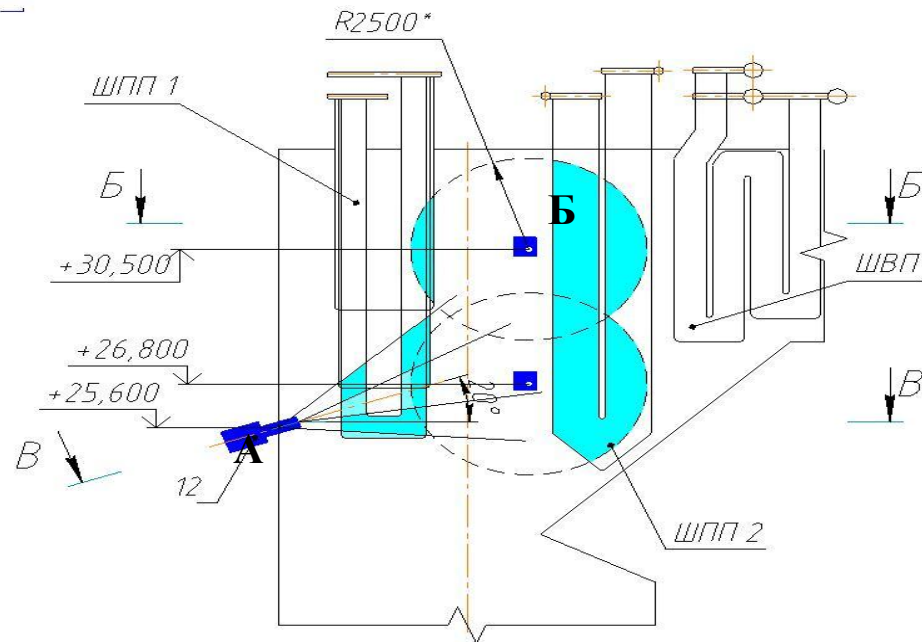


Рисунок 12 - Система паровой обдувки ширмовых поверхностей нагрева: А - 8 короткоходных аппаратов; Б - 4 глубоководных аппарата [9].

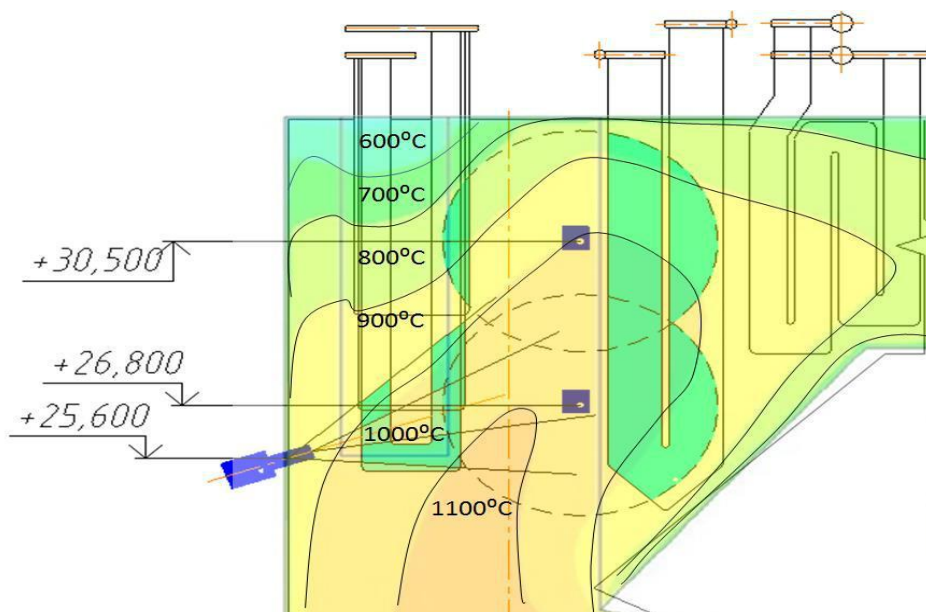


Рисунок 13- Система паровой обдувки ширмовых поверхностей нагрева [10].

6. Социальная ответственность.

Введение.

Социальная ответственность – это сознательное отношение какого либо субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, социальных ценностей, норм, задач и правил, а также гражданского долга, понимание субъектом последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества [12].

Мероприятия по охране труда решены комплексно во всех частях проекта. Принятые в проектной документации решения соответствуют требованиям системы стандартов безопасности труда (ССБТ).

Для безопасного обслуживания оборудования и трубопроводов с температурой поверхности, превышающей 45°C, предусмотрена тепловая изоляция. Корпуса электрооборудования заземлены для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током. При размещении оборудования учтены нормы по организации рабочих мест и эвакуационные проходы.

При производстве и приемке работ должны соблюдаться требования СНиП 12-04-2002 и других нормативных документов по технике безопасности.

Настоящая работа содержит технические решения в объеме технического перевооружения котла ПК-38 ст. №3А АО «Назаровской ГРЭС» с переводом на сжигание Назаровского и Бородинского бурых углей.

В работе представлены материалы по выбору системы пылеприготовления и оптимальной схемы сжигания, расчеты и компоновки топочно-горелочных устройств. Тепловые и аэродинамические расчеты котла и системы пылеприготовления.

Технические решения разработаны с учетом обеспечения надежной работы котла, минимизации шлакования топочной камеры, обеспечения номинальной производительности $D_{ном}=270$ т/ч, увеличения экономичности котла, включают в себя следующие основные направления:

- техническое перевооружение систем техническое перевооружение системы пылеприготовления с переходом на газовую сушку;
-техническое перевооружение системы сжигания с переходом на пылеугольное факельное сжигание топлива.

Задачи дипломного проектирования:

1. Изучить теоретический материал по теме проекта для описания краткой характеристики котельной установки и компоновки котла.
2. Выполнить расчёты :топочно-горелочных устройств, тепловой и аэродинамический расчеты котла, расчет системы пылеприготовления.
3. Разработать мероприятия по производственной безопасности, экологической безопасности, охране труда на проектируемом производстве.

Социальная ответственность определяется рядом объективных и субъективных предпосылок. С объективной стороны социальная ответственность отражает общественную природу человека и урегулированность общественных отношений социальными нормами. Деяние, противоречащее этим нормам, влечет ответственность нарушителя. Ее возникновение возможно при условии предварительного предъявления к поведению людей определенных требований, сформулированных устно или письменно в соответствующих правилах.

Соблюдение данных норм предполагает наличие известной подчиненности участников общественных отношений выраженной в них воле. Объективный характер ответственности не означает ее фатальной предопределенности, одинакового уровня для всех субъектов и любых общественных отношений.

Здесь нужно рассмотреть 2 вида социальной ответственности:

1. Корпоративная социальная ответственность — это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на фирмы и прочие заинтересованные стороны общественной сферы. Это обязательство выходит за рамки установленного законом обязательства соблюдать законодательство и

предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

2. Личная (индивидуальная) социальная ответственность. Ответственность личности имеет социальную природу, predeterminedенную как общественным характером отношений, так и особенностями личности, ее местом в системе этих отношений. Социальная ответственность возникает тогда, когда поведение индивида имеет общественное значение и регулируется социальными нормами. В процессе развития общества складываются определенные отношения между людьми в виде взаимных прав и обязанностей прежде всего в сфере трудовой деятельности.

Практическая значимость данной ВКР заключается в том, что проект технического перевооружения котла ПК-38 ст. №3А может быть использован при решении задач, связанных с устранением проблем в возросшей потребности в электроэнергии и тепловой энергии в указанном населенном пункте.

Характеристика объекта:

Назаровская ГРЭС – действующая станция, входящая в состав ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)», с установленной электрической мощностью 1210 МВт и тепловой мощностью 870 Гкал. Основными видами производственной деятельности ГРЭС являются: производство и поставка электрической энергии на общероссийский оптовый рынок и электрической и тепловой энергии в соответствии с диспетчерскими графиками электрических и тепловых нагрузок, передача и распределение электрической и тепловой энергии, отпуск пара и горячей воды внешним потребителям.

Характеристика района размещения предприятия:

Филиал «Назаровская ГРЭС» ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)», расположен на четырех самостоятельных площадках:

- основная промплощадка ГРЭС расположена в западной промышленно-коммунальной зоне г. Назарово на берегу реки Чулым;

- промплощадка автотранспортного цеха ГРЭС расположена на расстоянии 770 м от площадки ГРЭС, в юго-западном направлении в непосредственной близости к пос. Строителей ;
- золоотвал №1 расположен на расстоянии 1,6 км от площадки ГРЭС в западном направлении, на левобережной пойме р. Чулым.
- золоотвал №2 расположен на расстоянии 2,5 км от площадки ГРЭС в северо-западном направлении ниже подпорной плотины ГРЭС, на правобережной пойме р. Чулым.

Расстояние от границы основной промплощадки ГРЭС до ближайших селитебных территорий составляет :

- в северном направлении на расстоянии 8 км пос.Заворки;
- в северо-западном направлении на удалении 1,06 км находится мкр.г. Назарово пос.бор;
- в западном направлении на расстоянии 0,81 км расположен общежитие;
- в юго-западном – на удалении 0,93 км и 1,2 км – участки садоводства и огородов;
- в южном на расстоянии 4,4 км пос. Безымянный;
- в северо – восточном направлении- на расстоянии от 2,6 км и более располагается жилая усадебная застройка г.Назарово.
- в западном направлении – мкрн г. Назарово, пос. Строителей (расстояние до жилой зоны -930 м).

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, ориентировочная санитарно-защитная зона (СЗЗ) основной промплощадки Назаровской ГРЭС составляет 1000 м (1 класс опасности).

6.1.Производственная безопасность.

6.1.1. Анализ опасностей при эксплуатации котельного оборудования.

При эксплуатации котельного оборудования имеют место следующие опасности для обслуживающего персонала [13]:

- повышенное давление рабочего тела в пароводяном тракте котла, для защиты от превышения давления рабочего тела предусматривается установка четырех предохранительных клапанов на паросборной камере;

- повышенная температура перегретого пара, питательной воды, горячего воздуха, уходящих газов, элементов системы шлакоудаления.

Все горячие поверхности паропроводов, сосудов и других элементов, прикосновение к которым может вызвать ожоги персонала, предусматривается изолировать. Все горячие участки поверхностей оборудования и трубопроводов, находящиеся в зоне возможного попадания на них легковоспламеняющихся, горючих, взрывоопасных или вредных веществ, предусматривается дополнительно укомплектовать металлической обшивкой для предохранения тепловой изоляции от пропитывания этими веществами.

При эксплуатации пылеприготовительных установок присутствует возможность возникновения возгорания отложений угольной пыли и взрывов из-за образования источников пыления опасной концентрации пылевоздушной смеси. Кроме того, дополнительными источниками пыления являются: рабочие элементы очистителей барабанов и конвейерной ленты, плохое уплотнение лотков укрытий ленточных конвейеров в узлах пересыпки, образование сквозных отверстий и дыр в стенах течек в результате абразивного износа или коррозии, выветривание мелкой фракции с ленточных конвейеров. Для снижения пыления в помещениях топливоподачи предусматривается установка системы гидрообеспыливания и укомплектование конвейеров аспирационными установками.

Для защиты эксплуатационного персонала от взрывов в элементах пылеприготовительных установок предусматривается установка взрывных предохранительных клапанов с отводом образующихся при взрыве газов из помещения котельной: перед и за мельницей, в наружном конусе сепаратора, перед и за циклоном, на всасе мельничного вентилятора, в бункерах пыли. Для защиты персонала от травмирования элементами механизмов вращения предусматривается установка защитных кожухов и ограждений.

Для защиты персонала от поражения электротоком предусматривается применение осветительных приборов во взрыво и пожарозащищенном исполнении, все электродвигатели заземляются, электрические кабели укладываются в специальные каналы, оснащенные несгораемыми перегородками.

6.2. Экологическая безопасность.

6.2.1. Обезвреживание сточных вод систем гидрозолоудаления [14].

Количество сточных вод систем ГЗУ во много раз превышает суммарный объем всех остальных загрязненных стоков. По этой причине очистка сточных вод систем ГЗУ, а для оборотных систем очистка продувочной воды весьма затруднительны. Очистка этих стоков усложняется высокой концентрацией фторидов, мышьяка, ванадия, ртути, германия и некоторых других элементов, обладающих токсичными свойствами.

В применении к таким водам более целесообразно их обезвреживание, т. е. снижение концентрации вредных веществ до значений, при которых возможны их сбросы в водоемы.

Наиболее проверенным методом, применяемым для удаления токсичных примесей из сточных вод, является осаждение примесей в результате образования малорастворимых химических соединений, или в результате их адсорбции на поверхности образуемых в воде твердых частиц. В качестве реагента используется, как правило, известь. При необходимости применяются дополнительные реагенты, усиливающие процесс осаждения.

Некоторые образующиеся комплексы токсичных веществ с кальцием обладают достаточно высокой растворимостью. Например, даже наименее растворимый из комплексов мышьяк с кальцием $3\text{Ca}(\text{AsO}_4)_2 \times \text{Ca}(\text{OH})_2$ имеет растворимость 4 мг/кг, что в 18 раз превосходит санитарную норму концентрации мышьяка в водоемах.

Для улучшения вывода мышьяка из воды одновременно с известью используют сернокислое железо (железистый купорос) $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. При этом образуется труднорастворимое соединение FeAsO . Этот процесс усиливается

адсорбцией мышьяка хлопьями гидроксида железа. В результате совместной с известкованием коагуляции можно снизить содержание мышьяка в сточной воде ГЗУ при $\text{pH}=9\div 10$ до его ПДК в водоемах (ниже 0,05 мг/кг). Одновременно происходит и со осаждение хрома.

Соединения фтора хорошо осаждаются при добавочном вводе хлористого магния (MgCl_2) в сточную воду. Фтор осаждается совместно с хлопьями образующегося гидроксида $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Например, на ГРЭС, сжигающей экибастузский уголь, оптимальными условиями для снижения концентрации фтора являются $\text{pH}=10,2\div 10,4$ при дозе магния, равной 50 мг/кг фтора.

На ГРЭС должно быть создано специальное хранилище для захоронения там осажденных веществ из продувочных вод систем ГЗУ.

6.2.2. Охрана окружающей среды [14].

Применение новых энерготехнологий при реализации проекта позволяет обеспечить концентрации выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ на уровне не выше существующих (при учете номинальной работы котла). Это обусловлено сохранением топливно-воздушного баланса в целом, применением существующего типа топлива. Таким образом, проводимое тех. перевооружение позволяет сохранить экологические показатели блока на уровне не выше существующего.

Согласно выполненным расчетам техническое перевооружение котельной установки ПК-38 ст. №3А приведет к условному увеличению валовых выбросов загрязняющих веществ на 2014,539 т/год, что объясняется увеличением расхода топлива, за счет использования котла на номинальной мощности.

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере показали, что при общем увеличении валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от Назаровской ГРЭС после технического перевооружения котла ПК-38 ст. №3А, состояние атмосферного воздуха будет соответствовать требованиям санитарных норм.

Реализация проекта не приведет к ухудшению экологической ситуации в плане загрязнения атмосферного воздуха и не значительно повлияет на состояние окружающей среды.

6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Вероятные источники чрезвычайных ситуаций.

1. Искрение в электрических аппаратах и машинах, а так же искрение, вызванное электрическими зарядами молниями;

2. Токи короткого замыкания, нагревающиеся до высокой температуры проводники, что может привести к воспламенению изоляции. А так же недопустимые нагрузки электрических проводов, электрических машин и аппаратов.

3. Плохие контакты в местах соединения проводов, когда вследствие большого переходного сопротивления выделяется большое количество тепла.

4. Электрическая дуга, возникающая в результате ошибочных операций, которая может вызвать воспламенение находящихся по близости веществ.

5. Аварии масляного выключателя.

6. В аккумуляторных помещениях при зарядке аккумуляторов из электролита выделяются газы, O_3 и H_2 , которые при смешивании с воздухом могут вызвать взрыв, и соответственно, пожар.

Работа на производстве может сопровождаться опасными (вызывающими травмы) и вредными (вызывающими профессиональные заболевания или снижение работоспособности) производственными факторами. Охраной труда называется система законов, социально-экономических постановлений, технических, санитарных, организационных способов и средств, обеспечивающих безопасность и здоровье человека в процессе труда. Безопасностью труда принято называть такое состояние условий труда, при котором отсутствует возможность воздействия на человека опасных факторов. В теплоэнергетике опасными факторами являются пар и горячая вода, огневая техника и искры, повышенная температура воздуха и предметов, топливная пыль, газ,

движущиеся части оборудования, электрический ток, физические и нервно-психические перегрузки, вибрация, шум и др.

Администрация предприятия обязана внедрять современное безопасное оборудование, создавать соответствующие нормам санитарно-гигиенические условия, предотвращать возникновение травм и профессиональных заболеваний рабочих.

Работы по эксплуатации технологических установок являются особо ответственными. Они связаны с опасными факторами ожога людей, поражением электрическим током, загоранием горючих веществ. Поэтому они требуют большого внимания и осторожности.

Охрана труда на ТЭЦ, в основном, направлена на предотвращение производственного травматизма и создание оптимальных условий труда. Все работы должны производиться в строгом соответствии с правилами безопасности.

На электрическом предприятии имеется специальная служба техники безопасности, которая несет ответственность за организацию работы на предприятии по созданию здоровых и безопасных условий труда работающих, предупреждению несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Служба техники безопасности отвечает за охрану труда при проектировании теплоэнергетических объектов. Проекты организации строительства и производства работ должны содержать технические решения по созданию условий безопасного и безвредного производства работ на строительной площадке, объектах монтажа и рабочих местах в обычных и зимних условиях; по санитарно - гигиеническому обслуживанию рабочих; по достаточному освещению строительной площадки, проходов, проездов и рабочих мест.

6.3.1. Меры безопасности при обслуживании оборудования котельных установок.[14].

Персонал цеха должен обслуживать оборудование котельных установок в соответствии с действующими правилами техники безопасности теплосилового оборудования.

При пуске и останове насосов, котлов, пылеприготовительных установок, тягодутьевых установок запрещается нахождение посторонних лиц вблизи фланцевых соединений арматуры, трубопроводов, предохранительных клапанов.

Переключения на водоуказательных стеклах и их продувку производить в защитных очках и рукавицах, а сами водоуказательные стекла должны быть ограждены мелкой сеткой.

Все горячие поверхности паропроводов, сосудов и других элементов, прикосновение к которым может вызвать ожоги персонала, должны иметь изоляцию.

Запрещается во время работы котла проведение ремонта этого котла или работ, связанных с отсоединением отдельных элементов, находящихся под давлением.

Запрещается работа котлоагрегата, если истек срок очередного освидетельствования или выявлены дефекты, угрожающие его надежной и безопасной работе.

При пуске вращающегося механизма, в том числе и при опробовании, на нем должны быть установлены все пальцы на полумуфтах и все ограждения у движущихся частей. У аварийной кнопки отключения должен быть поставлен наблюдающий, который по сигналу руководителя пуска должен отключить механизм.

При пуске, останове оборудования разрешается находиться вблизи них только персоналу, непосредственно выполняющему эти работы, а также лицам, имеющим разрешение начальника цеха.

Запрещается опираться и становиться на барьеры площадок, предохранительные кожухи муфт, подшипники, а также на трубопроводы.

Запрещается чистить, обтирать вращающиеся части или просовывать руки за ограждения. При обтирке наружной поверхности оборудования запрещено наматывать обтирочный материал на руки.

Обтирочный материал должен храниться в металлических ящиках с плотно закрывающейся крышкой.

Курить разрешается только в специально отведенных и оборудованных местах для курения.

Рабочее место должно быть оборудовано необходимыми средствами пожаротушения.

Запрещается эксплуатировать неисправное оборудование, а также оборудование с неисправными или отключенными устройствами аварийного отключения, блокировок, защит и сигнализации.

При отклонении работы оборудования от нормального режима, которое может быть причиной несчастного случая, должны быть приняты меры по обеспечению безопасности персонала.

При обнаружении свищей в паропроводах, трубопроводах, в корпусах арматуры необходимо срочно вывести работающий персонал с аварийного оборудования, оградить опасную зону и вывесить знаки безопасности:

"Осторожно! Опасная зона".

Современный научно-технический прогресс характеризуется бурным развитием теплоэнергетики и разнообразных технологических производств, использующих тепловые процессы. В этих условиях существенно возрастает роль тепловой изоляции промышленного оборудования и трубопроводов как фактора, способствующего экономии топлива, а также обеспечивающего необходимый температурный режим в изолируемых системах и нормальные санитарно-гигиенические условия труда в производственных помещениях. Однако тепловая изоляция может полностью отвечать своему назначению

только при условии правильного ее выбора и расчета, основанного на требованиях, предъявляемых к ней со стороны производственного процесса, которые могут быть весьма разнообразны.

Все горячие части оборудования, трубопроводы, баки и другие элементы, прикосновения к которым может вызвать ожоги, должны иметь тепловую изоляцию. Температура поверхности изоляции при температуре окружающего воздуха 25°C должна быть не выше 45°C. Окраска, условные обозначения, размеры букв и расположение надписей должны соответствовать правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды по ГОСТ 14202 - 69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки».

Все горячие участки поверхностей оборудования и трубопроводов, находящиеся в зоне возможного попадания на них легковоспламеняющихся, горючих, взрывоопасных или вредных веществ, должны быть покрыты металлической обшивкой для предохранения тепловой изоляции от пропитывания этими веществами.

При заданной температуре поверхности изоляции толщина последней определяется обычно в том случае, когда из соображения экономии тепла, или требования технологического процесса изолированного объекта не ограничивают его тепловых потерь. В данном случае изоляция нужна как средство, предохраняющее обслуживающий персонал от ожогов при соприкосновении с горячей поверхностью, или для уменьшения общих тепловыделений в производственных помещениях.

6.3.2. Электробезопасность [15].

Электрические установки, с которыми приходится иметь дело практически всем работающим на электростанции, представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличия электрического напряжения на оборудовании.

Электроустановки должны находиться в технически исправном состоянии, обеспечивающем безопасные условия труда.

Электроустановки должны быть укомплектованы испытанными, готовыми к использованию защитными средствами, а также средствами оказания первой медицинской помощи в соответствии с действующими правилами и нормами.

Снимать и устанавливать предохранители следует при снятом напряжении. Допускается снимать и устанавливать предохранители, находящиеся под напряжением, но без нагрузки. Под напряжением и под нагрузкой допускается заменять: предохранители во вторичных цепях, предохранители трансформаторов напряжения и предохранители пробочного типа.

В электроустановках напряжением до 1000 В при работе под напряжением необходимо:

- оградить расположенные вблизи рабочего места другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;

- работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо на резиновом диэлектрическом ковре;

- применять изолированный инструмент (у отверток, кроме того, должен быть изолирован стержень), пользоваться диэлектрическими перчатками.

Не допускается работать в одежде с короткими или засученными рукавами, а также использовать ножовки, напильники, металлические метры и т.п.

В электроустановках напряжением выше 1000 В с каждой стороны, с которой коммутационным аппаратом на рабочее место может быть подано напряжение, должен быть видимый разрыв. Видимый разрыв может быть создан отключением разъединителей, снятием предохранителей, отключением отделителей и выключателей нагрузки, отсоединением или снятием шин и проводов.

Силовые трансформаторы и трансформаторы напряжения, связанные с выделенным для работ участком электроустановки, должны быть отключены и схемы их разобраны также со стороны других своих обмоток для исключения возможности обратной трансформации.

Устанавливать заземления на токоведущие части необходимо непосредственно после проверки отсутствия напряжения.

Переносное заземление сначала нужно присоединить к заземляющему устройству, а затем, после проверки отсутствия напряжения, установить на токоведущие части.

Снимать переносное заземление необходимо в обратной последовательности: сначала снять его с токоведущих частей, а затем отсоединить от заземляющего устройства.

Установка и снятие переносных заземлений должны выполняться в диэлектрических перчатках с применением в электроустановках напряжением выше 1000 В изолирующей штанги. Закреплять зажимы переносных заземлений следует этой же штангой или непосредственно руками в диэлектрических перчатках.

В ОРУ и на ВЛ напряжением 330 кВ и выше должна быть обеспечена защита работающих от биологически активного электрического поля, способного оказывать отрицательное воздействие на организм человека и вызывать появление электрических разрядов при прикосновении к заземленным или изолированным от земли электропроводящим объектам.

В электроустановках всех напряжений должна быть обеспечена защита работающих от биологически активного магнитного поля, способного оказывать отрицательное воздействие на организм человека.

Зоны электроустановок с уровнями магнитных и электрических полей, превышающими предельно допустимые, где по условиям эксплуатации не требуется даже кратковременное пребывание персонала, должны ограждаться и обозначаться соответствующими предупредительными надписями или плакатами.

6.3.3. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Общая часть.

Настоящий раздел проекта содержит «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

При решении вопросов обеспечения пожарной безопасности проекта учитывались требования следующих нормативных документов:

- СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».
- СП 2.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».
- СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре».
- СП 4.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожаров на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».
- СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»
- СП 6.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности».
- СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности».
- СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации».
- СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности».
- СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения».

- СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
- ФЗ-123 от 22.07.08г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- Общественные здания. СНиП 31-06-2009*.
- ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и сигнальная разметка».

Вышеперечисленные сооружения представляют собой источники возникновения пожароопасной ситуации, т.к. эти сооружения перемещают, сжигают угольную пыль или мазут, которые, в свою очередь, являются пожароопасными материалами.

6.3.4. Описание системы обеспечения пожарной безопасности объекта.

С целью предотвращения пожара, обеспечения безопасности людей и защиты имущества при пожаре предусмотрена система обеспечения пожарной безопасности (ст.5 ФЗ № 123 от 22.07.2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»). Система обеспечения пожарной безопасности проектируемого объекта с учетом его специфики включает в себя систему предотвращения пожара и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Исключение условий образования горючей среды обеспечивается применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов. Образование в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания исключено. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защиты имущества при пожаре.

Проектным решением предусмотрена система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты, включающая в себя:

Систему предотвращения пожара:

- 1) применение негорючих веществ и материалов;
- 2) ограничение массы и объема горючих веществ и материалов;

3) использование наиболее безопасных способов перемещения горючих веществ и материалов.

Систему противопожарной защиты:

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение его последствий обеспечиваются эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и тушением пожара.

Способы защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара:

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение последствий их воздействия обеспечиваются:

1) применением объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;

2) устройством эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;

3) применением основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и строений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев строительных конструкций на путях эвакуации;

Пути эвакуации людей при пожаре:

1) установлено необходимое количество соответствующего размера и конструктивного исполнения эвакуационных путей и эвакуационных выходов;

2) обеспечено беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы;

Система коллективной защиты и средства индивидуальной защиты людей от опасных факторов пожара.

Система коллективной защиты людей достигается посредством объемно-планировочных и конструктивных решений принятых в проекте, проведением огнезащиты несущих конструкций для повышения пределов огнестойкости этих конструкций, способствующих обеспечить расчетное время

эвакуации людей из помещений и зданий, применением негорючих отделочных материалов на путях эвакуации.

6.3.5. Описание и обоснование принятых конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций.

При проектировании задействованы существующие помещения существующего здания котлотурбинного цеха. Существующие планировочные решения обеспечивают эвакуацию людей до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара. Конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов, обеспечивает беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям.

Строительные конструкции и отделочные материалы применены с нормируемыми показателями пожарной опасности.

Степень огнестойкости существующего здания котлотурбинного цеха – II (СП 2.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. ").

Класс конструктивной пожарной опасности - C0 (СП 2.13130-2009).

6.3.6. Описание и обоснование проектных решений по обеспечению пожарной безопасности людей при возникновении пожара.

В проектной документации предусмотрены все необходимые мероприятия по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара, в том числе:

- применены объемно-планировочные решения и средства, обеспечивающие ограничение распространения пожара за пределы очага;
- существуют эвакуационные пути, удовлетворяющие требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;

Пожарная безопасность электрооборудования:

На проектируемом объекте предусмотрены следующие мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электроустановок при соблюдении действующих норм и правил:

Выбор электрооборудования и кабельной продукции, размещение оборудования и способ прокладки сетей производится в зависимости от среды помещений, где устанавливается данное электрооборудование, в соответствии с ПУЭ и действующими СНиП.

6.3.7. Перечень мероприятий по обеспечению безопасности подразделений пожарной охраны при ликвидации пожара.

В случае проведения работ по тушению пожаров (ликвидации аварий) предусматривается:

1. Проведение инструктажа личного состава пожарных подразделений

о конструктивных и технологических особенностях объекта на месте работ, характере аварии, безопасных способах ввода сил и средств.

2. Обеспечение личного состава пожарных подразделений помещениями для обогрева в зимнее время года при тушении пожаров и ликвидации аварий.

3. Выдача руководством объекта или руководителем энергослужбы объекта письменного разрешения на ввод сил и средств пожарной охраны на тушение объектов энергетики (электроснабжения).

4. Обеспечение подразделений пожарной охраны средствами защиты от поражения электрическим током (средства заземления, перчатки, боты, коврики), средствами индивидуальной защиты.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Эксплуатация котельных установок, турбоагрегатов и вспомогательного оборудования происходит в условиях повышенной температуры и влажности воздуха, значительного шума и вибрации [15] .

Работы в аварийных условиях, пуск и остановка оборудования связаны с умственным и эмоциональным напряжением, требует осторожности и внимания. В эти периоды персонал испытывает большие нервно-психические нагрузки. Вместе с тем основное требование охраны труда - создание таких условий, при которых исключалось бы воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

Оптимальными условиями труда считаются такие, которые при систематическом и длительном воздействии обеспечивают нормальное состояние организма человека и его высокую работоспособность .

6.4.1 Чередование труда и отдыха.

Работа в теплосиловых цехах сопровождается утомлением. Утомление - естественное явление; вредным является переутомление.

Чтобы не допускать переутомление, планируется чередование труда и отдыха, смена форм работы или условий окружающей среды в зависимости от характера труда и работоспособности человека в течение рабочего дня.

При напряженной работе в тяжелых температурных условиях, при наличии больших тепловых воздействий, для рабочих устраивают перерывы и подмены в работе для того, чтобы человек мог отдохнуть и восстановить равновесие сердечно - сосудистой системы.

6.4.2 Планировка рабочего места

Рабочим местом называется зона постоянного или временного пребывания человека при выполнении работы. В теплосиловых установках электростанции рабочим местом принято называть участок установки и относящуюся к нему территорию. Пространство высотой до 2м над уровнем рабочей площадки называется рабочей зоной.

Требования к рабочему месту установлены ГОСТами. Основные требования следующие: на рабочем месте должны быть обеспечены наиболее благоприятные для человека условия работы, ощущения комфорта и полной безопасности; конструкция рабочего места, размеры рабочих зон должны соответствовать росту, размерам и форме тела, показателям зрения и слуха; планировка

рабочего места должна избавлять рабочего от лишних и утомительных трудовых движений и обеспечивать удобную рабочую позу; рабочее место должно быть обеспечено материалами, инструментами и приспособлениями для выполнения работы.

В соответствии с санитарными нормами рабочее место должно быть освещено, провентилировано, постоянно содержаться в чистоте; недопустимы захламленность, беспорядок и грязь.

6.4.3 Воздух рабочей зоны

Способность организма человека регулировать теплообмен тела с окружающей средой, поддерживая неизменной температуру, называется терморегуляцией.

Температура, относительная влажность, скорость движения воздуха возле тела человека, а также температура стен и окружающих предметов образуют микроклимат на рабочем месте. Нормы допустимого микроклимата в рабочей зоне в зависимости от сезона года (СанПин 2.2.4.548-96).

Таблица 23 - Нормы оптимального микроклимата в рабочей зоне при относительной влажности воздуха 40-60%.

Сезон года, температура наружного воздуха	Категория работы	Температура в рабочей зоне, °С	Скорость движения воздуха, м/с.
Холодный и переходной, Менее +10°С	Легкая 1	20-23	0,2
	Средней тяжести 2а	18-20	0,2
	Средней тяжести 2б	17-19	0,3
	Тяжелая	16-18	0,3
Теплый, +10°С и более	Легкая 1	22-25	0,2
	Средней тяжести 2а	21-23	0,3
	Средней тяжести 2б	20-22	0,4
	Тяжелая	18-20	0,5

Допустимая область влажности воздуха 40-75%. При влажности более 75% затрудняется испарение пота, при влажности менее 40% происходит пересыхание слизистой оболочки.

Допустимая область подвижности воздуха 0,2 - 1 м/с. Застойный воздух затрудняет конвенцию, слишком подвижный вызывает сквозняк.

Человеку необходим чистый воздух без примесей пыли, вредных аэрозолей, газов, паров. При наличии в воздухе частиц ядовитых веществ возможно отравление, вредной пыли - заболевание легких, угольной пыли - знтокроз легких, особенно вредна кварцевая пыль, способная осаждаться в легких и вызывать их заболевание.

6.4.4 Защита от избыточной теплоты

Нагретые поверхности котлов, паропроводов, турбин излучают тепловую энергию. Применяются следующие способы защиты от избыточной теплоты:

- теплоизоляция горючих поверхностей;
- экранирование источников излучения поглощающими и отражающими теплоту материалами;
- воздушные души и вентиляция;
- защитная одежда;
- ограничение длительности работы при больших тепловых нагрузках с обязательными перерывами отдыха.

6.4.5 Защита от вредных веществ.

Для уменьшения утечек вредных веществ в окружающую среду непосредственно из источника их возникновения необходимы надежная герметизация топок, газоходов, газопроводов, насосов, компрессоров, транспортеров; встроенных местных вытяжек из мест пересыпки топливной пыли; замена токсичных веществ нетоксичными.

6.4.6 Вентиляция.

Вентиляцией называется регулируемое перемещение воздуха с целью замены слишком нагретого или загроможденного воздуха помещений чистым с необходимой температурой и влажностью.

На электростанциях используются следующие системы вентиляции:

- общеобменная механическая для удаления слишком теплого

воздуха, влаги, умеренно и малоопасных примесей воздуха равномерно из всего помещения;

- общеобменная естественная для удаления избытков теплого воздуха;

- местная приточная для подачи охлажденного и увлажненного воздуха к рабочим местам;

- местная - вытяжная совместно с приточной для улавливания чрезвычайно и высокоопасных примесей воздуха непосредственно у источника их образования.

6.4.7 Освещение рабочих мест и производственных помещений.

Из общего объема информации человек получает через зрительный канал около 80%. Качество поступающей информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное количественно или качественно, оно не только утомляет зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Нерациональное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени ухудшают видимость настолько, что вызывают полную потерю ориентации рабочих. Неправильная эксплуатация также как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных приборов в пожаро и взрывоопасных цехах (неправильный выбор источника света, светильников, проводов и т.д.) могут привести к взрыву, пожару и несчастным случаям. При неудовлетворительном освещении, кроме того, снижается работоспособность и производительность труда. Освещенность должна соответствовать Строительным Нормам и Правилам. Минимальное значение искусственной освещенности производственного помещения согласно СНиП 23-05-95 составляет 200-300 лк.

6.4.8 Вибрация и шум.

Источником вибрации и шума являются вращающиеся механизмы и агрегаты большой мощности, ручной виброинструмент.

В ряде случаев практически невозможно уменьшить шум и вибрацию до допустимых уровней. Для предотвращения профессиональных заболеваний работающие в шумных условиях или в условиях воздействия вибрации должны соблюдать правила безопасной работы. ГОСТами установлены следующие меры защиты: применение средств индивидуальной защиты, чередование труда и активного отдыха, сокращение длительности работы в вибро и шумоопасных условиях. Оценку производственного шума в соответствии с СНиП 11-12-77 проводят по величине эквивалентного уровня измерением в дБА что позволяет учесть неоднородность интенсивности шума во времени. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука классифицируются по ГОСТ 12.1.003-83. Гигиенические нормы уровней виброскорости классифицируются по ГОСТ12.1.012-90.

Заключение:

Социальная роль разработки состоит в снижении напряженности в социальной сфере благодаря увеличению числа рабочих мест. Также для добычи топлива будет увеличен состав сотрудников угледобывающей промышленности. Возможно привлечение специалистов и сотрудников из других городов Красноярского края и соседних регионов.

Для исключения попадания нормируемых территорий в санитарно-защитную зону предприятия , был выполнен проект расчетной санитарно-защитной зоны филиала «Назаровская ГРЭС».

Размер расчетной санитарно-защитной зоны является достаточным. Объекты и сооружения, подлежащие переносу из территории санитарно-защитной зоны – отсутствуют.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

7.1. Планирование работ и оценка времени их выполнения.

Технические решения разработаны с учетом обеспечения надежной работы котла, минимизации шлакования топочной камеры, обеспечения номинальной производительности $D_{ном}=270$ т/ч, увеличения экономичности котла, включают в себя следующие основные направления:

Совокупность указанных технических решений (при условии реализации в полном объеме ремонтно-восстановительных работ с обеспечением нормативных присосов в газовый тракт котла) позволит достичь гарантированные показатели по номинальной паропроизводительности и уменьшить шлакование поверхностей нагрева.

В таблице 24 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения.

Таблица 24 – Планирование работ и оценки времени их выполнения.

№	Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
1	Выдача и получение задания	Инженер Научный руководитель ТПУ	1 1
2	Обоснование инвестиций	Инженер Научный руководитель	1 1
3	Разработка проекта (ТЭО) в одну стадию (без рабочей документации)	Инженер Научный руководитель ТПУ	11
4	Общая пояснительная записка (Проектная мощность объекта; состав, качество и конкурентоспособность продукции; потребность в ресурсах; социально - экономические и экологические	Инженер Научный руководитель ТПУ	16 1

Продолжение таблицы 24.

	условия района; показатели по генплану, инженерным сетям, коммуникациям и другие характеристики проекта.)		
5	Генеральный план и транспорт (Соответствующие показатели и основные планировочные решения и мероприятия)	Инженер Научный руководитель	5
6	Технологические решения. (Характеристики технологии производства, трудоемкости изготовления продукции, топливно-энергетический и материальный балансы процессов и др.)	Инженер Научный руководитель	5
7	Управление производством, предприятием и организация условий и охраны труда (2 раздела) (Анализ организационно-функциональной структуры управления предприятием, АСУ, число и оснащенность рабочих мест, условия труда и др.)	Инженер Научный руководитель ТПУ	5 1
8	Архитектурно-строительные решения. (Инженерные условия площадки строительства, обоснование архитектурно-строительных решений, мероприятия по технике безопасности (шум, вибрация))	Инженер Научный руководитель	5
9	Инженерное оборудование сети и системы (Решения по водоснабжению, канализации, теплоснабжению, газу и электроснабжению, отоплению, вентиляции и т.д.)	Инженер Научный руководитель	10
10	Охрана окружающей среды (Мероприятия по снижению вредного влияния на природную среду при строительстве и эксплуатации объекта)	Инженер Научный руководитель	5

Продолжение таблицы 24.

11	Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны (Мероприятия по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера)	Инженер Научный руководитель ТПУ	1 1
12	Сметная документация (Сводные сметные расчеты стоимости строительства, сводка затрат, объектные и локальные сметы (расчеты). Стоимость строительства рассчитывается в 2-х уровнях цен: в базисном и текущем (или прогнозном))	Инженер Научный руководитель ТПУ	2
13	Эффективность инвестиций (Уточняется оценка эффективности капиталовложений)	Инженер Научный руководитель	1 1
14	Итого	Инженер Научный руководитель ТПУ	68 6

7.2.Смета затрат на проект.

Совокупность затрат на проект определяются по следующей формуле:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \text{ руб.} \quad (1)$$

где $K_{\text{мат}}$ - материальные затраты;

$K_{\text{ам}}$ - амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$ - затраты на заработную плату;

$K_{\text{с.о}}$ - затраты на социальные нужды;

$K_{\text{пр}}$ - прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$ - накладные расходы.

7.2.1. Материальные затраты.

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары, необходимые для проведения работы. Величину этих затрат принимаем $K_{\text{мат}}=1000$ руб.

7.2.2. Амортизация компьютерной техники .

Амортизация показывает уменьшение стоимости компьютерной техники, на которой выполнялась работа, вследствие ее износа. Амортизация компьютерной техники рассчитывается как:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \text{ руб./год}, \quad (2)$$

где $T_{\text{исп.кт}}=70$ дней - время использования компьютерной техники;

$T_{\text{кал}} = 365$ дней - календарное время;

$C_{\text{кт}} = 32000$ рублей-цена компьютерной техники;

$T_{\text{сл}} = 5$ лет- срок службы компьютерной техники.

$$K_{\text{ам}} = \frac{70}{365} \cdot 32000 \cdot \frac{1}{5} = 1227,39 \text{ руб./год},$$

7.2.3. Затраты на заработную плату.

Затраты на заработную плату включают в себя выплаты инженеру, разрабатывающему проект, а также научному руководителю и рассчитываются как:

$$K_{\text{з/пл}} = 3П_{\text{инж}}^{\phi} + 3П_{\text{нр}}^{\phi}, \text{ руб}, \quad (3)$$

где $3П_{\text{инж}}^{\phi}$ - фактическая заработная плата инженера,

$3П_{\text{нр}}^{\phi}$ - заработная плата научного руководителя .

Определил месячные оклады для исполнителей:

$$3П^{\text{м}} = 3П_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ руб}; \quad (4)$$

где $3П_{\text{инж}}^{\text{м}}$ -месячная заработная плата инженера;

$3П_{\text{нр}}^{\text{м}}$ - месячная заработная плата научного руководителя;

$3П_0$ - месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 19500 руб.);

K_1 – коэффициент учитывающий отпуск, равен 1,1 (10%);

K_2 - районный коэффициент, равен 1,3 (30%).

$$ЗП_{инж}^м = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.};$$

$$ЗП_{нр}^м = 19500 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 27885 \text{ руб.},$$

Фактическая заработная плата:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi}, \text{ руб.}, \quad (5)$$

где $ЗП_{мес}$ - месячная заработная плата;

21- среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} - фактическое число дней в проекте.

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{24310}{21} \cdot 68 = 78718 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{нр}^{\phi} = \frac{27885}{21} \cdot 6 = 7967 \text{ руб.}$$

$$K_{з/пл} = 78718 + 7967 = 86685 \text{ руб.}$$

7.2.4. Затраты на социальные нужды.

Затраты на социальные нужды принимаются как 30 % от затрат на заработную плату, они включают в себя отчисления в Фонд социального страхования Российской Федерации, Пенсионный фонд Российской Федерации, Государственный фонд занятости населения Российской Федерации и фонды обязательного медицинского страхования.

$$K_{соц/н} = K_{з/пл} \cdot 0,3, \text{ руб.} \quad (6)$$

$$K_{соц/н} = 86685 \cdot 0,3 = 26005,5 \text{ руб.}$$

7.2.5. Прочие затраты.

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{пр} = (K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{соц/н}) \cdot 0,1, \text{ руб.} \quad (7)$$

$$K_{пр} = (1000 + 1227,3 + 86685 + 26005,5) \cdot 0,1 = 11491,78 \text{ руб.}$$

7.2.6. Накладные расходы .

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией оборудования. Накладные расходы принимаются в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 2, \text{ руб.} \quad (8)$$

$$K_{\text{накл}} = 86685 \cdot 2 = 173370 \text{ руб.}$$

В таблице 25 представлена смета затрат на проект.

Таблица 25 - Смета затрат на проект.

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб
1	Материальные затраты	1000
2	Амортизация компьютерной техники	1227,39
3	Затраты на заработную плату	86685
4	Затраты на социальные нужды	26005,5
5	Прочие затраты	11491,78
6	Накладные расходы	173370
Итого:		299779,67

7.3. Смета затрат на оборудование и монтажные работы.

В таблице 26 представлен перечень используемого оборудования в проекте и его стоимость.

Таблица 26 - Смета затрат на оборудование.

№ п/п	Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
1	Монтаж внутритопочных ширм	13431908	5
2	Дымосос рециркуляции газов	6517967	2
3	Монтаж течек сырого угля	70608	4
5	Монтаж трубопровода питательной воды	439049	1
Итого:		20459532	

Затраты на монтажные работы, транспортировку и демонтаж оборудования составляют 10 % от суммы затрат на технические средства:

$$K_{\text{монт}} = 0,1 \cdot I_{\text{обор}} \text{ руб.} \quad (9)$$

где $K_{\text{обор}}$ - затраты на оборудование.

$$K_{\text{монт}} = 0,1 \cdot 20459532 = 2045953,2 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на оборудование, монтажные работы и транспортировку:

$$K_{\text{итог}} = K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}, \text{ руб.} \quad (10)$$

$$K_{\text{итог}} = 20459532 + 2045953,2 = 22505485,2$$

7.4. Расчет экономической эффективности проекта .

7.4.1. Удельный расход натурального топлива на отпуск электроэнергии:

- до реконструкции:

$$b_{\text{нт.д}} = b_{\text{э}} \cdot \frac{Q_{\text{ут}}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}, \quad (11)$$

где $b_{\text{э}} = 342,35 \text{ г.у.т./кВт} \cdot \text{ч}$ - удельный расход условного топлива до реконструкции (по данным ПТО);

$Q_{\text{ут}} = 29,33 \text{ МДж/м}^3$ - теплотворная способность условного топлива;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 13,56 \text{ МДж/м}^3$ - теплота сгорания коксового газа.

$$b_{\text{нт.д}} = 342,35 \cdot \frac{29,33}{13,56} = 740,49 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.}$$

- после реконструкции:

$b_{\text{э}} = 326,0178 \text{ г.у.т./кВт} \cdot \text{ч}$ - удельный расход условного топлива после реконструкции .

$$b_{\text{нт.п}} = 326,0178 \cdot \frac{29,33}{13,56} = 705,17 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч.}$$

7.4.2. Годовой отпуск электроэнергии блоком К-135-130:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = N_{\text{э}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (12)$$

где $T_{\text{год}} = 6532$ ч. - число часов использования установленной мощности блока (по данным ПТО).

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 135000 \cdot 6532 = 881820 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}.$$

7.4.3. Рассчитаем годовой расход топлива:

- до реконструкции:

$$V_{\text{год}}^{\text{э.д}} = b_{\text{нт.д}} \cdot \mathcal{E}_{\text{год}} = 740,49 \cdot 10^{-6} \cdot 881820000 = 652978,9 \text{ т} / \text{год}; \quad (13)$$

- после реконструкции:

$$V_{\text{год}}^{\text{э.н}} = b_{\text{нт.н}} \cdot \mathcal{E}_{\text{год}} = 705,17 \cdot 10^{-6} \cdot 881820000 = 621833 \text{ т} / \text{год}.$$

7.4.4. Рассчитаем годовую экономию топлива:

$$\mathcal{E} = \Delta I = I_{\text{до}}^m - I_{\text{после}}^m, \text{ т} / \text{год} \quad (14)$$

- до реконструкции:

$$I_{\text{до}}^m = C_m \cdot V_{\text{до}} \text{ млн. руб.} / \text{год}, \quad (15)$$

$$I_{\text{до}}^m = 652978,9 \cdot 1500 = 979,46 \text{ млн. руб.} / \text{год}$$

- после реконструкции:

$$I_{\text{после}}^m = C_m \cdot V_{\text{после}} \text{ млн. руб.} / \text{год},$$

$$I_{\text{после}}^m = 621833 \cdot 1500 = 932,75 \text{ млн. руб.} / \text{год}$$

где $C_m = 1500 \text{ руб} / \text{т}$ - цена 1 тонны топлива;

$$\mathcal{E} = 979,46 - 932,75 = 46,71 \text{ млн. руб.} / \text{год}.$$

Заключение:

На основании проделанных расчётов можно сделать вывод, что техническое перевооружение котла с целью увеличения производительности котла по сравнению с базовым вариантом котла экономически целесообразно. Годовой экономический эффект составляет 46,71 млн.рублей.

Заключение.

По результатам проведенных исследований основного и вспомогательного оборудования можно сказать, что частично оборудование котла требует замены или проведения ряда ремонтно-восстановительных работ.

Для дальнейшей эффективной работы основного и вспомогательного оборудования котла 3А, необходимо реализовать следующие мероприятия, направленные на уменьшение шлакования поверхностей нагрева котла, достижение проектной паропроизводительности:

1. Модернизация системы пылеприготовления с реализацией газовой сушки топлива и установкой дымососов рециркуляции газов.

2. Установка на боковых стенах топочной камеры низкоэмиссионных прямоточно-вихревых горелок. Соответственно изменить систему воздухопроводов, установить регулирующие шиберы и расходомерные устройства на линиях подачи воздуха к основным горелкам, соплам нижнего и бокового дутья.

3. Установка новых эффективных аппаратов водяной обдувки топочных экранов с определением места их расположения с целью минимизации возможности образования несмываемых отложений.

4. Установка новых дополнительных ширм первичного пароперегревателя.

5. Установка дополнительных аппаратов паровой пушечной обдувки для существующих ширм ВД и новых ширм устанавливаемых при техническом перевооружении котла.

6. Демонтировать систему нижнего дутья (с выступом в шлаковом бункере), применявшуюся в ВИР технологии.

7. С учетом перевода пылесистем на газовую сушку требуется демонтировать линии подвода горячего воздуха к мельницам и смонтировать систему газопроводов топочных газов.

Список использованных источников.

- 1.Алехнович А.Н. Характеристики и свойства энергетических углей. – Челябинск: Цицеро, 2012. – 549 с.: ил.
- 2.Методические указания по проектированию топочных устройств энергетических котлов. Под ред. Э.Х.Вербовецкого и Н.Г.Жмерика. С.-П: ВТИ-АООТ «НПО ЦКТИ», 1996.
3. ОСТ 108.030.26-78. Горелки вихревые пылеугольные, пылегазовые и компоновки их с топками. Методы расчета и проектирования.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – НПО ЦКТИ, ВТИ, 1996.
5. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – Москва «Энергия».1977 г.
- 6.Аэродинамический расчет котельных установок (Нормативный метод) под редакцией С.И. Мочана.
- 7.СО153-34.03.352-2003 Инструкция по обеспечению взрывобезопасности топливоподач и установок для пылеприготовления и сжигания пылевидного топлива. М., 2004.
- 8.Расчет и проектирование пылеприготовительных установок котельных агрегатов (нормативные материалы). Л.: ЦКТИ-ВТИ, 1971.
- 9.15.08/01 Технические требования к системе очистки топочной камеры и ширмовых поверхностей для котла ПК-38.
10. Математическое моделирование процессов в тангенциальной топочной камере энергетического котла / Гаврилов А.А., Дектерев А.А., Харламов Е.Б., Тэпфер Е.С., Белый В.В., Васильев В.В.// Труды XXVII Сибирского Теплофизического семинара. Изд-во МЭИ. 2004. С. 107-108.
11. <http://www.cbpg.com/ru/>

12. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

13. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил. — Для высших учебных заведений. — Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 333.

14. Белов Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд.

15. ГОСТ 12.1.011-78. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация, 2009. – 130 с.

16. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, 2011. – 156 с.

17. ГОСТ 12.1.016-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования, 2009. – 148 с.

18. ГСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности, 2010. – 202 с.

19. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности, 2013. – 128 с.

20. ГОСТ 12.1.011-78. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация, 2009. – 130 с.

Приложение А.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВ.

Таблица А1 - Теплотехнические характеристики Назаровского бурого угля.

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Элементарный состав топлива на рабочую массу:			
Влага	W'	%	39
Зола	A'	%	7,3
Сера	S'	%	0,59
Углерод	C'	%	38,55
Водород	H'	%	2,63
Азот	N'	%	0,45
Кислород	O'	%	11,48
Всего:		%	100
Низшая теплота сгорания	Q_i^r	ккал/кг	3080-3240
Выход летучих на сухое беззольное состояние	v_{daf}	%	48
Элементарный состав золы на бессульфатную массу:			
	SiO ₂	%	25,5
	Al ₂ O ₃	%	12,2
	TiO ₂	%	0,4
	Fe ₂ O ₃	%	17,6
	CaO	%	38,1
	MgO	%	3,5
	K ₂ O	%	0,1
	Na ₂ O	%	0,3
Температурные характеристики золы:			
Температура начала деформации	t_A	°C	1150 - 1200
Температура размягчения	t_B	°C	1180 - 1220
Температура жидкоплавкого состояния	t_C	°C	1210 - 1240
Истинно жидкое состояние шлака	t_0	°C	1300

Таблица А2 - Теплотехнические характеристики мазута М-100 (ГОСТ 10585-99).

Наименование	Величина
Состав топлива на рабочую массу, %:	
Влага	следы
Зола	0,05
Сера	1,12
Удельная теплота сгорания на рабочую массу (низшая), кДж/кг	41680

Таблица А3 - Теплотехнические характеристики Бородинского бурого угля.

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Влага на рабочую массу	W^r	%	33
Зола на рабочую массу	A^r	%	6
Сера на рабочую массу	S^r	%	0,2
Углерод на рабочую массу	C^r	%	43,7
Водород на рабочую массу	H^r	%	3
Азот на рабочую массу	N^r	%	0,6
Кислород на рабочую массу	O^r	%	13,5
Низшая теплота сгорания	Q_i^r	ккал/кг	3850
Выход летучих на сухое беззольное состояние	V_{daf}	%	47,8
Коэффициент размолоспособности	$K_{ло}$	-	1,2
Температура начала деформации золы	t_A	°C	1170 - 1280
Температура плавления золы	t_B	°C	1190 - 1250
Температура жидкоплавкого состояния	t_C	°C	1280 - 1310
Склонность к образованию железистых отложений	P_{Fe}	-	0,4 (средняя)
Склонность к образованию сульфатно кальциевых отложений	P_{Ca}	-	0,73 (высокая)
Склонность к образованию загрязнений на базе активного натрия	P_{Na}^a	-	0,26(не образуются)
Склонность к шлакованию топки	R_{st}	-	0,7 (высокая)
Потенциал шлакования полурadiационных и конвективных поверхностей нагрева	$t_{шл}$	°C	965 (очень высокая)