

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой _____

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

_____ « ____ » _____ 20__ г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: МОДЕРИЗАЦИЯ НОВО-ЗАПАДНОЙ КОТЕЛЬНОЙ:
ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА С ГАЗОВЫМ
ТЕПЛОУДАЛЕНИЕМ

Специальность ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА.

Выполнил (а) ПОЛЕТАЕВ. П. С. г.р. БТЭУ-11
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ХОДАНОВА. Т. В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ САТКЕВ. Н. Р.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 26 » 05 _____ 20__ г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ДОЦЕНТ САНАТОВА. Т. С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « 27 » _____ 20__ г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

_____ (Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
_____ « ____ » _____ 20__ г.
(подпись)

Нормоконтролер: СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ КАСИМОВ. А. С.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Кас « 29 » _____ 20__ г.
(подпись)

Рецензент: зач. нач. ПТО АНХТЭУ-1 Тимченко Л. В.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Л. В. Тимченко « 02 » _____ 20__ г.
(подпись)

Алматы 2015 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет ЗАИПС
Специальность ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА: 5В071700
Кафедра Тепловых энергетических установок:

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент ПОЛЕТЯЕВ ПАВЕЛ СЕРГЕЕВИЧ
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта МОДЕРНИЗАЦИЯ НОВО-ЗАПАДНОЙ КОТЕЛЬНОЙ:
ДВУХСТУПЕНЧАТОЕ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА: С ПАЗО-
ИМПУЛЬСНОЙ УСТАНОВКОЙ:

утверждена приказом ректора № 53 от «28» ⁰⁴ сентября 20 15 г.

Срок сдачи законченной работы «16» ИЮНЯ 20 15 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Теплопроизводительность котла КВРМ-100-150: - 100 Гкал/ч.
ДАВЛЕНИЕ - 25 кгс/см². ТЕМПЕРАТУРА В ПИКОВЫЙ РЕЖИМ ВХОД: 70
НА ВЫХОДЕ 150. РАСХОД ВОДЫ ОСН: 1235 т/ч ПИК: 2460 т/ч.
РАСХОД ТОПЛ. НА НАЗУТЕ 11600 кгс/ч. НА ГАЗЕ 12400 м³/ч. КПД - 90%
ПАРАМЕТРЫ АНАЛИЗА УСЛОВИЙ ТРУДА РАСЧЕТ. УСИСТВ. ОСВЕЩЕНИЯ
А - 15м дл помещения В - 12м шир. помещения h - 9,3 расчетн. высота.
ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО Ф = $\frac{E \times R^3 \times 5 \times z}{N \times d} \approx \frac{200 \times 1,7 \times 180 \times 1,7}{14 \times 0,64} = 2177, \text{ ЛМ.}$

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Проект НЗК был утвержден в 1983 г. Строительство началось в
1984 г. В 1989 г. установлены четыре сейсмичных водогрейных
котлов КВРМ-100-150 с. Общее кол-во греющей воды
соответств. величине Q_0 Q_0 т/ч $G_0 + G_4 + G_5 = 695,125$. Сумм-
Аривий отпусе тепла водогрейными котлами Q_T МВт
 $Q_{0в} + Q_0 + Q_m = Q_{0в} = 407$. Процент загрузки каждого
котла $K_{згр} \% = \frac{Q_{0в} \times 100}{N_{кп} \times Q_{кп}} = 87,5$. Анализ Ново-Западной
Котельни б.м.г. Анализ условий труда в котельном цехе и
разработка плана мероприятий по охране труда: Вредные
вещества в воздухе раб. зоны: Освещение: Вибрация, Шум,
Вентиляция. Бизнес план Двухступенчатое сжигания топ-
лива. Финансовый раздел: Спец. Вопрос: Двухступенчатое сжи-
гания т-ва при сжигании. выбросов оксида азота. После реализ. КВРМ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

В данной дипломной работе включены чертежи:
 1. Рентген с экспликацией зданий и сооружений. 2. ЧУВА ВХО-
 ДЯТ И СОТЕНАЯ. 3. 96м труба. 4. НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ. 5. МАЗУТОНА-
 СОСНАЯ. 6. СООРУЖЕНИЯ СПИВА И ПРИЕМЛН МАЗУТА. 7. РЕЗЕРВУАРНЫЙ
 ПАРС. 8. СИЛАЯ ЖИДКОХ ПРИСАДОК. 9. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СТОЧНЫХ
 ВОД. 10. ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ №1. АДМИНИСТРАТИВНО-
 БЫТОВОЙ КОМПЛЕКС. ГРП. ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ №2
 ПЛОЩАДКА ПОД ТРАЯЦИИ. РЕЗЕРВУАР НАКОПИТЕЛЬ. ПЛОЩА-
 ДКА ДЛЯ ПОДСУШИКИ ОСАДИСА. РЕЗЕРВУАР ДЛЯ ВОДЫ 500 КУБ. М.
 РЕЗЕРВУАР ДЛЯ ВОДЫ 100 КУБ. М. НЕФТЕМОЗУЩИКА. БЛОК ВСЕ-
 РОЗМЕРНЫХ ПЕМЕЩЕНИЙ. ВПРЫСК ПАРА В ЗОНУ ГОРЕНИЯ
 ТОПЛИВА. ЯВЛЯЕТСЯ СПОСОБОМ ПОДАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ СИ-
 СИДОВ АЗОТА В ТОПИКАХ КОТЛОВ ЕСЛИ КОТЕЛ НЕ ИМЕЕТ СИСТЕМЫ РЕЦИ-
 КУЛЯЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОИЗЛУПЬСКОЙ
 ОЧИСКИ ОБЕСПЕЧИВАЕТСЯ НЕДОПУЩЕНИЕМ ЗАНОСА КОМБИСТ. ПОВЕРХ:

Рекомендуемая основная литература

1) Леоников А.М., Качан А.А. Тепловые и Атомные электростанции. Дипломное проектирование. 2) Годовой техн отчет АЭС НЗС за 2014г. 3) Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Справочное пособие. 4) Ривкин С.П. Термодинамические свойства пара. 5) Юренин В.Н. и Лебедева Л.Д. Теплотехнический справочник. 6) Спейсер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности пара и мазута в энергетических установках. Кацнельсон Б.Д. О механизме импульсной очистки. 7) Бугицкий Е.Ф., Сизоров В.И. Водорейные котлы. 8) Сучинцев И.В. Тепловой расчет котельных агрегатов. Ходанова Т.В., Попова Т.М. Дипломное проектирование.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БНД	Самодова Г.Е.	1.03 - 27.05.15	Самодова Г.Е.
Экономический	Самодова М.Е.	2.03 - 23.05.15	Самодова М.Е.
Теплотехнический	Ходанова Т.В.	2.03 - 25.05.15	Ходанова Т.В.
Спец. вопрос	Ходанова Т.В.	20.04 - 20.05.15	Ходанова Т.В.

Г Р А Ф И К
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Основные задачи и функции котельного цеха	20.05.15	
2	Техническое описание котла и вспомогательное оборудование	20.05.15	
3	Расчет тепловой схемы	25.05.15	
4	Тепловой расчет котла КВРМ 400-150	25.05.15	
5	БМД Анализ Ново-Западной котельни.	22.05.15	
6	Анализ условий труда и разработка мероприятий по охране труда.	22.05.15	
7	Расчет искусственного освещения	27.05.15	
8	Двухступенчатое сжижения топлива с разо-импульсной установкой.	14.05.15	
9	Цели и задачи. Анализ Рынка.	14.05.15	
10	План маркетинга.	16.05.15	
11	Объемы требуемых средств	16.05.15	
12	Финансовый раздел.	25.05.15	
13	Внутренняя норма доходности (IRR)	25.05.15	
14	Спец. Вопрос.	20.05.15	
15	Двухступенчатое сжижения топлива.	20.05.15	
16	Разо-импульсная установка	20.05.15	

Дата выдачи задания « 5 » Апреля 20 15 г.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель _____
(подпись) Коронова Т.В.
(Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент _____
(подпись) ПОЛЕТАЕВ П.С.
(Фамилия и инициалы)

Аннотация.

Данный дипломный проект составлен для Ново-западной котельной входящей в АЛЭС ЗТК. В проекте предполагается модернизация котельного агрегата КВГМ- 100-150 путем установки двухступенчатого сжигания топлива для снижения выбросов оксидов азота и установки газа-импульсной очистки котла. Выбросы являются возрастающей экологической проблемой в нашей республике.

Projects for this thesis is composed Novo-zapadnaya boiler tightly into ALES NTA. The projects predpologayetsya modernization of boiler aggregate KVGM- 100-150 путем setting a two-stage combustion topliva. Dlya reduce emissions of nitrogen oxides and installation of gas impulse cleaning kotla. Vybrosy yavlyayutsya vozrastayushey environmental problem in our country.

Осы Диссертациялық үшін жобалар АЛЭС НТА мықтап салаңыз Новозападная қазанды турады. Азот оксиді және біздің елімізде газимпульсті тазалау котла. Шығарындылар үдеуші экологиялық мәселе орнату шығарындыларын азайту отын для екі кезенді жануды орнату КВГМ -100-150 жолмен агрегата қазандықтың Жобалар предполагается жанғырту .

Содержание

Введение

1. Краткое описание котельной

- 1.1 Общие положения
- 1.2 Основные задачи и функции котельного цеха
- 1.3 Техническое описание котла и вспомогательного оборудования
- 1.4 Мазутное хозяйство

2. Расчет тепловой системы

- 2.1 Расчет тепловой схемы
- 2.2 Тепловой расчет котла-агрегата КВГМ-100-150с

3. Безопасность жизнедеятельности

- 3.1 Анализ Ново-Западной Котельной
- 3.2 Анализ условий труда в котельном цехе и разработка плана мероприятий по охране труда
- 3.3 Расчет искусственного освещения
- 3.4 Тепло-влажностный баланс ТЩУ

4. Бизнес-план

- 4.1 Двухступенчатое сжигание топлива с газо-импульсной установкой.
- 4.2 Цели и задачи
- 4.3 Анализ рынка
- 4.4 План маркетинга
- 4.5 Объем требуемых средств
- 4.6 Финансовый раздел
- 4.7 Внутренняя норма доходности (IRR)

5. Спец-вопрос

- 5.1 Двухступенчатое сжигание топлива
- 5.2 Газо-импульсная установка (ГИУ)

Заключение

Список используемой литературы

					ДП – 5В071700-2015
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	

ДП.5В071700-2015

Лист

13

Дипломн.	Полетаев П.С.			Содержание	Литер	Лист	Листов
Руковод.	Ходанова Т.В.					7	102
Зав. каф.	Кибарин А.А.				АУЭС Кафедра ТЭУ Группа БТЭУ-11		
Н.контр.	Касимов А.С.						
Рецензент	Гимченко А.В.						

Введение

Энергетика – очень важная из всех отраслей народного хозяйства. В Казахстане темпы роста энергетических мощностей находятся на очень высоком уровне. Развитие энергетики, наряду с существенным влиянием на инфраструктуру экономики, неблагоприятно сказывается на состоянии окружающей среды. Одно из незавидных первых мест в загрязнении окружающей среды принадлежит теплоэнергетике. Ведь на долю тепловых электростанций приходится около 30% процентов всех выбросов, поступающих только в атмосферу планеты.

Главной проблемой, возникающей в результате присутствия в воздухе оксидов азота, является их токсичное воздействие на здоровье людей. Установлено, что даже кратковременное воздействие диоксида азота в концентрации 47-140 мг/м³ может вызывать воспаление легких и бронхит, а при концентрации 560-940 мг/м³ велика вероятность летального исхода в результате отека легких. Повышенные концентрации оксидов азота в воздухе воздействуют не только на людей, но и на растительный мир.

Данный дипломный проект составлен для Ново–Западной котельной, входящей в АЛЭС ЗТК. В проекте предполагается модернизация котельного агрегата КВГМ-100-150с, путем установки двухступенчатого сжигания топлива для снижения выбросов оксидов азота и установки газоимпульсной очистки котла. Выбросы является возрастающей экологической проблемой в нашей республики.

Исследования показывают, особенности процесса горения в решающей степени определяют количество образующихся в топке оксидов азота. Следовательно, изменение топочного процесса горения в нужном

ДП.5В071700-2015

Лист

14

направлении может привести к снижению выбросов оксидов азота без дорогостоящих мероприятий по очистке дымовых газов. Данный метод двухступенчатого сжигания топлива дает снижение концентрации оксидов азота на 30 - 40 %, без вредного воздействия на работу котла.

Внедрение газо-импульсной установки (ГИУ) позволяет производить очистку конвективных поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов. Этот метод очистки основан на ударном, акустическом и термоволновом воздействии взрывных потоков на золовые отложения.

Таким образом, целью данного дипломного проекта являются такие основные аспекты:

- 1 показать преимущества двухступенчатого сжигания топлива и газо-импульсной очистки котла;
- 2 оценить затраты для внедрения данных проектов;
- 3 обосновать экологическую и экономическую эффективность данных реконструкций.

Раздел 1 Краткое описание котельной

1.1 Общие положения

Проект НЗК был утвержден в 1983 году. Строительство котельной началось в 1984 году. В 1989 году были установлены четыре новых водогрейных котла КВГМ-100-150С. Котлы устанавливаются в здании котельной, дымососы и вентиляторы располагаются вне здания. Сетевые, подкачивающие насосы и оборудование конденсато-очистки вынесены в отдельно стоящее здание.

Котельная обеспечивает максимальную нагрузку 400 Гкал/час. Работа котлов предусматривается в основном режиме. Система теплоснабжения – открытая. Подпитка сети осуществляется от Алматинской-ТЭЦ-2.

Основным топливом является мазут М-100 с $Q_H^P = 38770$ кДж/кг, $S_p = 0,5\%$. Аварийное топливо – газ Бухарского месторождения с $Q_H^P = 33500-37550$ кДж/нм³.

Мазута-снабжение осуществляется от склада мазута на пром-площадке котельной, газоснабжение - от отдельно стоящего ГРП через трубопроводы.

Изготовление котлов КВГМ-100-150с в сейсмичном исполнении производится на Белгородском заводе «Энергомаш».

Сроки введения основного Котельного оборудования на НЗК:

1. Ст. № 1 КВГМ-100-150С - 1985 г.
2. Ст. № 2 КВГМ-100-150С - 1985 г.
3. Ст. № 3 КВГМ-100-150С - 1989 г.
4. Ст. № 4 КВГМ-100-150С - 1989 г.

Котельный цех (КЦ) является самостоятельным структурным подразделением АЛЭС ЗТК на правах основного цеха:

- в административном отношении котельный цех подчиняется управляющему начальнику ЗТК, НЗК. а в производственно-технической деятельности, а также в подготовке и технической учебе персонала - главному инженеру ЗТК;

- в оперативном отношении котельный цех подчиняется начальнику смены ЦТРП и дежурному диспетчеру АЛЭС РКТ;

- КЦ является источником тепловой энергии и покрывает дефицит тепла в пиковый период, поддерживая тепловой и гидравлический режимы тепловых сетей;

- в зону обслуживания КЦ входят:

- 1 Четыре водогрейных котла КВГМ-100-150 общей мощностью 400Гкалл.
2. Водо-насосная станция КЦ, которая включает в себя 5 перекачивающих, 7 сетевых и 2 рециркуляционных насоса.
4. Мазутонасосная станция - для приема мазута, его подогрева и подачи к котлам.
5. Резервуарный парк для хранения мазута, включающий в себя три наземных резервуара общей строительной емкостью 7000м³.

6. Газорегуляторный пункт (ГРП), включающий в себя две нитки регулирования давления, производительностью 28000 нм³/час.
7. Система трубопроводов, включающая трубопроводы с ТЭЦ-2 на КЦ и ЦТРП..
8. Насосная станция №6.

Котельный цех работает по годовым планам, составляемым с учетом графиков ремонта оборудования во всех цехах АЛес РКТ. В планах цеха должны учитываться все работы, намеченные к выполнению, в том числе по реконструкции оборудования, автоматизации производственных процессов, механизации ремонтных работ, внедрению мероприятий по научной организации труда, выполнению требований ПТЭ, ПТБ, противоаварийных и эксплуатационных циркуляров, а также все формы работы с персоналом. План работы утверждается руководством АЛес ЗТК. НЗК.

1.2 Основные функции и задачи котельного цеха

Основными задачами персонала КЦ являются:

1. Обеспечение безаварийной работы котельного и вспомогательного оборудования.
2. Бесперебойное и качественное снабжение потребителей тепловой энергии при наиболее экономичных режимах работы оборудования котельной и постоянным улучшением технико-экономических показателей работы оборудования.

1.3 Техническое описание котла и вспомогательного оборудования

1.3.1 Характеристики котла КВГМ-100-150с

Водогрейные котлы типа КВГМ-100-150с теплопроизводительностью 100 Гкал/час предназначаются для установки на ТЭЦ для покрытия пиков теплофикационной нагрузки, а также в качестве основного или пикового источника теплоснабжения в районных отопительных котельных. Котлы

унифицированной серии рассчитаны на сжигание природного газа и высококачественных мазутов. Котёл имеет П-образную сомкнутую компоновку с конвективными газоходами, примыкающими к задней стенке топки. Задний экран в верхней части топки разводится в прямой трёхфазный фестон.

Водогрейный котёл КВГМ-100-150с предназначен для получения горячей воды давлением до 25 кгс/см^2 и температуры до $150 \text{ }^\circ\text{C}$, используемой в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а так же для технологических целей.

Котёл оборудован четырьмя газо-мазутными горелками типа РГМГ-20, которые располагаются на боковых стенках топки встречно по две горелки на каждой. Каждая горелка имеет автономный вентилятор первичного воздуха типа 19 ЦС 63.

Давление мазута перед форсункой не более 2 кгс / см^2 . Вязкость мазута $6-8 \text{ }^\circ\text{ВУ}$. Диапазон регулирования нагрузки $10-100 \%$. Давление газа перед горелкой при номинальном режиме 3400 кгс/м^2 .

Конвективный газоход имеет размеры в плане по осям экранных труб $3000 \times 6050 \text{ мм}$. Задний экран и боковые стены конвективного газохода (в верхней части) выполнены из газоплотных мембранных панелей из труб $d 57 \times 5 \text{ мм}$ с шагом 75 мм .

Конвективная поверхность нагрева котла состоит из четырёх уровней пакетов мембранных панелей и представляет из себя мембранные поверхности нагрева, которые входят в коллектора $d 108 \times 4,5 \text{ мм}$ с шагом 110 мм , являющихся одновременно боковыми стенками газохода. Мембранные панели изготовлены из 16 труб $d 38 \times 4 \text{ мм}$ с простенками из полосы 37 мм . Трубы конвективных пакетов образуют шахматный пучок с шагами $S_1=110 \text{ мм}$, $S_2=75 \text{ мм}$.

Все блоки котла крепятся к каркасу на подвесках. Для осмотра и ремонта поверхностей нагрева предусматриваются люка и лазы. Изоляция котла натрубная. Крепится к мембранным панелям и стоякам конвективного блока. Общая толщина изоляции 120 мм . Для обеспечения нормальной

работы котла служат трубопроводы в пределах котла и необходимая арматура. С верхних точек котла выведен воздушный трубопровод с вентилями для удаления воздуха из котла. Для удаления воды имеется дренажный трубопровод с соответствующей арматурой.

Котлы КЦ НЗК работают по основному режиму. Вода подводится к нижнему коллектору фронтального экрана, затем из верхнего коллектора этого экрана поступает в верхние коллекторы боковых экранов, в которых совершает U-образный ход и попадает в верхний коллектор промежуточного экрана. Из нижнего коллектора промежуточного экрана вода проходит по трубам конвективного газохода снизу вверх и затем по заднему экрану конвективного газохода опускается вниз.

Технические данные:

1 Тепло производительность, Гкал/ч	100
2 Рабочее давление, кгс/см ²	10-25
3 Температура воды, °С	
4 основной режим:	
- на входе	70
- на выходе	150
5 пиковый режим:	
- на входе	110
- на выходе	50
6 Расход воды, т./ч	
- основной	1235
- пиковый	2460
7 Температура уходящих газов при работе, °С	
- на мазуте	154
- на газе	125
8 КПД брутто при работе, %	
- на мазуте	92,7
- на газе	93,7
9 Расход топлива	
- мазут, кг/ч	11600
- газ, нм ³ /ч	12400
10 Сопротивление газового тракта при работе, кгс/ м ²	
- на мазуте	189
- на газе	188
11 Гидравлическое сопротивление (не более), кгс/см ²	
- основной	2,5
- пиковый	1,25

Диаметры толщина стенок труб и камер котла, мм.:

Панели экранов	d 57x5
Панели конвективного блока	d 38x4
Стояки конвективного блока	d 108x4,
Камеры экранов	d 273x16
Камеры конвективного блока	d 273x20
Трубы перепускные	d 219x9
Трубы удаления воздуха	d 16x3

1. Топочная камера котлов предназначена для сжигания высокосернистых мазутов и природного газа и выполняется постоянной по ширине и высоте, и изменяющейся в глубину котла за счет изменения числа боковых блоков.

2. Стены топочной камеры полностью экранированы трубами 60x4 мм с шагом 64 мм. Топочная камера с наружной стороны обшивается металлическими листами толщиной 3 мм. для предохранения обмуровки от попадания на нее мазута.

3. Вся трубная система укреплена поясами жесткости.

4. В верхней части топочной камеры (во избежание разрушения котла во время хлопка или взрыва) установлено два взрывных клапана типа ЗВО ОН 24-3-180-67.

Конструктивные характеристики топочной камеры:

Объем топочной камеры, м ³	388
Лучевоспринимающая поверхность топки, м ²	325

Топочные камеры котлов унифицированной серии оборудованы ротационными газо-мазутными горелками типа РГМГ. Диапазон регулирования горелки от 15 до 100%.

Конвективный пакет котлов- набирается из секций одного типоразмера, состоящих из вертикальных стояков (трубы 83x3,5 мм.), в которые входят U-образные змеевики из труб 28x3 мм.

Конвективные пакеты котлов разной производительности отличаются лишь числом набранных секций.

Расположение труб в пакете шахматное с поперечными и продольными шагами $S_1=64$ мм и $S_2=40$ мм соответственно.

На заднем экране конвективной шахты имеются лазы для профилактических осмотров и ремонтов.

Расчетная поверхность нагрева 2385 м².

Котлы унифицированной серии опираются нижними камерами всех экранов на металлический портал, представляющий собой сварную конструкцию, состоящую из колонн и балок, жестко связанных между собой. Дополнительно боковые экраны нижним поясом жесткости опираются на опорные фермы, имеющиеся на портале.

Для обслуживания имеется система площадок и лестниц.

Обмуровка котлов выполнена облегченной с креплением к экранным трубам.

Натрубная обмуровка состоит из трех слоев теплоизоляционных материалов: огнеупорного шамотобетона на глиноземистом цементе, армированного металлической сеткой, минеральной ваты в виде матрасов в металлической сетке и уплотнительной магнезиальной обмазки.

Общая толщина обмуровки составляет 112 мм.

Котел комплектуется следующим оборудованием, которое уточняется при согласовании тех. условий и в зависимости от компоновки котла в котельной:

- дымососом типа ДН-22x2-0,62, $Q= 289 * 10^3$ м³/час, $H= 201$ кг/м³ с электродвигателем ДАЗО – 12 – 42 – 10МУ – 1 N= 250 кВт;

- вентилятором ВДН – 18, $Q = 130 * 10^3$ м³/час с электродвигателем ДАЗО – 12 – 55 – 6/8 МУ1 N = 250/105 кВт;

- четырьмя газо-мазутными горелками РГММГ – 20, которые располагаются на боковых стенках топки (по две штуки на каждой);
- вентилятором первичного воздуха типа 19ЦС 63С, $Q = 1900 \text{ м}^3/\text{час}$ с электродвигателем АО- 51 – 2, $N = 10\text{кВт}$;
- газоимпульсной установкой.

1.3.2 Газо-мазутная горелка РГМГ-20

Топливо- мазут марки 40 и 100, природный газ. Диапазон рабочего регулирования 10-100 % от номинальной производительности.

Основные характеристики горелки при номинальной производительности:

1 Тепловая мощность, Гкал/ч	22,2
2 Расход топлива	
- мазут М-100, кг/ч	2360
- природный газ, $\text{м}^3/\text{ч}$	2560
3 Вязкость мазута, $^{\circ}\text{ВУ}$	6-8
4 Температура мазута, $^{\circ}\text{С}$	не более 95
5 Давление мазута перед форсункой, $\text{кгс}/\text{см}^2$	1,6
6 Давление природного газа перед горелкой, $\text{кгс}/\text{м}^2$	3400
7 Аэродинамическое сопротивление горелки по первичному воздуху, $\text{кгс}/\text{м}^2$	730
8 Аэродинамическое сопротивление горелки по вторичному воздуху, $\text{кгс}/\text{м}^2$	150
9 Мощность электродвигателя форсунки, кВт	2,2
Температура воздуха, $^{\circ}\text{С}$	10-50
10 Мощность электродвигателя вентилятора первичного воздуха, кВт	10
11 Масса горелки, кг	635

1.3.3 Тягодутьевая установка

Тягодутьевая установка предназначена для подачи необходимого для поддержания горения свежего воздуха в топку и удаления топочных газов. Главными элементами установки являются дымосос и вентилятор.

Первый предназначен для вывода из газового тракта котельной установки отработавших газов в верхние слои атмосферы через дымовую трубу.

Вторым элементом тягодутьевой установки является дутьевой вентилятор приточной системы, который предназначен для подачи окружающего свежего воздуха в топку котла.

1. **Дымосос** разработан Барнаульским котельным заводом по аэродинамической схеме 0,62-40⁰ МО ЦКТИ им. Ползунова.

Основными узлами дымососа являются:

1. Рабочее колесо,
2. Ходовая часть,
3. Улитка,
4. Всасывающая воронка,
5. Два всасывающих кармана (левый и правый)
6. Два осевых направляющих аппарата (левый и правый).

Рабочее колесо состоит из крыльчатки и ступицы.

Крыльчатка представляет собой сварную конструкцию, состоящую из 32 листовых назад загнутых лопаток (16x2), расположенных между основным (коренным) и двумя коническими дисками.

Ступица, выполненная из стального литья, прикрепляется к основному диску крыльчатки болтовым соединением. На валу ходовой части ступица крепится двумя разрезными коническими втулками, закрепляемыми шпильками, расположенными на обоих торцах ступицы.

Ходовая часть состоит из кованого вала, двух разъёмных чугунных корпусов подшипников, двух радиальных сферических роликоподшипников,

узлов уплотнения (левого и правого) и упругой втулочно-пальцевой муфты, соединяющей вал машины с валом электродвигателя. Подшипник со стороны электродвигателя является опорно-упорным, с другой стороны - упорным. Корпуса подшипников монтируются на подставках, которые крепятся к общему фундаменту болтами.

В корпусах подшипников имеется полость, заполняемая маслом. Уплотнение вала ходовой части - комбинированное центробежно-сальниковое. Для охлаждения масла в корпусах подшипников смонтированы змеевики. Расход охлаждающей воды $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ на дымосос.

Температура охлаждающей воды на входе в змеевики не должна превышать $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Допустимая установившаяся температура подшипников не должна превышать $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Уровень масла в масляной ванне контролируется указателем уровня, температура корпусов подшипников – двумя термометрами сопротивления ТСП-085 (ГОСТ 6651-59), или непосредственно прикосновением руки.

Для смазки подшипников ходовой части применяется масло турбинное или индустриальное.

Узел уплотнения в месте прохода вала через торцевые стенки всасывающих карманов выполнен в виде плавающего сальника, компенсирующего тепловое расширение улитки.

Ротор дымососа в сборе подвергается балансировке на заводе-изготовителе.

Улитка и всасывающие карманы выполняются свариваемыми элементами из листовой и профильной стали. В улитке и всасывающих карманах имеются лазы и смотровой люк, обеспечивающий возможность технического осмотра проточной части дымососа при кратковременных остановках. Для выема ротора на улитке и всасывающих карманах предусматриваются съёмные части.

Всасывающая воронка состоит из листового вальцованного конфузора и точечного кольца, имеющего фланцы и соединённых болтами. Конструкция

всасывающей воронки обеспечивает стабильность в процессе эксплуатации требуемых осевого и радиального зазоров между внешней поверхностью кольца и внутренней поверхностью воротника рабочего колеса. Осевые зазоры должны быть 14 ± 2 мм, радиальные – 4 ± 1 мм.

Следует отметить важное значение стабильности указанных зазоров для машин данного типа, так как этим обеспечивается получение нормальных аэродинамических параметров.

Режим работы дымососа устанавливается двумя осевыми направляющими аппаратами (левым и правым), состоящим из 12 профильных лопаток. Лопатки поворачиваются от 0° до 90° . При промежуточных углах поток газов отклоняется в направлении вращения рабочего колеса.

2. **Вентилятор** разработан Барнаульским котельным заводом по аэродинамической схеме 0,7-160-П МО ЦКТИ им. Ползунова. Основными узлами вентилятора являются: рабочее колесо, ходовая часть, улитка, всасывающая воронка, осевой направляющий аппарат и рама ходовой части.

Рабочее колесо состоит из крыльчатки и ступицы, крыльчатка имеет 10 пустотелых профилированных загнутых назад лопаток, расположенных между основным и коническим дисками. Для обеспечения прочности и жёсткости внутри лопаток ввариваются рёбра. Заготовки лопаток и конический диск штампованные.

Ступица вентилятора выполнена из стального литья и крепится к основному диску заклёпками.

Крыльчатка в сборе со ступицей крепится на валу ходовой части с помощью шпонки и гайки, наворачиваемой на конец вала.

Ходовая часть вентилятора состоит из кованого вала, подшипников качения, расположенных в общем литом корпусе, имеющем горизонтальный разъём узла уплотнения и упругой втулочно-пальцевой муфты, соединяющей вал машины с валом электродвигателя. Подшипник со стороны электродвигателя является опорно-упорным, с другой стороны – опорным. Смазка подшипников идентична смазке подшипников дымососа.

Улитка вентилятора сварная из листовой и профильной стали. Для создания необходимой жёсткости торцевые стенки улитки усиливаются оребрением из угольников и полос.

На фронтальной стороне улитки (со стороны осевого направляющего аппарата) имеется лаз, обеспечивающий возможность осмотра проточной части машины при кратковременных остановках. Для выема ротора на улитке предусматривается съёмный сектор.

Всасывающая воронка состоит из штампованного листового конуса с цилиндрической отбортовкой и уплотнительной ленты, которая прикрепляется к ней с помощью болтов.

Уплотнительная лента заходит свободной кромкой внутрь воротника рабочего колеса. Конструкция всасывающей воронки обеспечивает в процессе эксплуатации стабильность осевых и радиальных зазоров. Осевые зазоры должны составлять 10 ± 3 мм, радиальные – 4 мм.

Режим работы вентилятора устанавливается осевым направляющим аппаратом, устройство которого сходно с направляющим аппаратом дымососа.

В конструкции тягодутьевых машин предусмотрено ограждение вращающихся частей упругой втулочно-пальцевой муфты.

Перед и за тягодутьевыми машинами устанавливаются компенсаторы.

Технические характеристики тягодутьевых машин приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Технические характеристики тягодутьевых машин:

Наименование величин	ДН-22х2-0,62 ГМ	ВДН-20
Диаметр рабочего колеса, мм	2200	2000
Маховой момент ротора, кгс/м ²	6300	2000
Номинальные параметры на режиме максимального КПД:		
Производительность, м ³ /ч	289000	215000
Полное давление, кгс/м ²	330	480

Температура среды, °С	100	30
Частота вращения, об/мин	740	980
Мощность на валу, кВт	325	326
Максимально допустимая частота вращения, об/мин	750	1000
Максимальный КПД, %	84	86
Габаритные размеры, мм:		
Длина	6510	3346
Ширина	5457	4075
Масса, тн	14	5,2

1.3.4 Дымовая труба

Железобетонный ствол трубы имеет коническую форму с переменным уклоном образующей поверхности ствола от 0,06 до 0,03. Бетон для ствола трубы принят марки 300. Между железобетонной стенкой ствола и футеровкой предусмотрен вентилируемый зазор переменной величины от 50 до 300 мм. Футеровка ствола выполнена из кислотоупорного кирпича на кислотоупорной замазке. Фундамент круглой формы на естественном основании. Проектом предусмотрена ходовая лестница, молние-защита, маркировочная окраска, светофорные площадки и балконы. Высота трубы 96,25 м.

1.4 Мазутное хозяйство

Мазутное хозяйство предназначено для приема, хранения, и подготовки мазута к сжиганию, бесперебойного снабжения подогретым и профильтрованным мазутом котельной.

В котельном цехе предусматривается сжигание мазута марки М-40 и М-100.

Приемно-сливное устройство, предназначено для приема, слива и перекачки поступившего мазута. Приемно-сливной лоток и емкость имеют встроенный подогреватель, в который подается пар. В случае загустения

мазута в автоцистернах его можно разогреть открытым паром от парового шланга, присоединенного к вентилю подогревателя у сливного лотка. Для предотвращения загрязнения приемной емкости между резервуаром сливного лотка и приемной емкостью установлена сетка.

Подземная приемная емкость железобетонная, емкостью 100 м². В приемную емкость заводят дренажи от мазутопроводов и от дренажного насоса. Для перекачки мазута в мазутные баки смонтировано два насоса типа 4НКЭ-5х1 производительностью 60 м³/ч. и напором 55 м.ст.ж.каждый.

Для хранения и предварительной подготовки мазута имеются два металлических бака емкостью 2000 м³ каждый и один бак емкостью 3000 м³. Баки оборудованы системой пожаротушения, дыхательными клапанами, площадками. Максимальная допустимая температура в баке 90°С. При повышении указанной температуры возможно вскипание и выбрасывание мазута. Для предотвращения разлива мазута на территории мазутных баков на обвалочной площадке установлены стоки, которые связаны с очистными сооружениями.

Для подготовки мазута в мазутных баках имеются рециркуляционные насосы типа 5НКЭ-9х1 в количестве двух штук производительностью 78 м³/ч и напором 40 м.вод.ст. и два подогревателя мазута. Для перекачки мазута в котельную имеются два насоса типа 4Н5х2 производительностью 40 м³/ч и напором 75 м.вод.ст. каждый и два подогревателя.

Для удаления грубодисперсных веществ на всасе ОМН установлены фильтры грубой очистки, а для удаления мелкодисперсных веществ после ОМН установлены фильтры тонкой очистки (ФТО). Фильтры оборудованы воздушниками, дренажами и системами пропаривания. При падении давления мазута на выходе из фильтра в два раза против первоначального (на чистом фильтре), фильтр должен быть выведен из работы и пропарен. Подача пара ведется от ЗРК с давлением до 15 кг/см² и температурой до 350 °С.

Сброс конденсата осуществляется в бассейн-отстойник, расположенный на территории ЗРК.

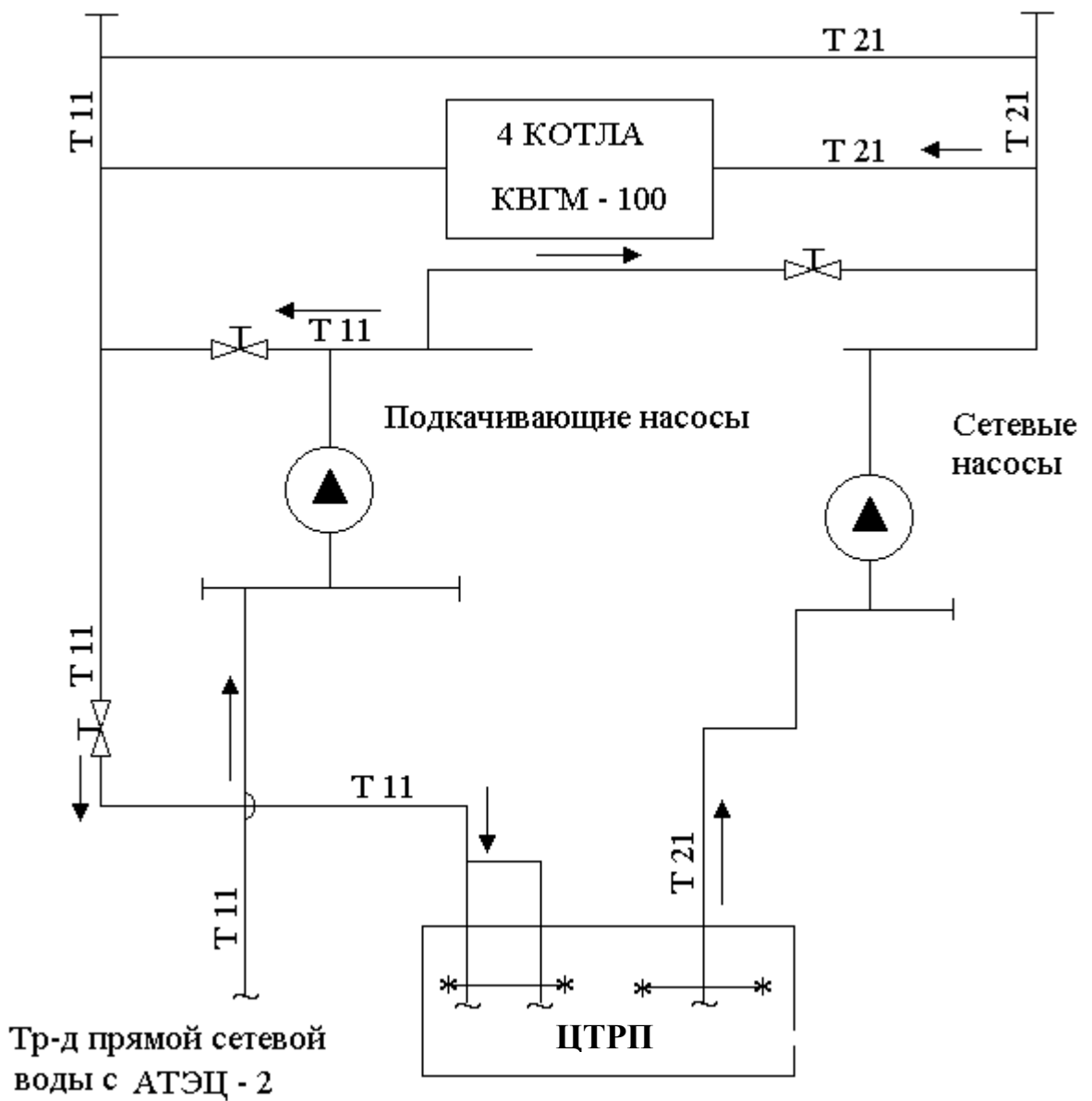
Распределение мазута ведется по трубопроводам различных диаметров. Для предотвращения застывания мазута параллельно с мазутопроводами проложены в одной изоляции паровые спутники.

Для удаления мазута из трубопроводов и оборудования, все трубопроводы и оборудование имеют схему подачи в них пара и сброса замазученного конденсата в приемную емкость.

Сброс замазученных протечек ведется в прямке, оборудованном паровым подогревателем, шестеренчатым насосом Т-40—6-18-4 производительностью 18 м³/час, напором 4кг/см².

Раздел 2 Расчет тепловой системы

Тепловая схема



Т 11 - Прямая сетевая вода

☒ - Клапан регулирующий
- Граница проектирования

Т 21 - Обратная сетевая вода

—*

ДП.5В071700-2015

Лист

31

2.1 Расчет тепловой схемы

№	Наименование расчетной величины	Обозначение	Ед. измерения	РЕЖИМ			
				I Мах-но зимний	II Ср. темп. хол.мес.	III Среднеот.	IV Летний
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Температура наружного воздуха в точке излома температурного графика.	tн. изл.	0С	-25	-2,8	-7,4	--
2	Коэффициент снижения расхода тепла на ОВ в зависимости от температуры наружного воздуха.	Ков	--	$\frac{t_{BH} - t_H}{t_{BH} - t_H} = 1$	0,591	0,484	--
3	Значение коэффициента Ков в степени 0,8	$K_{OB}^{0,8}$	--	1	0,657	0,560	--
4	Температура сетевой воды в подающем трубопроводе к потреблению на выходе из котельной	t1	0С	$18 + 64,5 K_{OB}^{0,8} + 67,5 K_{OB} = 150$	70	100,27	70
5	Температура сетевой воды в обратном трубопроводе от потребителя на входе в котельную	t2	0С	$t1 - 80 K_{OB} = 70$	22,72	61,55	--
6	Расчетный отпуск тепла на ОВ	QOB	МВт	$Q_{OB} \cdot K_X^{OBP} = 407$	267	228	--

ДП.5В071700-2015

7	Количество сетевой воды на ОВ воды в подающем трубопроводе	G _{ОВ}	т/ч	$\frac{Q_{ОВ} \cdot 10^3}{t_1 - t_2} = 4375$	4375	4375	--
8	Количество сетевой воды на ГВС, в том числе:	G _{ГВ}	т/ч	$\frac{Q_{ГВ} \cdot 10^3}{t_{ГВ}} = 714,29$	714,29	714,29	468,57
	- отбираемое из подающего трубопровода	G _{ГВ} ^{ПОД}	т/ч	$\frac{t_{ГВ} - t_2}{t_1 - t_2} = 0$	714,29	155,88	468,57
	- отбираемое из обратного трубопровода	G _{ГВ} ^{ОБР}	т/ч	$\frac{t_1 - t_{ГВ}}{t_1 - t_2} = 714,29$	0	588,41	0

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Количество сетевой воды в подающем трубопроводе на отопление, вентиляцию и ГВС.	G _{ОВ+ГВ}	т/ч	$G_{ГВ}^{ПОД} + G_{ОВ} = 4375$	5089,29	4530	468,57
10	Количество сетевой воды в подающем трубопроводе на мазутное хозяйство.	G _М	т/ч	---	----	----	---
11	Суммарное количество сетевой воды выдаваемой из котельной внешним потребителям	G _{ОВ+ГВ+ГМ}	т/ч	4375	5089,29	4530,88	468,57

12	Количество подпиточной воды на восполнение утечек в теплосети на отопление, вентиляцию и ГВС	ГУТ1	т/ч	$\frac{0,5}{100} [(Q_{OB}+Q_{ГВ}).гж].K_{ут}=97,5$	97,5	97,5	48,75
13	Количество подпиточной воды на восполнение утечек в теплосети на мазутное хозяйство	ГУТ2	т/ч	----	----	-----	---
14	Суммарное количество подпиточной воды	Gподп	т/ч	ГГВ+ ГУТ1=811,79	811,79	811,79	517,32
15	Количество сетевой воды в обратном трубопроводе на входе в котельную от потр-ля отопления и вентиляции	GOBсе т.обр.	т/ч	$G_{OB+ГВ} - G_{ТВ} - G_{УТ1}=3563,21$	4277,5	3719,09	----
16	Количество сетевой воды в обратном трубопроводе на входе в котельную от мазутного хозяйства	GOBсе т.обр	т/ч	----	----	-----	---
17	Температура греющей воды поступающей в деаэратор	tBK.K.	0C	150	150	150	120
18	Количество греющей воды поступающей в деаэратор	G'Д	т/ч	$\frac{1,002G_{подп} \cdot (T_5 - T_4)}{(t_{BK1} - T_5)0,98} = 103,75$	103,75	103,75	105,79
19	Кол-во воды на выходе из деаэратора	GД	т/ч	Gподп G'Д=915,74	915,74	915,74	623,11
20	Выпар из деаэратора	DBЫП	т/ч	0,002 GД=1,83	1,83	1,83	1,25

21	Кол-во умягченной воды поступающей в деаэратор	GY	т/ч	$G_{подп} + D_{вып} = 813,62$	813,62	813,62	518,57
22	Кол-во сырой воды соотв-е расходу GX	GCB	т/ч	$K_{XBO}^{CH} \cdot GY = 894,98$	894,98	894,98	570,43
23	Расход тепла на подогрев сырой воды перед водоподготовкой	QC	МВт	$\frac{G_{CB} \cdot (T_3 - T_1) \cdot 10^3}{0,98} = 21,22$	21,22	21,22	6,8
24	Кол-во греющей воды, соотв-е величине QC	G'C	т/ч	$\frac{Q_T \cdot 10^3}{G_{BK-\Sigma}} = 228,125$	228,125	228,125	116,4
1	2	3	4	5	6	7	8
25	Расход тепла на подогрев умягченной воды перед деаэратором	Q4	МВт	$\frac{G_4 \cdot (T_4 - T_3) \cdot 10^3}{0,98} = 33,8$	33,8	33,8	21,5
26	Кол-во греющей воды соотв-е величине Q4	G'4	т/ч	$\frac{Q_C \cdot 10^3}{t_{BK1} - t_H} = 363,25$	363,25	363,25	370,4
27	Общий расход тепла на подогрев сырой воды, умягченной воды и на деаэрацию	QO	МВт	$QC + Q4 + G'D(t_{BK1} - t_{2max}) = 140,3$	140,3	140,3	64,5
28	Общее количество греющей воды соответ-е величине Q0	G0	т/ч	$G'C + G'4 + G'D = 695,125$	695,125	695,125	592,59
29	Суммарный отпуск тепла водогрейными котлами	QT	МВт	$QOB + QO + QM = QOB = 407$	267	228	39
30	Количество работающих водогрейных котлов	N_{KP}^B	--	$\frac{Q_T}{Q_K^{HOM}} = 3,5 \approx 4$	2,3 \approx 3	1,96 \approx 2	0,333 \approx 1

31	Процент загрузки каждого работающего водогрейного котла	$K_{ЗАГР}^B$	%	$\frac{Q_T \cdot 100}{N_{KP}^B Q_K^{HOM}} = 87,5$	76,65	98	33,3
32	Количество отключенных водогрейных котлов	$N_{КО}^B$	--	$N_{KP}^B (РЕЖИМІ) - N_{KP}^B = 0$	1	2	3
33	Количество воды пропускаемой через один котел	GBK	т/ч	$\frac{Q_T \cdot 10^3}{t_{1max} - t_{2max}} / N_{KP}^B = 1093,75$	1093,75	1093,75	666
34	Количество воды, пропускаемое через работающие водогрейные котлы	GBKΣ	т/ч	$N_{KP}^B \cdot GBK = 4375$	4375	4375	666
35	Количество воды, пропускаемое через нерегулируемый перепуск	ГНП	т/ч	$N_{КО}^B \cdot GBK + G_{ГВ} \frac{t_{ГВ} - t_2}{t_1 - t_2} = 0$	1808,04	2343,38	0
36	Температура сетевой воды на входе в водогрейные котлы	tBK2	0С	$\frac{Q_T \cdot 10^3}{tBK1 - G_{BK-\Sigma}} = 70$	97,44	105,2	70
37	Суммарное количество воды перед сетевыми насосами (отопительный период)	$\sum G_{ОБП}^{СЕТ}$	т/ч	$G_{ОБП}^{ОБ} + G_{ОБП}^{СЕТ} + Q'4 + G'C + (GПОДП + G'Д) = 4375$	3089,29	4530,88	0
1	2	3	4	5	6	7	8
38	Суммарное количество воды перед сетевыми насосами (летний период)	$\sum G_{ОБП}^{ЛЕТО}$	т/ч	$G_{ОБП}^{СЕТ} + G_{УТ2} + G_{Д} + G'_{X} + G_{C'} = --$	---	---	517,32

39	Температура в обратном трубопроводе перед сетевыми насосами	t3	0С	$\frac{G_{СЕТ}^{ОБ} \cdot t_2}{\sum G_{ОБП}^{СЕТ}} + \frac{G_{ПОДП} T_5}{\sum G_{ОБП}^{СЕТ}} = 70$	30,26	63,06	70
----	---	----	----	--	-------	-------	----

2.2.1 Тепловой баланс котлоагрегата КВГМ-100-150с и часовой расход мазута

№	Расчетные величины	Обозн-е	Расчетная формула или способ определения	Разм-ть	Числовые величины
1	2	3	4	5	6
1	Низшая теплотворная способность топлива.	Q_H^P	Из исх. данных	кДж/кг	38799
1	2	3	4	5	6
2	Физическое тепло топлива	$I_{ТЛ}$	$C_{ТЛ} \cdot t_{ТЛ}$	кДж/кг	199
3	Располагаемое тепло	Q_P^P	$Q_H^P + i_{ТЛ}$	кДж/кг	38799+199=38998
4	Температура ух. газов	$\vartheta_{ух}$	Приним-ся с послед-м уточнением	$^{\circ}C$	150
5	Энтальпия ух. газов	$I_{УХ}$	По табл. теплосод-ий.	кДж/кг	2610
6	Энтальпия теорет-ки необходимого количества воздуха ($t_{ХВ} \approx 10^{\circ}C$)	$I_{ХВ}^0$	$C_{ВТВ} V_0$	кДж/кг	$1,318 \cdot 10 \cdot 10,62 = 140$
7	Потеря тепла с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{УХ} - \alpha_{УХ} \cdot I_{ХВ}^0) \cdot 100}{Q_P^P}$	%	$\frac{2610 - 1,1 \cdot 140}{38998} \cdot 100 = 6,3$
8	Потеря тепла от механического недожога	q_4	Норм.м. (5-02)	%	0
1	2	3	4	5	6

9	Потеря тепла от хим-го недожога	q_3	----- // -----	%	0,5
10	Потеря тепла в окружающую среду	q_5	(5-01)	%	0,6
11	Сумма тепловых потерь	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$		$6,3+0,5+0+0,6=7,4$
12	Коэффициент полезного действия котлоагрегата	$\eta_{ка}$	$100 - \sum q$	%	$100-7,4=92,6$
13	Коэффициент сохранения тепла	φ	$1 - q_5/100$	---	$1-0,6/100=0,994$
14	Энтальпия воды на выходе	i''	Из таблицы Т.Д.	кДж/кг	633,5
15	Энтальпия питательной воды на входе (т-ра $t'=70^{\circ}\text{C}$)	i'	То же	кДж/кг	295
16	Расход воды	D	$\frac{Q}{i'' - i'} \cdot 1000$	т/ч	$\frac{116.3 \times 3600}{633.5 - 295} = 1236$
17	Расход топлива	B_p	$\frac{Q \cdot 100}{Q_p^p \cdot \eta_{ка}}$	кг/ч	$\frac{11630000 \cdot 3600}{38998 \cdot 92,6} = 11603$
18	Видимое тепловое напряжение топочного объема	Q/V	$\frac{B_p \cdot Q_H^p}{V}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3\text{ч}}$	$\frac{11603 \cdot 38799}{314} = 1433709$

2.2.2 Расчет теплообмена в топке

№	Расчетные величины	Обозн-е	Расчетная формула или способ определения	Разм-ть	Числовые величины
1	2	3	4	5	6
1	Объем топочной камеры	V_T	По констр-м харак-м	м^3	314

2	Полная лучевоспринимающая поверхность нагрева	$\xi_{Нл}$	То же	$м^2$	274
1	2	3	4	5	6
3	Условная степень экранирования топки	$\psi\xi$	--- // ---	--	$0,860,65=0,559$
4	Характер пламени	--	---	--	Светящееся
5	Полная поверхность стен топки	$F_{ст}$		$м^2$	424
6	Эффективная толщина излуч-го слоя пламени	S	$3,6 \frac{V_T}{F_{ст}}$	$м$	$3,6 \cdot 314/424=2,67$
7	Температура газов на выходе из топки	V_T''	Принимается с последующим уточнением	$^{\circ}C$	1222
8	То же	T_T''	$V_T''+273$	K	$1222+273=1495$
9	Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	Из табл. объемов газов	--	0,122
10	Суммарная объемная доля водяных паров и трехатомных газов.	$r_{п}$	То же	--	0,248
11	Суммарная поглощат-ая способность трехатомных газов и водяных паров.	$\rho_{п}S$	$Pr_n S (P=1 ат)$	--	$0,248 \cdot 2,67=0,66$
12	Коэффициент ослабления лучей	K_r	Номограмма 3	--	0,54
13	Сила поглощения топочной средой	kps	$k_r r_n s (P=1 ат)$	--	$0,54 \cdot 0,66=0,36$

14	Степень черноты несвет-ся газовой части пламени	a_{Γ}	Номограмма 2	--	0,3
15	Степень черноты светящейся части пламени	$a_{св}$	ЦКТИ. Уточненная методика теплового расчета, при $S \geq 2,5$ м	--	0,9
1	2	3	4	5	6
16	Коэффициент, зависящий от вида и способа сжигания топлива	m	То же	--	0,8
17	Степень черноты факела	a_{Φ}	$a_{\Phi} = m a_{св} + (1 - m) a_{\Gamma}$	--	$0,8 \cdot 0,9 + (1 - 0,8)0,3 = 0,78$
18	Степень черноты топки	a_{Γ}	$\frac{a_{\Phi}}{a_{\Phi} + (1 - a_{\Phi})\psi\xi}$	--	$\frac{0,78}{0,78 + (1 - 0,78) \cdot 0,559} = 0,86$
19	Относительное местоположение максимума температуры	X	Ут.мет-ка тепл-го расчета	--	0,3
20	Расчетный коэффициент	M	То же		$0,54 - 0,2 \cdot 0,3 = 0,48$
21	Коэффициент избытка воздуха в топке	α_{Γ}	--	--	1,1
22	Температура воздуха, поступающего в топку	$t_{хв}$	Из исх.данных	$^{\circ}\text{C}$	10
23	Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_{в}$	$\alpha_{\Gamma} \cdot c_{в} \cdot t_{в} \cdot V_{о}$	кДж/кг	$1,1 \cdot 1,318 \cdot 10 \cdot 10,62 = 154$

24	Полезное тепловыделение в топке на 1 кг топлива	Q_T	$Q_P \frac{100 - q_3}{100} + Q_B$	кДж/кг	$38998 \frac{100 - 0,5}{100} + 154 = 38957$
25	Теоретическая температура сгорания топлива	ϑ_a	По табл. теплосод.	$^{\circ}\text{C}$	1952
26	Температура газов на выходе из топки	ϑ_T''	$\frac{T_a}{M \left(\frac{4,9 \xi_{Нл} \cdot a_T \cdot T_a^3}{10^8 \varphi B_p V C_{CP}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{2225}{0,48 \left(\frac{4,9 \cdot 274 \cdot 0,86 \cdot 2225^3}{10^8 \cdot 0,993 \cdot 11603 \cdot 4,85} \right)^{0,6} + 1} - 273 = 1222$
1	2	3	4	5	6
27	Коэффициент сохранения тепла	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta_{KA} + q_5}$	--	$1 - \frac{0,6}{92,6 + 0,6} = 0,993$
28	Средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания	VC_{cp}	$\frac{Q_T - I_T''}{\vartheta_a - \vartheta_T''}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$	$\frac{38957 - 24109}{1952 - 1222} = 20,3$
29	Энтальпия газов на выходе из топки	I_T''	По I-й таблице	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	24109
30	Тепло, переданное излучением в топке	$Q_{л}$	$\varphi (Q_T - I_T'')$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	$0,993 \cdot (38957 - 24109) = 14744$

2.2.3 Расчет фестона

№	Расчетные величины	Обозн-е	Расчетная формула или способ определения	Разм-ть	Числовые величины
1	2	3	4	5	6
1	Полная поверхность нагрева фестона	H_{Φ}	По констр-м харак-м	m^2	28,6
2	Лучевоспринимающая поверхность пучка фестона	$H_{л}$	То же	m^2	6,6
3	Диаметр труб	$d \times S$	По констр-м харак-м	--	57×5
1	2	3	4	5	6
4	Относит-ый поперечный шаг	S_1/d	То же	--	$225/57=3,95$
5	Относит-ый продольный шаг	S_2/d	То же	--	$120/57=2,1$
6	Число рядов труб по ходу газов	Z	--- // ---	--	4
7	Живое сечение для прохода газов	F	--- // ---	m^2	9,06
1	2	3	4	5	6
8	Эффективная толщина излучающего слоя газов	S	--- // ---	m	0,472
9	Расчетная поверхность нагрева фестона	H_p	$H_{\Phi} - H_{л}$	m^2	22
10	Температура газов перед фестонем	g'	Из расчета топки	$^{\circ}C$	1222
11	Энтальпия газов	G_T	--- // ---	кДж/кг	24109
12	Температура газов за фестонем	g''	Принимается с послед-им уточнением	$^{\circ}C$	1183

13	Энтальпия газов за фестоном	I''	По табл. тепл-ий	кДж/кг	23257
14	Тепловосприятие газохода фестона (по балансу)	Q_6	$\varphi (I'-I'')$	кДж/кг	$0,993(24109-23257)=$ $= 846$
15	Средняя температура воды	t_{cp}	$(t'+t'')/2$	$^{\circ}C$	$0,5(70+150)=110$
16	Средняя температура газов	ϑ	$(\vartheta'+\vartheta'')/2$	$^{\circ}C$	$0,5(1222+1183)=1202$
17	Средний температурный напор	Δt	$\vartheta - t_{cp}$	$^{\circ}C$	$1202-110=1092$
18	Объем газов на 1 кг топлива (при $\alpha=1,1$)	V_r	По табл. объемов газов	$м^3/кг$	12,56
19	Объемная доля H_2O	r_{H_2O}	То же	--	0,122
20	Суммарная объемная доля трехатомных газов и водяных паров	r_n	То же	--	0,248
21	Средняя скорость газов	ω	$\frac{B_p}{3600} \cdot \frac{V_r}{F} \cdot \frac{\vartheta+273}{273}$	$\frac{м}{сек}$	$\frac{11603 \cdot 12,56 \cdot (1202+273)}{3600 \cdot 9,06 \cdot 273} = 24,2$
1	2	3	4	5	6
22	Коеф. теплоотдачи конвекцией	α_k	По ном-ме 12 $\alpha_n C_z C_s C_\phi$	$\frac{Вт}{м^2 \cdot ^{\circ}C}$	103
23	Коеф. загрязнения	ε	По п. 7-49 рис 7-9 (Н.м.)	$\frac{м^2 \cdot ^{\circ}C}{Вт}$	0,005
24	Суммарная поглощательная способность газов	$P_n S$	$Pr_n S (P=1 ат)$	--	$0,248 \cdot 0,472=0,117$
25	Коеф. ослабления лучей газами	K_r	По номограмме 3	--	1,05

26	Сила поглощения запыленного потока	kps	$K_r \text{ pr}_{\text{пс}} (P=1 \text{ ат})$	--	$1,05 \cdot 0,117 = 0,123$
27	Температура загрязнения стенки трубы	t_3	$t_{\text{cp}} + \frac{Q_B \cdot B_P}{H_P} \cdot \varepsilon$	$^{\circ}\text{C}$	$110 + \frac{846 \cdot 11603}{22} \cdot 0,005 \cdot \frac{1000}{3600} = 730$
28	Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_{\text{л}}$	Номограмма 19 $a \cdot C_z \alpha_{\text{л}}^H$	$\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	63,3
29	Коэффициент теплопередачи	k	$\frac{\alpha_K + \alpha_{\text{л}}}{1 + \varepsilon(\alpha_K + \alpha_{\text{л}})}$	$\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	$\frac{103 + 63,3}{1 + 0,005 \cdot (103 + 63,3)} = 90,7$
30	Тепловосприятие фестона	Q_T^{ϕ}	$\frac{k H_P \Delta t}{B_P}$	кДж/кг	$\frac{90,7 \cdot 22 \cdot 1092}{11603} \cdot 3,6 = 836$
31	Разница в тепловосприятии по балансу и уравнению теплопередачи	--	$\frac{Q_T^{\phi} - Q_{\phi}^{\phi}}{Q_{\phi}^{\phi}} \cdot 100$	%	$\frac{836 - 846}{846} \cdot 100 = 1,1$, что не превышает допустимых 5% для фестона

2.2.4 Расчет поворотной камеры

№	Расчетные величины	Обозн-е	Расчетная формула или способ определения	Разм-ть	Числовые величины
1	2	3	4	5	6
1	Лучевоспринимающая поверхность поворотной камеры	$H_{\text{л}}$	По констр-м харам-м	м^2	49,3

2	Эффект-ая толщина излучающего слоя	S	То же	м	1,44
3	Расчетный расход топлива	B_p	Из теплового баланса	кг/ч	11603
4	Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	По табл. об. газов	--	0,122
5	Объемная доля трехатомных газов	$r_{п}$	По табл. об. газов	--	0,248
6	Температура газов на входе	g'	Из расчета фестона	$^{\circ}C$	1183
7	Энтальпия газов на входе	I'	То же	кДж/кг	23257
8	Ср. температура воды	t_{cp}	--- // ---	$^{\circ}C$	$0,5(70+150)=110$
9	Теплов-е поверхности нагрева	Q_B	Принимается предварительно	кДж/кг	846
10	Коэффициент загрязнения	ε	Пункт 7.49	$\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{Bm}$	0,009
11	Температура загрязненной поверхности труб	t_3	$t_{cp} + \frac{B_p \cdot Q_B \cdot \varepsilon}{H_{л}}$	$^{\circ}C$	$110 + \frac{11603 \cdot 846}{49,3} \cdot 0,009 \cdot \frac{1000}{3600} = 607$
12	Суммарная поглощательная способность газов	$P_{пS}$	$Pr_{пS} (p=1 \text{ атм})$	--	$0,248 \cdot 1,44=0,357$
13	Коэф. ослабления лучей газами	k_r	По номогр. 3	--	0,75
14	Сила поглощения запыленного потока	k_{ps}	$k_r pr_{пS} (p=1 \text{ атм})$	--	$0,75 \cdot 0,357=0,268$
1	2	3	4	5	6
15	Степень черноты	a	По номогр. 2	--	0,25
16	Коэф. теплоотдачи излучением	$\alpha_{л}$	Ном-ма 19 аС _z $\alpha_{л}$	$\frac{Bm}{m^2 \cdot ^{\circ}C}$	87

17	Тепловосприятие поверхности нагрева	Q_L	$\frac{\alpha_L (\vartheta' - t_3) H_L}{B_P}$	кДж/кг	$\frac{87(1183 - 607)49,3}{11603} \cdot 3,6 = 817$
18	Расхождение с принятым ранее значением	--	$\frac{Q_L - Q_B}{Q_B} \cdot 100$	%	$\frac{817 - 846}{846} \cdot 100 = -3,4$
19	Энтальпия газов после поворотной камеры	I''	$I' - \frac{Q_B}{\varphi} + \Delta \alpha_{XB}^0$	кДж/кг	$23257 - \frac{846}{0,993} + 2 = 22403$
20	Температура газов после поворотной камеры	ϑ''	По I- ϑ таблице	$^{\circ}\text{C}$	1142

2.2.5 Расчет конвективной части котла

№	Расчетные величины	Обозн-е	Расчетная формула или способ определения	Разм-ть	Числовые величины
1	2	3	4	5	6
1	Диаметр труб	d×S	По констр-м харак-м.	--	38×4
2	Расположение труб	--	То же	--	Шахматное
3	Суммарная поверхность нагрева	H	$H_I + H_{II} + H_{III} + H_{IV}$	м^2	3210
4	Живое сечение для прохода газов	F	по констр. харак-ам	м^2	12
5	Число рядов по ходу часов	Z	То же	--	52
6	Эф. Толщина излуч-го слоя	S	То же	м	0,089
1	2	3	4	5	6
7	Расчетный расход топлива	B_P	Из теплового баланса	кг/ч	11603

8	Средний объем газов	V_r	Из расч. прод. сгорания	m^3/kg	13,0
9	Объемная доля трехатомных газов	$r_{п}$	То же	--	0,239
10	Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	То же	--	0,118
11	Температура газов перед поверхностью	g'	Из расчета поворотной камеры	$^{\circ}C$	1142
12	Энтальпия газов перед поверхностью	I'	То же	кДж/кг	22413
13	Тепло присосанного воздуха	$I_{пр}$		кДж/кг	20,1
14	Температура газов за поверхностью	g''	Принята предварительно	$^{\circ}C$	156
15	Энтальпия газов за поверхностью	I''	По I-9 таблице	кДж/кг	2716,8
16	Тепловосприятие по балансу	Q_6	$\varphi(I' - I'' + I_{пр})$	кДж/кг	$0,993(22413 - 2716,8 + 20,1) = 19578$
17	Температура воды на входе	t'	--	$^{\circ}C$	106
18	Температура воды на выходе	t''	--	$^{\circ}C$	148
19	Большой температурный напор	Δt_6	$g' - t'$	$^{\circ}C$	$1142 - 106 = 1036$
20	Наименьший температурный напор	Δt_m	$g'' - t''$	$^{\circ}C$	$156 - 148 = 8$
21	Средний температурный напор	Δt	$\frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}$	$^{\circ}C$	$\frac{1036 - 8}{2,3lg \frac{1036}{8}} = 365$

1	2	3	4	5	6
22	Средняя температура газов	ϑ_{cp}	$0,5(\vartheta' - \vartheta'')$	$^{\circ}\text{C}$	$0,5(1142+156)=649$
23	Секундный расход газов	V_{Γ}^{CEK}	$\frac{V_{\Gamma} Bp(\vartheta_{cp} + 273)}{3600 \cdot 273}$	$\text{м}^3/\text{сек}$	$\frac{13 \cdot 11603(649 + 273)}{3600 \cdot 273} = 141,5$
24	Средняя скорость газов	ω_{Γ}	V_{Γ}^{CEK} / F	$\text{м}/\text{сек}$	$141,5/12=11,8$
25	Коэффициент теплоотдачи конвекцией	α_k	По ном-ме 12 $\alpha_H \cdot C_{\Phi} \cdot C_s \cdot C_z$	$\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$	114,8
26	Тепловое напряжение поверхности нагрева	q	$\frac{B_p \cdot Q_B}{H}$	$\text{Вт}/\text{м}^2$	$\frac{11603 \cdot 19578}{3210} \cdot \frac{1000}{3600} = 19658$
27	Коэф. загрязнения	ε	--	$\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$	0,011
28	Температура наружных загрязнений стенки	t_3	$t + \varepsilon q$	$^{\circ}\text{C}$	$110 + 0,011 \cdot 19658 = 326$
29	Суммарная поглащательная способность газов	$P_{\Gamma S}$	$Pr_{\Gamma S} (p=1 \text{ ат})$	--	$0,239 \cdot 0,089 = 0,0213$
30	Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_{Γ}	Номограмма 3	--	5,9
31	Суммарная сила поглощения потока	k_{ps}	$k_{\Gamma} pr_{\Gamma S} (p=1 \text{ ат})$		$5,9 \cdot 0,0213 = 0,1256$

32	Степень черноты газов	a	По номограмме 2	--	0,125
1	2	3	4	5	6
33	Коэффициент теплоотдачи излучением	α_L	По номограмме 19 α_L на C_T	$\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	13,64
34	Коэф. теплопередачи от газов к воде	k	$\frac{\alpha_K + \alpha_L}{1 + \varepsilon(\alpha_K + \alpha_L)}$	Вт/м ²	$\frac{114,8 + 13,64}{1 + 0,011(114,8 + 13,64)} = 53$
35	Тепловосприятие поверхности по уравнению теплопередачи	Q_T	$\frac{kH\Delta t}{B_p}$	кДж/кг	$\frac{53 \cdot 3210 \cdot 365}{11603} \cdot 3,6 = 19267$
36	Расхождение с принятым ранее значением	--	$\frac{Q_T - Q_B}{Q_B} \cdot 100$	%	$\frac{19267 - 19578}{19578} \cdot 100 = -1,5$

2.2.6 Определение невязки теплового баланса

№	Расчетные величины	Обозн-е	Расчетная формула или способ определения	Разм-ть	Числовые величины
1	2	3	4	5	6
1	Полезно используемое тепло от располагаемого тепла	Q''	$Q_P^P \cdot \eta_{КА} \cdot 0,01$	ккал/м ³	$38998 \cdot 92,6 \cdot 0,01 = 36112$
2	Полезно используемое тепло по отдельным элементам КА:				

	В топке	Q_T	Из расчета топки	кДж/м ³	14744
	В фестоне	Q_B	Из расчета фестона	кДж/м ³	836
	В поворотной камере	Q_B	Из расчета поворотной камеры	кДж/м ³	846
	В конвективной части	Q_B	Из расчета конвективной части	кДж/м ³	19578
1	2	3	4	5	6
3	Сумма полезного используемого тепла по отдельным элементам котлоагрегата	Q	$\sum Q$	кДж/м ³	36004
4	Расчетная невязка теплового баланса котлоагрегата	ΔQ	$Q'' - Q \frac{100 - q_4}{100}$	кДж/м ³	36112-36004=108
5	Относительная невязка теплового баланса К.А.	--	$\frac{\Delta Q}{Q_P} \cdot 100$	%	$\frac{108}{38998} \cdot 100 = 0,3$

3.1 Анализ Ново-Западной Котельной.

Западный Тепловой Комплекс (ЗТК) в составе Западной районной котельной (ЗРК) и Ново-Западной котельной (НЗК) компании АЛЭС, расположен в Ауэзовском районе г.Алматы в западной части города и предназначен для покрытия тепловых нагрузок теплоснабжения западного жилого сектора г.Алматы, а также промышленных предприятий, расположенных рядом с НЗК.

Промышленная площадка НЗК находится в окружении промышленных предприятий, в связи с этим котельная не имеет санитарной защитной зоны. Ближайшие жилые объекты расположены на расстоянии 400 м к западу от НЗК (микрорайоны Аксай № 1.№ 2).

Ближайший городской стационарный пост наблюдения №5 расположен в микрорайоне № 2.

Площадь территории котельной - 4,4 га. Въезд на территорию котельной предусмотрен со стороны улицы Толе би № 308 .

Генплан решен с расширенным учетом технологических требований, действующих строительных норм и правил.

Установленная максимальная тепловая мощность НЗК составляет 400 Гкал/час.

Основное топливо – мазут марки М-100,М-40. резервное топливо– природный газ. Мазут транспортируется на котельную автомобильным транспортом. Газоснабжение осуществляется по магистральному газопроводу от ГРП к водогрейным котлам.

Водогрейные котлы НЗК работают в отопительный период, с октября по апрель месяц.

Режим работы котельной НЗК круглосуточный, в четыре смены.

Основным видом продукции НЗК является горячая вода для теплоснабжения жилых районов.

На промышленной площадке НЗК находятся:

1 - Котельная;

2 - Мазутное хозяйство;

3 - Электроцех;

4 - Сооружения тепловых сетей;

5- Вспомогательные производственные участки и площадки для обеспечения производственной деятельности предприятия.

Для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда, защиты от действия ветров и снега проектом предусмотрено защитное озеленение в виде рядовой посадки местных видов пород деревьев.

Для пропуска людских потоков, направляющихся к производственным зданиям, запроектированы тротуары с асфальтобетонным покрытием. Для индивидуального транспорта на территории предусмотрена стоянка для автомашин.

Сеть автодорог запроектирована с учетом внешних и внутренних перевозок, противопожарных нормативов требований и обеспечения необходимой связи между зданиями и сооружениями. Ширина проезжей части дорог принята 4,5 м, покрытие асфальтовое с обрамлением бортовым бетонированным камнем.

Инженерные сети решены на площадке согласно технических условий.

От котельной до насосной по территории запроектирована эстакада технологических трубопроводов, от насосной на опорах проходит теплотрасса, от мазутонасосной до котельной проходит паромазутограсса.

Сети водопровода, канализация, технологические каналы запроектированы подземными нормативами.

Пожаротушение стационарное. На площадке запроектированы два резервуара для хранения пожарного запаса воды.

В основное производство НЗК включены котельные, водонасосные мазутное хозяйство, электрический цех, сооружения для тепловых сетей.

Горячая вода для нужд теплоснабжения производится в четырех водогрейных котлах. На Ново-Западной котельной установлены 4 Газо-

мазутных Водогрейных Котла типа КВГМ-100-150с тепловой мощностью 100 Гкал/час каждый. Работают котлы в отопительный холодный период преимущественно на мазуте.

Сооружения газоочистительного котлы не имеют. С целью снижения выбросов оксидов азота на водогрейных котлах №1,№2 смонтированы системы ступенчатой подачи воздуха в топку.

Дымовые газы от котлов выбрасываются через одну дымовую трубу. Высота дымовой трубы $H=96$ м, диаметром $d=4,8$ м, двухствольная. К трубе подключены 4 водогрейных котла.

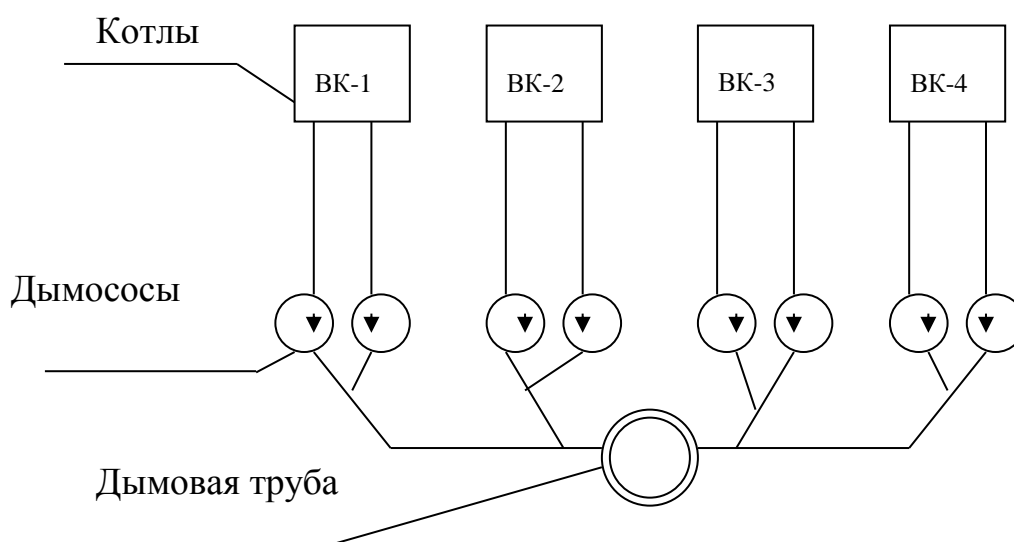


Рисунок. 4.1. Основные источники выделения загрязняющих веществ на НЗК.

Высота дымовой трубы рассчитана из необходимости поддержания допустимых концентраций вредных выбросов в приземном слое в соответствии с «Указаниями по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий».

В здании спроектирован пожарный трубопровод. Расход воды для внутреннего пожаротушения составляет 6,6 л/сек. Расход воды на наружное пожаротушение определяется по зданию котельной, объем которого

составляет 22,4 тыс.м³, степень огнестойкости II, категория производства Д.

Расход воды при наружном пожаротушении 10 л/сек.

Расчетное количество одновременных пожаров два.

Согласно техусловий, для наружного пожаротушения предусматриваются емкости, в которых хранится противопожарный запас воды.

Для пожаротушения предусматривается насосная установка, расположенная в здании котельной, оборудованная насосами К – 20/18.

Включение пожарных насосов производится дистанционно от кнопок у пожарных кранов.

Пожаротушение производится собственными силами при поддержке пожарной охраны НЗК и Ауэзовского района города Алматы .

Газообразные продукты сжигания мазута и газа, выбрасываемые через дымовую трубу, содержат ядовитые вредные загрязняющие вещества:

1-Азота оксид,

2-Азота диоксид,

3-Серы диоксид,

4-Углерода диоксид,

5-Зола мазутная (в пересчете на ванадий),

6-Бенз(а)пирен.

Во время растопки котлов возникают залповые вредные выбросы оксида углерода.

Выбросы дымовой трубы является основным источником загрязнения атмосферы продуктами сгорания топлива.

Выбросы через дымовую трубу составляют все организованные ядовитые выбросы котельной. Газоочистного оборудования котельная не имеет. Поэтому, все образовавшиеся в процессе горения мазута в топке вредные вещества выбрасываются в атмосферу. На котлах работают установки газо-импульсной очистки (ГИУ), которые включаются два раза в сутки на 20 минут, создавая залповые выбросы твердых частиц (пятиоксида ванадия).

Основным топливом является мазут, буферным – природный газ.

В 2014 г. было сожжено мазута 88 %, газа 12 %.

Перечень вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу из дымовых труб котельных с указанием кода, класса опасности и максимально-разовой допустимой концентрации (ПДК) загрязняющего вещества представлены в таблице 4.1 [2]:

Таблица 4.1

Наименование вещества	Код вещества	ПДК _{М.Р.} , мг/м ³	Класс опасности
Азота диоксид NO ₂	0,301	0,085	2
Азота оксид NO	0,304	0,4	3
Серы диоксид SO ₂	0,330	0,5	3
Мазутная зола (в пересчете на ванадий)	2904	0,002	2
Углерода оксид CO	0,337	5,0	4

Эффектом вредной суммации обладают:

диоксиды азота и серы, а также оксид азота, мазутная зола.

Кроме организованных выбросов, на ЗТК имеются неорганизованные выбросы от стационарных источников (мазутное хозяйство и др.) и передвижных транспортных средств, доля которых составляет ~ 1 %. Их воздействие практически ограничивается территорией НЗК и не оказывает влияния на городской фон.

Фоновое загрязнение в районе предприятия (в долях ПДК) составляет: пыль – 0,5; азота диоксид – 1,32; углерода оксид – 0,975; сернистый ангидрид – 0,069.

Вывод., фоновое загрязнение по диоксиду серы не превышает предельно допустимых значений, по оксиду углерода достигает значения ПДК, по диоксиду азота превышает ПДК.

Максимальная разовая концентрация вредных веществ на прилегающей территории в долях ПДК, собственный вклад предприятия представлена в таблице 4.2[2]:

Таблица 4.2

Наименование вещества	Приземные концентрации в долях ПДК	
	Существующее положение	Перспектива
Азота диоксид NO ₂	0,65	0,38
Углерода оксид CO	0,008	0,006
Сернистый ангидрид SO ₂	0,38	–
Мазутная зола	0,08	–
Суммация NO ₂ + SO ₂	1,03	–
Суммация NO ₂ +CO+SO ₂ +мазутная зола	1,13	–

Мазутное хозяйство НЗК состоит из 3-х наземных резервуаров, мазутослива для приемки мазута и мазутную насосную.

На пром-площадке НЗК имеется открытая нефтеловушка для улавливания мазута из промышленных стоков.

Мазутное хозяйство является источником выделения в атмосферу углеводородов. Для удаления пролитого мазута при приеме мазута на мазутосливах применяется песок. Песок хранится в открытых местах насыпью рядом с пунктами приема мазута и служит источником выделения пыли в атмосферу.

На НЗК используется автотранспорт.

На территории ЗТК расположены производственные участки других юридических предприятий, которые выполняют ремонтные работы на котельной.

Производство ремонтных работ является источником неорганизованных выбросов в атмосферу.

От источников неорганизованных выбросов в атмосферу выделяются вредные вещества:

1-Углеводороды от пунктов слива мазута, нефтеловушек, мазутной насосной, склада ГСМ;

2-Вещества, выделяемые при выполнении электросварочных и газосварочных работ;

3-Пыль неорганическая при работе заточных станков;

4-Пыль от сыпучих материалов, используемых при проведении ремонтных и монтажных работ;

5-Пыление песка, хранящегося на открытых площадках около пунктов слива мазута;

Количественные и качественные характеристики выбросов вредных веществ в атмосферу определены на основании результатов инструментальных замеров на стационарных источниках выбросов и расчетным путем по утвержденным методикам.

В атмосферу выделяется 14 наименований загрязняющих веществ и 2 группы суммаций. Величина валовых выбросов, определенная материалами инвентаризации 2013 года составляет:

По НЗК – 861.387 т/год, в том числе:

- От дымовых труб – 851.509 т;

- От прочих источников – 9.878т.

Валовые выбросы вредных веществ в атмосферу через дымовые трубы составляет для НЗК – 98,85% от общего количества.

3.2 Анализ условий труда в котельном цехе и разработка плана мероприятий по охране труда

Для защиты обслуживающего персонала от попадания под опасное для жизни напряжение предусматривается защитное заземление и зануление, в качестве заземлителей используются:

1- Искусственный контур заземления у трансформаторных подстанций.

2- Естественное заземление (трубопроводы, металлоконструкции, и др.).
В качестве зануляющих проводников используются четвертые жилы и трубы электропроводок.

Напряжение 380/220 в с глухо-заземленной нейтралью.

3.2.1 Микроклимат. На рабочих котельного цеха оказывают влияние следующие параметры:

- 1 Температура воздуха в помещении, °С;
- 2 Относительная влажность воздуха, %;
- 3 Подвижность воздуха, м/с;
- 4 Тепловое излучение, Вт/м².

Эти параметры отдельно и в комплексе влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Меры защиты от теплового излучения, которые имеют особое значение в котельном цехе, можно разделить на следующие четыре группы:

1. Устраняющие источник тепловыделений;
2. Защищающие от теплового излучения;
3. Облегчающие теплоотдачу тела человека;
4. Меры индивидуальной защиты.

Борьба с неблагоприятным влиянием производственного микроклимата осуществляется с использованием технологических (замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования, автоматизация и механизация процессов, дистанционное управление), санитарно-технических (средства локализации тепловыделений и теплоизоляции) и медико-профилактических мероприятий.

Эффективными средствами снижения тепловыделений являются:

- покрытие нагреваемых поверхностей теплоизоляционными материалами;
- герметизация оборудования;
- применение отражательных, теплопоглощающих и теплоотводящих экранов;
- устройство вентиляционных систем;
- использование индивидуальных средств защиты;

3.2.2 Вредные вещества в воздухе рабочей зоны. Защита от вредных газо-, паро- и пылевывделений предусматривает устройство местной вытяжной вентиляции для отсоса ядовитых веществ непосредственно от мест их образования.

В дополнение к общим защитным средствам применяются индивидуальные средства защиты. При работе с ядовитыми и загрязненными веществами пользуются спецодеждой –комбинезонами, халатами, фартуками и пр. Для защиты от щелочей и кислот – резиновой обувью и перчатками. Для защиты кожи рук, лица, шеи применяют защитные пасты: антитоксические, маслоустойчивые, водоустойчивые. Глаза от возможных ожогов и раздражений защищают очками с герметичной оправой, масками и шлемами.

Дыхательные органы защищают фильтрующими и изолирующими приборами (респираторы, противогазы).

3.2.3 Вибрация. Одним из эффективных средств защиты от вибрации рабочих мест, оборудования и строительных конструкций является виброизоляция, представляющая собой упругие элементы, размещенные между вибрирующей машиной и основанием. Амортизаторы вибрации изготовляют обычно из стальных пружин или резиновых прокладок. Пружинные амортизаторы применяют для виброизоляции насосов, дробилок, электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания. Виброизолирующая поверхность резиновых амортизаторов меньше, чем пружинных, но они характеризуются большим внутренним трением, что способствует уменьшению времени затухания свободных колебаний системы.

Для уменьшения вибрации кожухов, ограждений и других деталей, выполненных из стальных листов, применяют вибропоглощение – нанесение на вибрирующую поверхность резины, пластика, вибропоглощающих мастик, которые рассеивают энергию колебаний. Применением вибропоглощающих покрытий достигается также значительное снижение уровня производственного шума.

3.2.4 Освещение является одним из важнейших факторов, влияющих на безопасность ведения работ. Предусматривается три вида освещения:

1. Рабочее освещение – во всех помещениях.
2. Аварийное освещение – в основных производственных и административно-бытовых помещениях для обеспечения эвакуации людей.
3. Ремонтное освещение.

Величины освещенностей приняты на основании действующих норм искусственного освещения.

В котельном цехе имеет место локализованное освещение, которое предусмотрено при выполнении на участках цеха различных по характеру работ или при наличии затеняющего оборудования.

Во время ремонта внутри топки котла применяются светильники общего освещения с лампами накаливания на напряжение до 36 В. На ремонтных площадках располагают светильники на высоте не менее 2,5 м над рабочими местами.

При недостаточном освещении в котельном цехе используется прожектор на напряжение 220 В, который устанавливается вне топки котла в недоступном для рабочих месте.

Недостаточное освещение производственных помещений приводит к ухудшению внимания, что может стать причиной травматизма и возникновения такого профессионального заболевания, как рабочая миопия (близорукость).

В котельном цехе могут применяться следующие виды освещения: 1 естественное, 2 искусственное и совмещенное. Естественное освещение осуществляется через окна (боковое освещение), световые фонари (верхнее освещение) или одновременно через фонари и окна (комбинированное). При совмещенном освещении недостаточное естественное освещение дополняется искусственным. Искусственное освещение может быть общим и местным. При общем освещении светильники располагаются в верхней зоне и обеспечивают равномерную освещенность рабочего помещения.

Комбинированное освещение создается добавлением к общему местного освещения, когда световой поток концентрируется на рабочем месте.

Расчет системы освещения сводится к выбору вида освещения, определения типа и числа светильников.

Правильно спроектированное и организованное освещение производственного помещения способствует повышению производительности и комфортности труда, сохранению здоровья и снижению несчастных случаев на производстве.

3.2.5 Шум. Основные мероприятия по борьбе с шумом – это технические мероприятия, которые проводятся по трем главным направлениям:

- 1-устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- 2-ослабление шума на путях передачи;
- 3-непосредственная защита работающих в цехе.

Создаваемые технологическим оборудованием шумы могут возникать при различных процессах: механических (соударения, вибрации, трение), аэродинамических (нестационарные процессы в газах, при истечении сжатого воздуха или газа, при горении жидкого или распыленного топлива в форсунках и др.), гидродинамических (истечение жидкости) и электромагнитных (переменные магнитные поля в электрооборудовании).

Одним из методов уменьшения шума на объектах энергетического производства является снижение или ослабление шума в его источниках.

Значительный эффект снижения шума от оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм от рабочего места или зоны обслуживания машины.

Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня значительно улучшает условия труда.

4.2.6 Вентиляция предназначена для поддержания требуемых параметров воздуха рабочей зоны. В главном корпусе котельной существует

естественная приточно-вытяжная вентиляция, в ДП предусматривается кондиционирование воздуха.

В кабинах, на пультах и постах должна поддерживаться оптимальная температура воздуха $+22 - +24^{\circ}\text{C}$, относительная влажность $40 - 60 \%$ и скорость движения не более $0,1 \text{ м/с}$.

Температура, влажность и скорость выпуска воздуха из воздухораспределителей в котельном цехе определяется с учетом того, что при наименьших объемах притока и наименьшем числе воздухораспределителей в рабочей зоне обеспечены нормируемые метеорологические условия. Температура воздуха, выходящего из воздухораспределителя принимается не более 45°C и не менее 5°C . Подачу приточного воздуха в котельный цех при естественной вентиляции предусматривают для теплого периода года на высоте не менее $0,3 \text{ м}$, но не выше $1,8 \text{ м}$, а для холодного периода – не менее 4 м от уровня пола или рабочей площадки до низа вентиляционных проемов.

3.3 Расчет искусственного освещения

Рассчитаем общее освещение теплового щита управления (ТЩУ) длиной 15 м , шириной 12 м , высотой 6 м , светлыми стенами с незавешенными окнами. Разряд зрительной работы- IV. Нормируемая освещенность $E = 200 \text{ лк}$ согласно [8], стр.6. Принимаем систему общего освещения люминесцентными лампами 2 группы ЛД мощностью 65 Вт , световой поток $\Phi_{\text{л}} = 3570 \text{ лм}$. (стр. 19 [8]).

Коэффициенты отражения:

Пола $\rho_{\text{пол}} = 30\%$,

Стен $\rho_{\text{ст}} = 50\%$,

Потолка $\rho_{\text{пот}} = 70\%$.

Расчетная высота подвеса – рабочая поверхность находится на высоте $1,2 \text{ м}$ от пола, высота свеса лампы – $0,5 \text{ м}$, следовательно, по формуле (1) из [8]:

$$h = H - (h_c + h_p) = 6 - (1,2 + 0,5) = 4,3 \text{ м.}, \quad (1)$$

где $H = 6 \text{ м}$ – высота помещения.

Наивыгоднейшее расстояние между светильниками определяется по формуле (2) из [8]:

$$Z = \lambda \times h = 1,4 \times 4,3 = 6,02 \text{ м.} \quad (2)$$

Расстояние от стены до ближайшего светильника:

$$l = 0,5 \times z = 0,5 \times 6,02 = 3,01 \text{ м.} \quad (3)$$

Принимаем два ряда светильников с расстоянием от стен 3 м, между рядами 6 м, число ламп - 28 шт.

Определяем индекс помещения по формуле (4):

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)} = \frac{15 \times 12}{4,3 \times (15 + 12)} = 1,6; \quad (4)$$

где $A = 15 \text{ м}$ – длина помещения;

$B = 12 \text{ м}$ – ширина помещения;

$h = 4,3 \text{ м}$ – расчетная высота.

Необходимый световой поток каждого светильника Φ определяется по формуле (5):

$$\Phi = \frac{E \times K_3 \times S \times Z}{N \times \eta} = \frac{200 \times 1,7 \times 180 \times 1,1}{14 \times 0,67} = 7177,0 \text{ лм.}, \quad (5)$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1 - 1,2$;

$E = 200 \text{ лк.}$ – заданная нормальная освещенность;

$K_3 = 1,7$ - коэффициент запаса по таблице 1.10 из [8];

$S = 180 \text{ м}^2$ – освещаемая площадь;

$N = 14$ – число светильников;

$\eta = 67\%$ - коэффициент использования по таблице 2,5 из [8].

При расчете люминесцентного освещения световой поток выбираемой лампы известен и определено количество ламп в ряду, определяем необходимое количество светильников по формуле (6) из [8]:

$$N = \frac{E \times K_3 \times S \times Z}{n \times \Phi_{л} \times \eta} = \frac{200 \times 1,7 \times 180 \times 1,1}{2 \times 3570 \times 0,67} = 14 \text{ светильников.} \quad (6)$$

где Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1 - 1,2$;

$E = 200 \text{ лк.}$ – заданная нормальная освещенность;

$K_3 = 1,7$ - коэффициент запаса по таблице 1.10 из [8];

$S = 180 \text{ м}^2$ – освещаемая площадь;

$n = 2$ – количество ламп в светильнике;

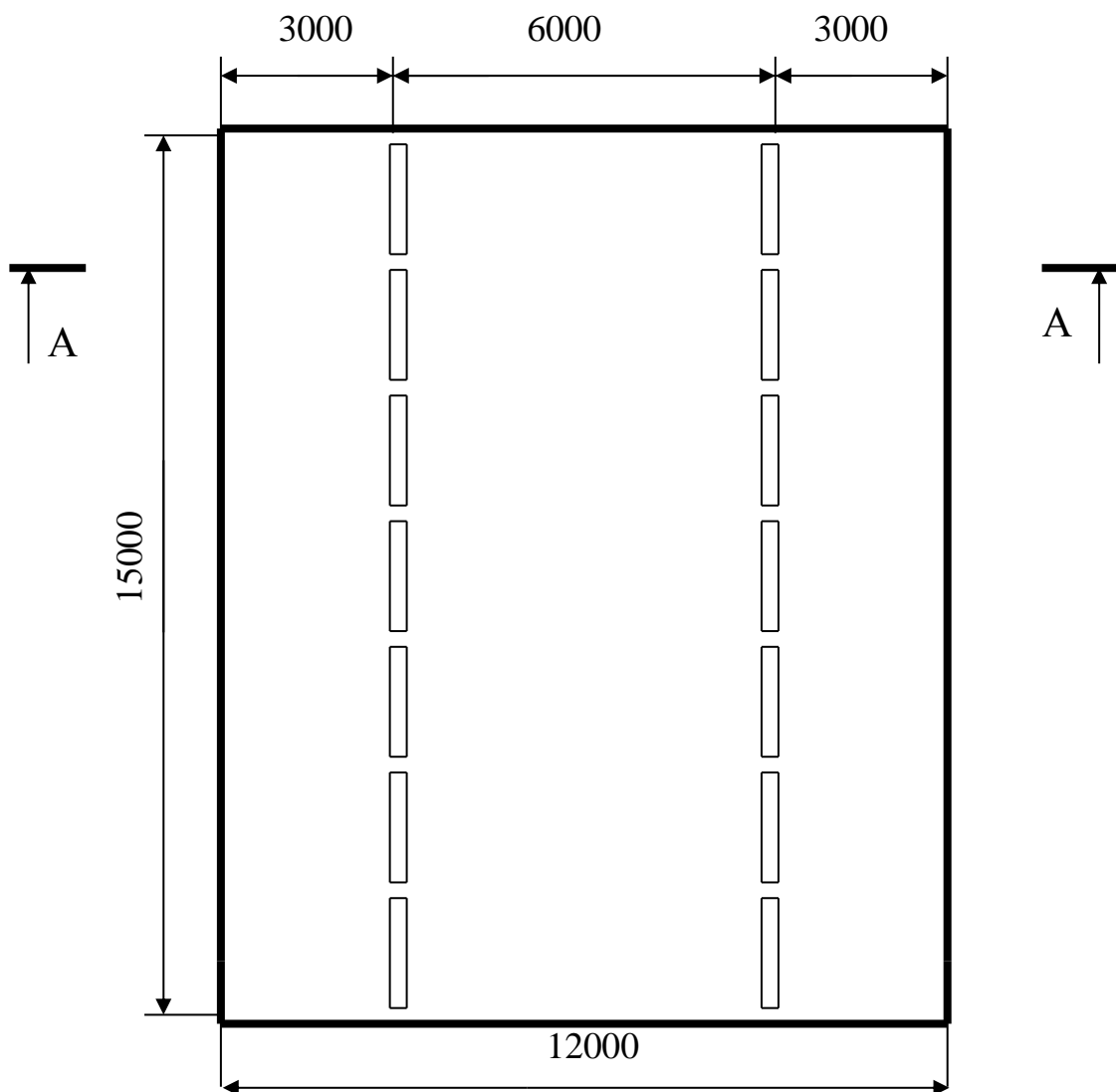
$\Phi_{\text{л}} = 3570 \text{ лм.}$ – световой поток выбранной лампы.

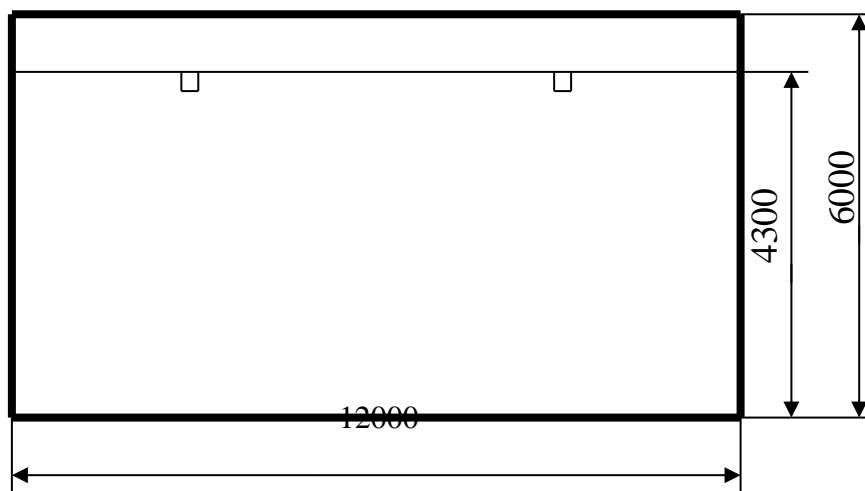
$\eta = 67\%$ - коэффициент использования по таблице 2,5 из [8];

Размещаем в один ряд семь светильников, учитывая, что длина светильников ряда получается близкой к длине помещения, ряд получается – сплошным.

Выбор сделан правильно, что подтвердил расчет. Значит, принимаем в системе общего помещения светильники с люминесцентными лампами, в количестве 28 штук, расстояние между рядами 6 метров.

Рисунок 2. Схема размещения светильников в помещении ТЦУ.





3.4 Тепло-влажностный баланс ТЩУ

Источниками тепловыделения являются:

- 1 люди, работающие в помещении
- 2 наружные внутренние ограждения
- 3 электрическое оборудование
- 4 электрические светильники и электронагревательные приборы и др.

Для протекания технологического процесса в ТЩУ (тепловой щит управления) размерами 15x12x6 (м), внутренним объемом $V=1080 \text{ м}^3$ необходимо постоянно поддерживать:

- а) В зимнее время – $t^3_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$; $\varphi^3_{\text{в}} = 45\%$; $J^3_{\text{в}} = 9,8 \text{ ккал/ч}$;
- б) В летнее время – $t^{\text{л}}_{\text{в}} = 24^\circ\text{C}$; $\varphi^{\text{л}}_{\text{в}} = 60\%$; $J^{\text{л}}_{\text{в}} = 14 \text{ ккал/ч}$.

Количество работающих в помещении ТЩУ – три человека.

Тепловыделение от оборудования примем 20 000 ккал/ч.

Принимаем расчетные параметры наружного воздуха для города Алматы согласно СНиП – 2.04.05 – 91:

- а) Для зимнего периода $t^3_{\text{н}} = -25^\circ\text{C}$; $J^3_{\text{в}} = 6,8 \text{ ккал/ч}$.
- б) Для летнего периода $t^{\text{л}}_{\text{н}} = 31,2^\circ\text{C}$; $J^{\text{л}}_{\text{в}} = 12,6 \text{ ккал/ч}$.

Теплый период:

- а) теплоступление от людей и осязаемое тепло при $t^{\text{л}}_{\text{г}} = 24^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{л}} = q \times n = 180 \times 3 = 540 \text{ ккал/ч}, \quad (7)$$

где $q=180$ ккал/ч – количество явного тепла, выделяемое одним человеком;

n – количество людей в помещении.

б) Поступление тепла через наружные и внутренние ограждения.

Так как тепловой щит управления находится в том же здании, что и котельный цех, то теплопоступления рассчитываются через внутренние ограждения:

$$Q_{\text{вн}} = k \times F \times (t_{\text{вн}} - t_{\text{пом}}) = 0.8 \times 72(29-24) = 288 \text{ ккал/ч}, \quad (8)$$

где $k = 0,8$ ккал/м²ч град. – коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций;

$F = 12 \times 6 = 72$ м² - площадь ограждения конструкции;

$t_{\text{вн}} = 29$ °С – температура помещения внутри котельного цеха;

$$Q_{\text{кр}} = k \times F \times (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}}) = 0.8 \times 180(31.2 - 24) = 1036,8 \text{ ккал/ч}, \quad (9)$$

где $t_{\text{нар}} = 31,2$ °С – наружная температура самого жаркого месяца;

$F = 15 \times 12 = 180$ м² - площадь кровли.

в) Влаговыведение от людей при $t_{\text{г}} = 24$ °С.

$$W_{\text{л}} = d \times n = 230 \times 3 = 0.69 \text{ кг/ч}, \quad (10)$$

где $d = 230$ г/ч – количество влаги, выделяемое одним человеком;

n – количество людей, работающих в помещении ТЦУ.

Теплосодержание водяного пара, выделяемого людьми составит:

$$Q_{\text{л}} = i \times W_{\text{л}} = 606 \times 0,69 = 419,52 \text{ ккал/ч}, \quad (11)$$

где $i = 606$ ккал/кг – энтальпия для водяного пара для $P_{\text{н}} = 4,0$ МПа;

$t_{\text{н}} = 143$ °С.

Следовательно, суммарные теплопоступления составят:

$$\sum Q = Q_{\text{л}} + Q_{\text{н}} + Q_{\text{кр}} + Q_{\text{вн}} = 540 + 288 + 1036,8 + 419,52 = 2284,32 \text{ ккал/ч}.$$

(12)

Холодный период:

а) теплопоступления от людей при $t_{\text{г}} = 20$ °С.

$$Q_3 = q \times n = 140 \times 3 = 420 \text{ ккал/ч,}$$

(13)

где $q = 140$ ккал/ч – количество тепла, выделяемое одним человеком;

$n = 3$ - количество людей в помещении.

Следовательно, суммарные теплопоступления составят:

$$\sum Q_3 = Q_3 + Q_{кр} = 420 + 1036,8 = 1476,8 \text{ ккал/ч.} \quad (14)$$

Расчет процессов тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере и определения потребного воздухообмена.

Теплый расчетный период.

Наносим на i-d диаграмму тепловой процесс с параметрами $t_6^n = 24^\circ \text{C}$,
 $\varphi = 60^\circ \text{C}$.

Принимаем максимально возможную разность температур $\Delta t = 24 - 21 = 3^\circ \text{C}$. Далее проводим луч до пересечения с изотермой и находим $d_{np}^n = 11$ г/кг, $Y_{np}^n = 13,4$ ккал/кг.

Определяем потребный воздухообмен:

$$G_{np} = \frac{Q_{изб}}{\Delta I} = \frac{5105,791}{14 - 13,4} = 8590,7 \text{ кг/ч.} \quad (15)$$

Переведем кг/ч в м^3 , при $t = 24^\circ \text{C}$, 1 м^3 воздуха весит $1,119$ кг, т.е. $i_{np} = 7300 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Кратность воздухообмена:

$$n = i_{np} / 3600 = 7300 / 3600 = 3 \quad (16)$$

3 – кратный обмен воздуха в час.

Количество наружного воздуха согласно СНиП принимается не менее 10 % всего подаваемого воздуха

$$G_n = 8590,7 \times 0,1 = 859 \text{ кг/ч,} \quad (17)$$

с $t_n = 31,2^\circ \text{C}$, $Y_n = 14$.

Количество воздуха возвращаемого из помещения на обработку составляет:

Схема кондиционирования ТЩУ НЗК

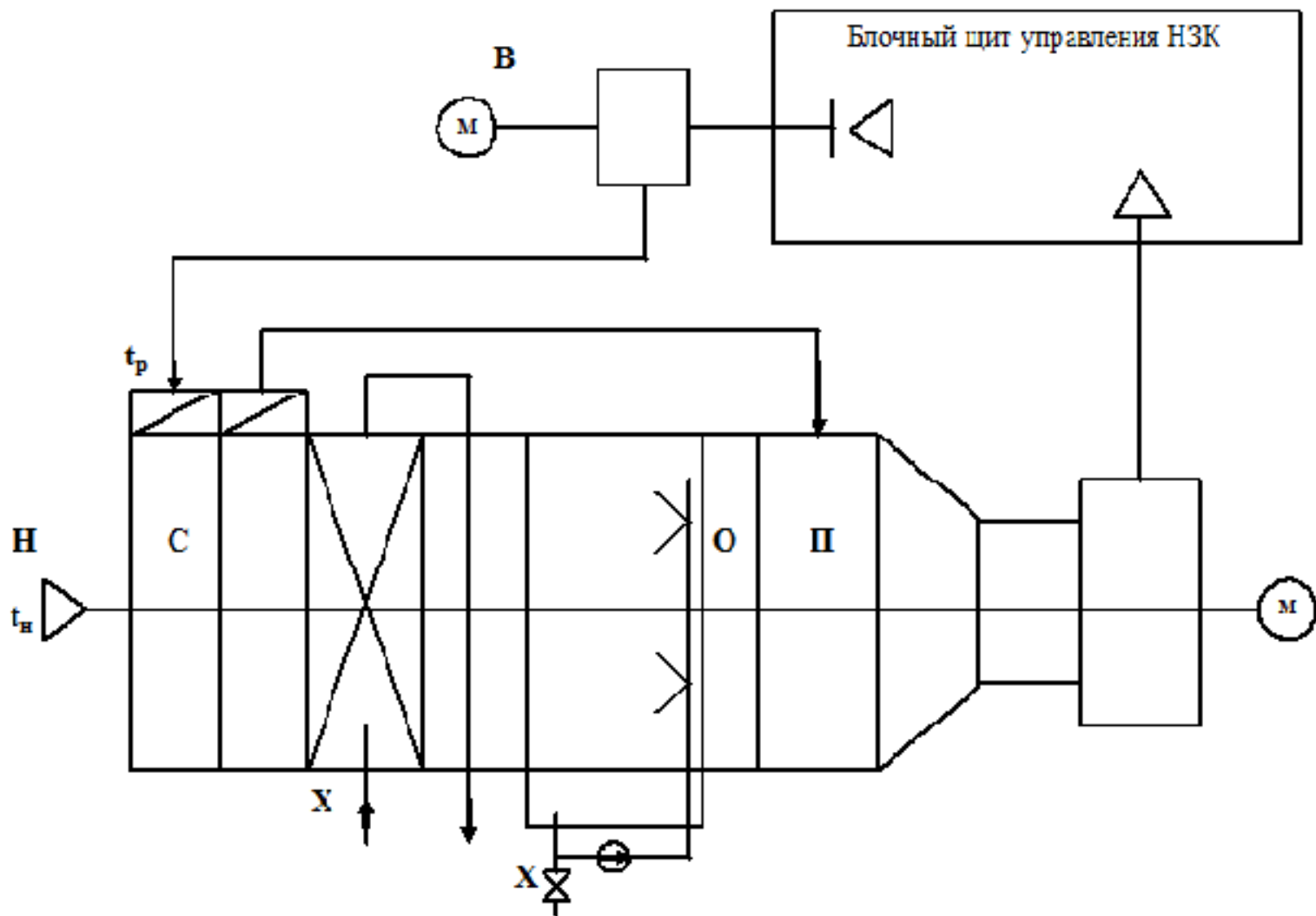


Таблица 3.2 - Источники выделения загрязняющих веществ НЗК

№ п.п.	Наименование производства, цеха, участка и т.д.	Наименование источника выделения загрязняющих веществ	Наименование выпускаемой продукции	Время работы источника выделения		Наименование загрязняющего вещества	Кол-во загрязняющего вещества отходящего от источника выделения, т/год
				ч/сут	ч/год		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Котельный цех НЗК	КВГМ- 100	Теплоэнергия	24	569	Диоксид серы Диоксид азота Оксид азота Оксид углерода Оксид ванадия	618,926 142,417 23,143 61,956 5,067
		КВГМ- 100		24	2511		
		КВГМ- 100		24	1929		
		КВГМ- 100		24	2653		
2	Мазутное хозяйство	Резервуар для приема мазута	Прием мазута	24	8760	Бензин (нефтяной малосернистый в пересчете на СН)	0,093
		Резервуар для хранения мазута	Хранение мазута	24	8760	-//-	1,31
			-//-	24	8760	-//-	1,31
			-//-	24	8760	-//-	1,31
			-//-	24	8760	-//-	1,75
-//-	24	8760	-//-	1,75			

ДП.5В071700-2015

3	Котельный цех НЗК	Пост сварки	Ремонтные работы	2	400	Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид марганца)	0,46*10 ⁻³
						Флористые соединения газообразные (фтористый водород, четыреххлористый кремний)	0,13*10 ⁻³
4	Мазутное хозяйство	Мазутная насосная	Транспорт мазута	24	4380	Взвешенные вещества (сварочный аэрозоль)	16,13*10 ⁻³
		Нефтеловушка	Очистка воды	24	4380	Оксид углерода	0,003
		Склад песка	Очистка территории	24	8760	Диоксид азота	0,0025
		Заточный станок	-//-	1	250	Бензин (нефтяной малосернистый в пересчете на СН)	0,268
		Пост сварки	Ремонтные работы	2	400	-//-	1,38
						-//-	0,638
						Пыль нефтеорганическая (20-70% двуокиси кремния)	0,021
						Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид марганца)	0,46*10 ⁻³

						Флористые соединения газообразные (фтористый водород, четырех- хлористый кремний) Взвешенные вещества (сварочный аэрозоль)	0,13*10 ⁻³ 16,13*10 ⁻³
						Оксид углерода	0,003
						Диоксид азота	0,0025
5	Ремонтная мастерская	Заточный станок	-//-	1	250	Пыль нефтеорганическая (20-70% двуокиси кремния)	0,021
6	Гараж	Транспорт	Транспорт	1		Диоксид азота Сажа Сернистый ангидрид (диоксид серы) Оксид углерода Бенз(а)пирен Бензин	0,342 0,012 0,024 0,54 1,2*10 ⁻⁶

Раздел. 4 Бизнес-план. на тему. Двухступенчатое сжигание топлива. с Газо -импульсной установкой.

4.1 Общие сведения.

Цель плана: данный бизнес-план составлен для Ново-Западной котельной, входящей в АЛЭС ЗТК. В проекте предполагается модернизация котельного агрегата КВГМ-100-150_С, путем установки двухступенчатого сжигания топлива для снижения выбросов оксида азота.

Модернизация является следствием все более возрастающей экологической проблемой в нашей республике.

Исследования показывают, что особенности процесса горения в решающей степени определяют количество образующихся в топке оксидов азота. Следовательно, изменение топочного процесса горения в нужном направлении может привести к снижению выбросов оксидов азота без дорогостоящих мероприятий по очистке дымовых газов.

В связи с изложенным в данном проекте производится модернизация котла агрегата путем внедрения двухступенчатого сжигания топлива. Данный метод дает снижение концентрации оксидов азота на 30-40 %, без вредного воздействия на работу котла.

Для реализации данного проекта необходимо 5442 \$. Средства на реализацию проекта АЛЭС ЗТК может взять в кредит в Национальном банке под 12 % годовых.

Период окупаемости с учетом дисконтирования составит три года и три месяца.

4.2 Цели и задачи

Бизнес-план составлен для оценки уменьшения выбросов, связанных с изменением топочного процесса горения в нужном направлении, что приводит к снижению выбросов оксидов азота без дорогостоящих мероприятий по очистке дымовых газов.

Таким образом, целью бизнес-плана являются такие основные аспекты:

- показать преимущества применения двухступенчатого сжигания топлива;
- оценить затраты для внедрения данного проекта;

- обосновать экологическую и экономическую эффективность данной реконструкции.

4.2.1 Краткая характеристика станции

Западный тепловой комплекс (ЗТК) в составе Западной районной котельной (ЗРК) и Ново-Западной котельной (НЗК) компании АЛЭС расположен в Ауэзовском районе г. Алматы в западной части города.

Установленная максимальная тепловая мощность НЗК составляет 400 Гкал/час.

Основное топливо – мазут марки М-100, резервное топливо – природный газ. Мазут доставляется на котельную автомобильным транспортом. Газоснабжение осуществляется по газопроводу.

Водогрейные котлы НЗК работают только в отопительный период, с октября по апрель месяц.

Основным видом продукции НЗК является горячая вода для теплоснабжения жилых районов.

На промышленной площадке НЗК находятся: котельная; мазутное хозяйство; электро-цех; сооружения тепловых сетей; вспомогательные производственные участки для обеспечения производственной деятельности предприятия.

На Ново-Западной котельной установлены 4 газо-мазутных водогрейных котла типа КВГМ-100-150с тепловой мощностью 100 Гкал/час. Котлы работают преимущественно на мазуте.

Водогрейный котел КВГМ-100-150С предназначен для получения горячей воды давлением до 25 кгс/см² и температурой до 150°С, используемой в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1 Теплопроизводительность	100 Гкал/ч.
2 Рабочее давление	25 кгс/см ² .

ДП.5В071700-2015

3	Температура воды: основной режим на входе	70°С
	на выходе .	150°С
4	Пиковый режим на входе	110 °С
	на выходе.	150°С
5	Расход воды: основной режим	1235 т/ч.
	пиковый режим.	2460 т/ч.
6	Температура уходящих газов при работе:	
	на мазуте.	154°С
	на газе .	125°С
7	Расход топлива:	
	мазут .	11600кг/ч
	газ.	12400 нм ³ /ч

Котел имеет П-образную сомкнутую компоновку с конвективными газоходами, примыкающими к задней части топки котла .

Топочная камера – призматическая, вертикальная с размерами по осям труб 6000х6060 мм.

Нижняя и верхняя части топочной камеры закрываются отогнутыми панелями фронтального и заднего экранов топки. Задний экран в верхней части топки разводится в прямой трехфазный фестон.

Котел оборудован четырьмя газомазутными горелками типа РГ МГ – 20, которые располагаются на боковых стенах топки встречно по две горелки на каждой. Каждая горелка имеет автономный вентилятор первичного воздуха типа 19 ЦС 69.

Давление мазута перед форсункой не более 2 кгс/см². Вязкость мазута 6-8 ВУ. Диапазон регулирования нагрузки 10-100%. Давление газа перед горелкой при номинальном режиме 3400 кгс/м². Конвективный газоход имеет размеры в плане по осям экранных труб 3000х6050 мм. Задний экран и боковые стены конвективного газохода (в верхней части выполнены из газоплотных мембранных панелей из труб Ø 57х5 с шагом 75 мм.

Конвективная поверхность нагрева котла состоит из четырех пакетов и представляет из себя мембранные поверхности нагрева, которые входят в коллектора $\varnothing 108 \times 4,5$ с шагом 110 мм., являющиеся одновременно боковыми стенками газохода.

Трубы конвективных пакетов образуют шахматный пучок с шагами $S_1 = 110$ мм, $S_2 = 75$ мм.

Все блоки котла крепятся к каркасу на подвесках. Для осмотра и ремонта поверхностей нагрева предусматриваются лючки и лазы.

Для обеспечения нормальной работы котла служат трубопроводы в пределах котла и необходимая запорная арматура.

4.2.2 Описание Установки, Обоснование Выбора.

Специфика двухступенчатого сжигания топлива заключается в том, что в основную зону горения воздух подается в количестве меньше теоретически необходимого ($\alpha_r \sim 0,70-0,95$), а во вторую зону – остальное количество воздуха, необходимое для полного сгорания топлива. В результате этого имеют место снижение максимальной температуры в зоне горения и снижение концентрации молекулярного и атомарного кислорода в ядре факела. Эффективность двухступенчатого сжигания топлива зависит от принятого общего коэффициента избытка воздуха α''_T и от значений коэффициентов избытка воздуха в первой α_r^1 и во второй α_r^2 ступенях горения топлива.

Двухступенчатое сжигание снижает образование как "термических", так и "топливных" оксидов азота, что очень важно при сжигании топлив, содержащих азот. К таким топливам относятся и мазуты, получаемые из нефти отечественных месторождений.

Впрыск пара в зону горения является способом подавления образования оксидов азота в топках котлов, не имеющих системы рециркуляции дымовых газов. Впрыск пара позволяет не только снизить выброс оксидов азота, но и уменьшить выброс в атмосферу сажи, бенз(а)пирена и других канцерогенных продуктов сгорания.

Для повышения эффективности подавления образования NO_x предложено вводить 2—3% влаги (от массы топлива) в начальный участок факела, так как это приводит к увеличению скорости горения и уменьшению выхода продуктов недожога. Кроме того, рекомендуется ввод 8—10% пара в зону максимальных температур для снижения образования оксидов азота.

Двухступенчатый ввод пара в две зоны факела может привести к эффективному и одновременному уменьшению концентраций двух противоположных групп токсичных продуктов сгорания (с одной стороны, сажи, бенз (а) пирена и сероводорода, а с другой - оксидов азота).

Этот способ особенно эффективен для котлов, работающих в режимах резко и часто меняющихся нагрузок, когда при минимальных нагрузках не удается добиться экономичного сжигания мазута и смеси его с газом при малых избытках воздуха. Однако при этом возникают трудности позонного ввода воды в факел, если учесть изменение его длины при переменных нагрузках.

Данный способ уменьшения вредных выбросов в атмосферу имеет положительное значение еще и потому, что позволяет одновременно решить другую важную задачу - сброса в водоемы загрязненных промышленных вод за счет их огневого обезвреживания в топках котлов.

Все сказанное выше указывает на то, что имеется целый ряд проверенных в промышленных условиях мероприятий, позволяющих в несколько раз сократить концентрацию оксидов азота в дымовых газах котлов и этим улучшить состояние атмосферы в зоне Теплостанций.

4.3 Анализ рынка

Ново-Западная котельная предназначена для покрытия тепловых нагрузок теплоснабжения западного жилого сектора г. Алматы, а также промышленных предприятий, расположенных рядом с ЗТК. В связи с застройкой города предполагается увеличение потребления тепловой энергии.

4.4 План маркетинга

Производство и продажа тепловой энергии не является новой и не подвержена быстрым изменениям. Потребность в тепловой энергии данного района стабильна и в будущем ожидается увеличение потребности. Однако, возможны возникновения трудностей с оплатой отпущенной продукции, связанных с неплатежеспособностью покупателей. В настоящее время собираемость денежных средств по выставленным счетам составляет 80%.

4.5 Объем требуемых средств

Общая стоимость реализации проекта составляет 979 560 тыс. тенге (5442 \$ по курсу 180 тенге/доллар).

Стоимость установки (материалов) – 698 040 тыс. тенге (3878 \$).

Стоимость монтажа – 281 520 тыс. тенге (1564 \$).

Основной источник финансирования проекта – кредит банка.

4.6 Финансовый раздел

1. До реконструкции выбросы составляют:

$$M_{\text{NO}_2} = 178,3 \text{ т/год.}$$

$$M_{\text{SO}_2} = 898,7 \text{ т/год.}$$

Приведенная масса выбросов: $M_{\text{п}} = M_{\text{NO}} \times K_i$

где K – коэффициент приведения, учитывающий относительную опасность загрязняющего вещества ($K_{\text{NO}_2} = 25$, $K_{\text{SO}_2} = 20$).

Тогда приведенная масса выбросов:

$$M_{\text{H.NO}_2} = 178,3 \times 25 = 4457,5 \text{ усл.т./год.}$$

$$M_{\text{H.SO}_2} = 898,7 \times 20 = 17974 \text{ усл.т./год.}$$

Всего сумма:

$$M_{\text{H}\Sigma} = 22431,5 \text{ усл.т./год.}$$

Размер платежей станции за нормативные выбросы загрязняющих веществ определяется:

$$\Pi_{\text{H}} = P \times M_{\text{ни}},$$

где $P = 200$ тенге/усл.т. – региональный норматив платы за выбросы загрязняющих веществ.

$M_{Нн}$ - приведенный годовой нормативный объем загрязняющих веществ.

Тогда платежи до реконструкции:

$$П_{Н} = 200 \times 22431,5 = 4486,3 \text{ тыс.тг./год} = 30519 \$.$$

2. После установки двухступенчатого сжигания топлива, выбросы NO_x уменьшаются на 35%, т.е.

$$M_{Н.NO_2} = \frac{178,3 \times 65 \times 25}{100} = 2897,4 \text{ усл.т./год.}$$

Сумма выбросов составит: $M_{Н\Sigma} = 20871$ усл.т./год.

Размер платежей станции за нормативные выбросы загрязняющих веществ после реконструкции:

$$П_{Н} = 200 \times 20871 = 4174,2 \text{ тыс.тг./год} = 28396 \$.$$

Ожидаемый эффект составит:

$$\Delta П_{Н} = 30519 - 28396 = 2123 \$/\text{год.}$$

На основе этих коэффициентов определим дисконтированные доходы и найдем чистый приведенный эффект (NPV).

Таблица 1. Чистый дисконтированный доход.

Период, год	Денежные потоки, \$	K_d	$PV_{12\%, \$}$
0 год	-5442	1	-5442
1 год	2123	0,893	1895,8
2 год	2123	0,797	1692
3 год	2123	0,714	1515,8
4 год	2123	0,635	1348
NPV			1009,6

Общая накопленная величина дисконтированных доходов:

$$PV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k};$$

Чистый приведенный эффект:

$$NPV = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} - IC = (1895,8+1692+1515,8+1348) - 5442 = 1009,6 \$;$$

Как видим чистый приведенный эффект положителен, значит проект выгоден.

4.6.1 Индекс рентабельности (PI)

В отличие от чистого приведенного эффекта индекс рентабельности является относительным показателем и рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_k \frac{P_k}{(1+r)^k} / IC = (1895,8+1692+1515,8+1348)/5442 = 1,19.$$

Т.к. $PI > 1$, то проект следует принять.

4.6.2 Срок окупаемости

За первые три года возврат инвестиций составит – 5103,6 \$. Определим, какая часть третьего года уйдет на покрытие остатка инвестиций. Для этого разделим остаток не окупленной суммы на дисконтированный доход четвертого года:

$$PP = (5442 - 5103,6) / 1348 = 0,25 \text{ года} = 3 \text{ месяца.}$$

Таким образом, с учетом дисконтирования срок окупаемости составляет 3 года и 3 месяца.

4.7 Внутренняя норма доходности (IRR)

Риск отсутствия сбыта.

Его вероятность невелика, однако, чтобы ее уменьшить, следует после выпуска конструкторской документации и оформления графиков подготовки производства к конкретным срокам оформить договора со всеми

потенциальными заказчиками и производство вести только после подписания договоров.

Риск неплатежеспособности покупателей.

Вероятность этого риска оценить очень сложно, и это надо сделать в ходе маркетинга. Страховку от этого риска может дать активный маркетинг, т. е. расширение круга возможных покупателей. В тоже время, такой риск существует при запуске любого нового изделия, .

Определим риск от повышения процента дисконтирования от 12% до 20%.

Таблица 5.2

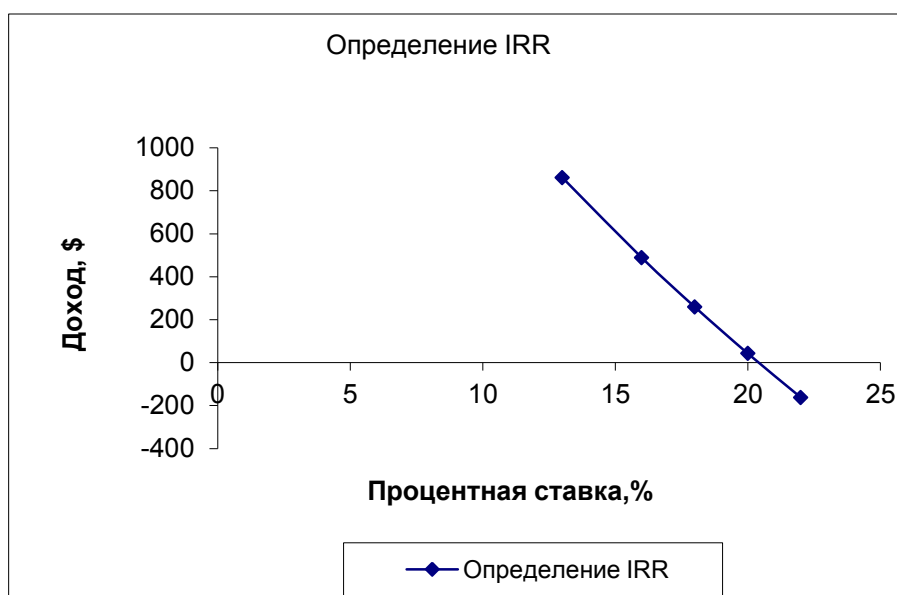
Период	$K_{д13\%}$	$K_{д16\%}$	$K_{д18\%}$	$K_{д20\%}$	$K_{д22\%}$
1 год	0,885	0,862	0,847	0,833	0,82
2 год	0,783	0,743	0,718	0,694	0,671
3 год	0,693	0,641	0,609	0,578	0,55
4 год	0,613	0,552	0,516	0,483	0,451

Таблица 5.3 Расчет индекса доходности.

Год	Ден-ные потоки, \$	$PV_{13\%,\$}$	$PV_{16\%,\$}$	$PV_{18\%,\$}$	$PV_{20\%,\$}$	$PV_{22\%,\$}$
0 год	-5442	-5452	-5452	-5452	-5452	-5452
1 год	2123	1878,8	1830	1798,2	1768,5	1740
2 год	2123	1662,3	1577,4	1524,3	1473,4	1424,5
3 год	2123	1471,2	1360,8	1293	1227	1167,6
4 год	2123	1301,4	1172	1095,5	1025,4	957,5
NPV	3050	861,7	488,2	259	42,3	-162,4

Исходя из расчетов, приведенных в таблице 5.3, можно сделать вывод, что функция $NPV = f(r)$ меняет свой знак на интервале (20% и 22%).

$$IRR = r_1 + \frac{f(r_1)}{f(r_1) - f(r_2)} \times (r_2 - r_1) = 20 + \frac{42,3}{42,3 - (-162,4)} \times (22 - 20) = 20,413.$$



Выводы : Полученные результаты указывают на экономическую целесообразность данного проекта. Такой проект можно принять с полной уверенностью при ставке дисконта меньшей 20,4% (максимальная ставка дисконта, при которой чистая теперешняя стоимость неотрицательна). Чем ниже ставка дисконта, тем раньше окупятся капитальные вложения и, следовательно, предприятие осуществившее этот проект, получит больше прибыли. Расчеты показали, что при более низкой ставке дисконта чистая теперешняя стоимость и индекс прибыльности увеличиваются, а период окупаемости уменьшается.

Раздел 5 Спец. Вопрос.

5.1 Двухступенчатое сжигание топлива.

5.1.1 Снижение выбросов оксидов Азота с уходящими газами котлов

При температурах ниже 2000 К, наблюдающихся в ядре факела горящего газа или мазута, считалось, что вредные примеси в виде оксидов азота либо вообще не образуются, либо образуются в таких количествах, что ими можно пренебрегать.

Последующие исследования показали, что концентрации оксидов азота в уходящих газах котлов могут быть существенными. При значительной массе продуктов сгорания, выбрасываемых на современных электростанциях, уменьшение вредных выбросов является актуальной задачей.

Основным источником оксидов азота служит молекулярный азот окислителя (воздуха), реагирующий с атомарным кислородом, который образуется в процессе горения (механизм Зельдовича) в области относительно высоких температур. Принято называть эти оксиды термическими.

Зарубежными и отечественными исследователями установлено, что в зоне сравнительно низких температур (менее 1800 К) помимо термических могут образовываться быстрые оксиды азота, возникающие в результате реакции радикалов CH_2 с молекулой азота при последующем взаимодействии атомарного азота с гидроксидом OH .

При горении мазута и других топлив, имеющих в своем составе азотсодержащие компоненты, непосредственно из этих соединений образуются топливные оксиды азота. Этот процесс протекает в корневой зоне факела при температуре около 1000 К и при сильном влиянии концентрации кислорода. Образовавшиеся оксиды азота могут реагировать с продуктами химической неполноты горения.

Продукты сгорания топлив содержат следующие оксиды азота: диоксид азота (NO_2), монооксид азота (NO) и гемоксид азота (N_2O). Принято

считать, что технологические методы снижения количества первых двух оксидов $\text{NO}_2 + \text{NO} = \text{NO}_x$ обеспечивают также подавление третьего оксида — (N_2O). Однако прямых опытов, подтверждающих это предположение, еще нет. Более того, есть сведения, что при заметном снижении концентрации NO_x в продуктах сгорания (в результате ступенчатого сжигания) соответствующего изменения содержания N_2O не наблюдается. Следовательно, наименьшую опасность, по-видимому, представляют газовые выбросы котлов, работающих на природном газе, а наибольшую - котлов, работающих на твердом топливе.

Пагубное воздействие N_2O на здоровье человека связано со снижением концентрации атмосферного озона, приводящим к истощению озонового слоя биосферы. Кроме того, N_2O поглощает радиацию в инфракрасной области спектра, снижая тем самым охлаждение земной коры в ночные часы суток (т. е. создается парниковый эффект). Этот эффект приписывают главным образом некоторому увеличению концентрации диоксида углерода в атмосфере.

5.1.2 Двухступенчатое сжигание топлива для снижения выбросов оксида Азота

Специфика двухступенчатого сжигания топлива заключается в том, что в основную зону горения воздух подается в количестве меньше теоретически необходимого ($\alpha_r \sim 0,70 - 0,95$), а во вторую зону - остальное количество воздуха, необходимое для полного сгорания топлива. В результате этого имеют место снижение максимальной температуры в зоне горения и снижение концентрации молекулярного и атомарного кислорода в ядре факела. Эффективность двухступенчатого сжигания топлива зависит от принятого общего коэффициента избытка воздуха α_r'' и от значений коэффициентов избытка воздуха в первой α_r^1 и во второй α_r^2 ступенях горения топлива.

Наибольшее распространение на практике получили следующие варианты двухступенчатого сжигания топлива:

часть воздуха подается в горелки вместе с топливом, а остальная часть поступает в зону дожигания с верху горелки ;

горелки в нижней части топки работают с недостатком воздуха, а горелки в верхней (или средней) части топки работают с избытком воздуха; часть горелок работает с $\alpha < 1,0$, а другая часть горелок отключена по топливу и служит только для подачи воздуха для дожигания горючих компонентов.

Двухступенчатое сжигание снижает образование как "термических", так и "топливных" оксидов азота, что очень важно при сжигании топлив, содержащих азот. К таким топливам относятся и мазуты, получаемые из нефти отечественных месторождений.

5.1.3 Впрыск пара в зону горения топлива

Впрыск пара в зону горения является способом подавления образования оксидов азота в топках котлов, если котел не имеет системы рециркуляции дымовых газов.

Впрыск пара позволяет не только снизить выброс оксидов азота, но и уменьшить выброс в атмосферу сажи, бенз(а)пирена и других канцерогенных продуктов сгорания.

По экспериментальным данным Института газа АН СССР (И. Я. Сигал, Н. А. Гуревич) и Мосгазниипроекта (Е. Н. Шуркин, К. Ф. Ридер), впрыск воды в зону горения газа приводит к заметному снижению концентрации NO_x в продуктах сгорания.

Если удельный пара, впрыскиваемой в зону горения, составляет $0,25 \text{ кг/м}^3$ сжигаемого газа, то концентрация в продуктах сгорания уменьшается до 110 мг/м^3 , т. е. почти в 2 раза по сравнению с процессом горения без впрыска. Ввод в факел сточных вод, содержащих примеси токсичных

органических соединений (например, метанола, формальдегида и т. п.), дает возможность уменьшить концентрацию NO_x в дымовых газах без существенного снижения КПД котла. Так, например, при сжигании в топке 1000 м^3 природного газа в 1 ч ввод 1000 кг/ч сточной воды, содержащей 10% метанола, уменьшает КПД котла всего на 0,7%.

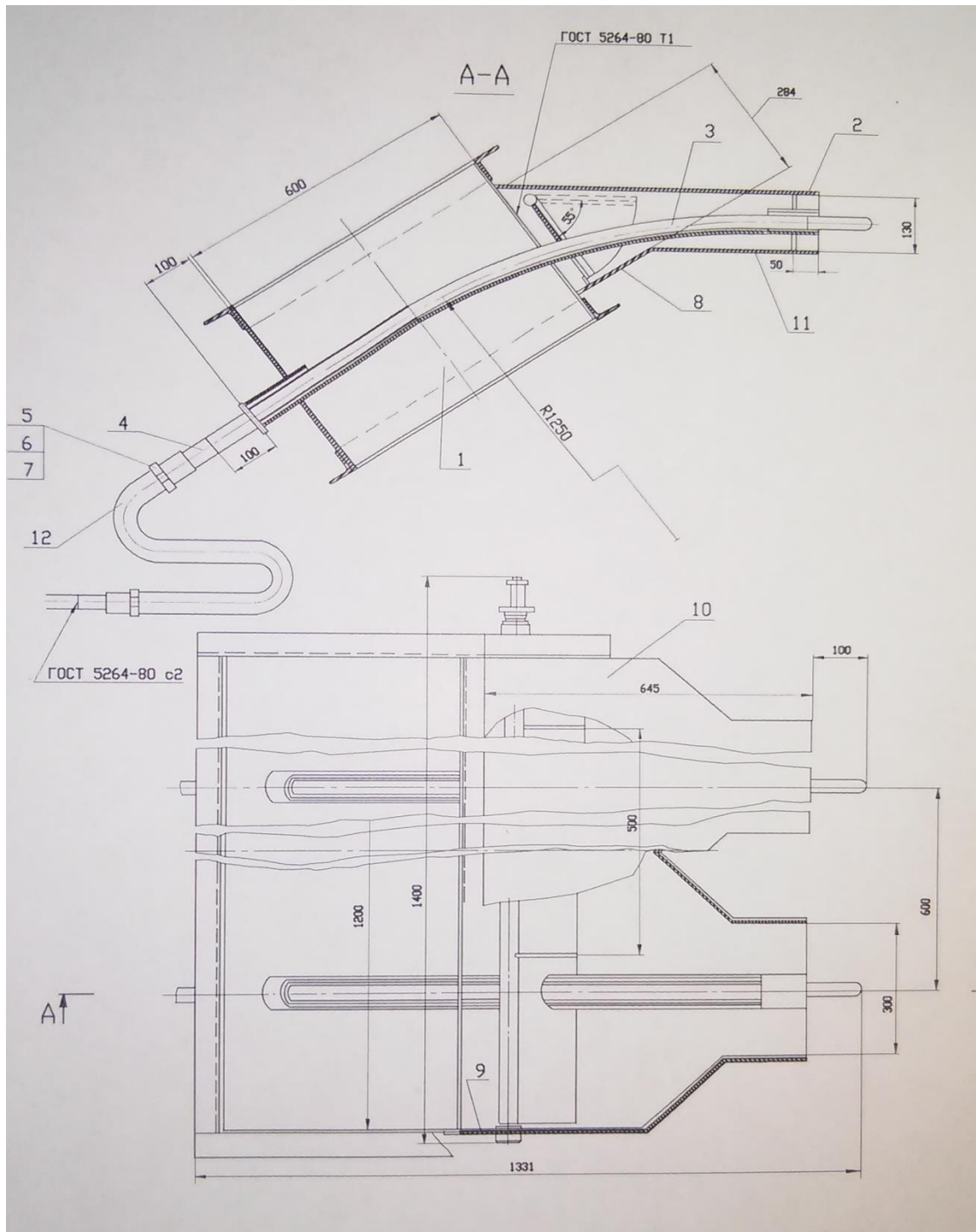
Для повышения эффективности подавления образования NO_x предложено вводить 2—3% пара (от массы топлива) в начальный участок факела, так как это приводит к увеличению скорости горения и уменьшению выхода продуктов недожога. Кроме того, рекомендуется ввод 8—10% пара в зону максимальных температур для снижения образования оксидов азота.

На основании рассмотренных материалов сделан вывод, что двухступенчатый ввод пара в две зоны факела может привести к эффективному и одновременному уменьшению концентраций двух противоположных групп токсичных продуктов сгорания (с одной стороны, сажи, бенз (а) пирена и сероводорода, а с другой - оксидов азота).

Этот способ особенно эффективен для котлов, работающих в режимах резко и часто меняющихся нагрузок, когда при минимальных нагрузках не удается добиться экономичного сжигания мазута и смеси его с газом при малых избытках воздуха. Однако при этом возникают трудности позиционного ввода воды в факел, если учесть изменение его длины при переменных нагрузках. Данный способ уменьшения вредных выбросов в атмосферу имеет положительное значение еще и потому, что позволяет одновременно решить другую важную задачу — сброса в водоемы загрязненных промышленных вод за счет их огневого обезвреживания в топках котлов.

Все сказанное выше указывает на то, что имеется целый ряд проверенных в промышленных условиях мероприятий, позволяющих в несколько раз сократить концентрацию оксидов азота в дымовых газах котлов и этим улучшить состояние атмосферы в зоне электростанций.

Газо-мазутная горелка РГМГ-20



Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Короб	1	
2	Направляющая	2	
3	Труба	2	
4	Штуцер	4	
5	Хомут	4	
6	Болт М6х40. 56. 019	8	
7	Гайка 2М12-7Н6. 019	9	
8	Стенка	1	
9	Стенка	2	
10	Стенка	1	
11	Стенка	1	
12	Рукав 1-П-25-135/80-У2	2	

ДП.5В071700-2015

Лист

79

5.1.4 Расчет концентрации оксидов Азота в дымовых газах

Прогнозировать влияние различных конструктивных и режимных факторов на образование оксидов азота позволяют методики расчета их концентрации.

Исходную концентрацию оксидов азота в конце топки рассчитаем при различных значениях коэффициента избытка воздуха в этой зоне, при номинальной нагрузке, без применения каких-либо мероприятий по снижению вредных выбросов и с учетом масштабного коэффициента в зависимости от тепловой нагрузки лучевоспринимающей поверхности зоны активного горения ($q_{лг}$) МВт/м.²

Тепловая мощность топки, МВт :

$$Q = 1.1 V^p Q_n^p = 1.1 \times 3,223 \times 38,8 = 137.55 \text{ МВт},$$

где V^p - расход топлива, кг/с;

Q_n^p - низшая теплота сгорания, МДж/кг.

Температурный уровень в зоне активного горения зависит от величины $q_{лг}$. Следовательно, этот показатель определяет и температуру в зоне образования термических оксидов азота, содержание которых имеет превалирующее значение в газомазутных топках.

Данные промышленных экспериментов позволили найти указанную зависимость в виде следующих уравнений (при $0,5 < q_{лг} < 3,0$ МВт/м), мг/м³

:

при сжигании мазута

$$C_{NO_x}^{исх} = (632 q_{лг}^{0,62} + [1000(N^p - 0,25) (\alpha - 0,8)]) \times K_m = (632 \times 1,1^{0,62} + [1000 \times (0,3 - 0,25) \times (1,1 - 0,8)]) \times 0,72 = 493 \text{ мг/м}^3.$$

(второй член уравнения, заключенного в квадратные скобки, учитывает образование топливных оксидов азота), где $C_{NO_x}^{исх}$ - исходная концентрация оксидов азота, мг/м³;

$$q_{\text{лг}} = \frac{Q}{2(a_{\text{ТП}} + b_{\text{ТП}})Z_{\text{Я}}h_{\text{Я}} + 1,5a_{\text{ТП}}b_{\text{ТП}}} = \frac{137,55}{2(6+6)3+1,5 \times 6 \times 6} = 1,1 \text{ МВт/м}^2,$$

где $a_{\text{ТП}}$, $b_{\text{ТП}}$ - глубина и ширина топки (в свету), м;

$Z_{\text{Я}}$ - число ярусов горелок; $h_{\text{Я}}$ - расстояние между осями горелок по вертикали, м;

Q - тепловая мощность топки, МВт;

$$K_M = 1 - \exp\left(-\frac{1,5 + Q^{0,41}}{7,1}\right) = 1 - \exp\left(-\frac{1,5 + 137,55^{0,41}}{7,1}\right) = 0,72$$

N^p - содержание азота в топливе (мазуте), %;

a — коэффициент избытка воздуха в конце топки.

При одноярусном расположении горелок (единичной мощностью от 30 до 60 МВт) (от 3 до 6 т/ч по мазуту) $Z_{\text{Я}} h_{\text{Я}} = 3$.

При сниженных температурах воздуха ($< 500 \text{ К}$), поступающего в горелки, нужно результаты, получаемые по нахождению $C_{\text{NO}_x}^{\text{исх}}$, умножать на коэффициент:

$$K_{\text{ГВ}} = 1 - 0,001 (620 - T_{\text{В}}) = 1 - 0,001 \times (620 - 283) = 0,663.$$

где $T_{\text{В}}$ - температура воздуха, подаваемого в горелки, К.

Влияние избытка воздуха учитывается коэффициентом:

$$\begin{aligned} K_{\alpha} &= A - B(\alpha - \alpha_0)^2 + V(\alpha - \alpha_0) = \\ &= 2,21 + 54 \times (1,1 - 1,08)^2 + 6,11(1,1 - 1,08) = 2,35. \end{aligned}$$

где постоянные A , B и V , α_0 , зависящие от вида топлива и конструкции топки котла.

Эффективность снижения концентрации оксидов азота определяется коэффициентами, учитывающими:

действие рециркуляции дымовых газов

$K_{\text{Г}} = 1$;

организацию двухступенчатого сжигания:

$$K_{\text{СТ}} = 1 - a_{\text{СТ}} \times \delta = 1 - 0,018 \times 20 = 0,64;$$

где δ - доля воздуха, подаваемого во вторую ступень по отношению к полному количеству, % ($\delta \leq 30\%$);

a_{CT} - коэффициент, учитывающий способ подачи вторичного воздуха, равный:

0,015 — при подаче дополнительного воздуха через сопла навстречу факелу;

0,007 - при подаче вторичного воздуха под горелками;

0,018 — при подаче вторичного воздуха над горелками;

влияние подачи влаги (пара):

$$K_{BL} = 1 - a_{BL} \times g = 1 - 0,015 \times 5 = 0,925;$$

где g — относительное количество влаги к массе сжигаемого топлива, %, $g \leq 10\%$;

$a_{BL} = 0,025$ - при подаче влаги в корень факела через горелки,

$a_{BL} = 0,015$ - при подаче влаги в пристенную зону;

действительную нагрузку котла:

$$K_N = (D/D_H)^{1,25} = (75/100)^{1,25} = 0,7;$$

где D, D_H - действительная и номинальная нагрузки котла, кг/с, (т/ч).

Расчетная концентрация оксидов азота (при α в конце топки), мг/м³, определяется:

$$C_{NO_x} = C_{NO_x}^{исх} K_{ГВ} K_{\alpha} K_r K_{CT} K_{BL} K_N = 493 \times 0,663 \times 2,35 \times 1 \times 0,64 \times 0,925 \times 0,7 = 318 \text{ мг/м}^3.$$

Вывод: До реализации метода, концентрация оксидов азота в дымовых газах составляла 493 мг/м³, после реализации двухступенчатого сжигания топлива, концентрация оксидов азота составила 318 мг/м³, т.е. снизилась на 35 % по сравнению с режимом без ступенчатого сжигания.

5.2 Газо -импульсная установка (ГИУ)

5.2.1 Описание импульсной камеры

Название „импульсная камера" получило устройство, в котором периодически происходит накопление и выгорание горючей смеси. Процесс имеет разрывной характер: пока горючая смесь накапливается, горения нет, как только объем смеси достигает критического, появляется пламя и происходит быстрое выгорание смеси. Рабочий процесс в импульсной камере характеризуется временем наполнения и временем сгорания.

Импульсная камера должна иметь емкость - накопитель горючей смеси. Следовательно, конструктивно импульсная камера должна состоять из системы питания, накопителя и системы зажигания. Накопитель одновременно выполняет функции камеры сгорания.

Простой физической моделью импульсной камеры будет отрезок закрытой с одного конца трубы. Труба снабжается приспособлением для подачи горючей смеси и источником зажигания, как показано на рисунке 6.1. Входным для данного устройства является закрытый конец трубы: здесь вводится горючая смесь. Противоположный конец—выходной. На выходе помещается постоянно действующий источник зажигания: искра, пламя, раскаленная спираль и т. п. Имея в виду выброс продуктов сгорания, этот конец трубы называют еще выхлопным.

Действует устройство следующим образом.

Горючая смесь такого состава, по которой способно распространяться пламя, вводится питающей трубкой 1 и течет по каналу 2 к выходу, где вступает в контакт с источником зажигания 3 и воспламеняется.

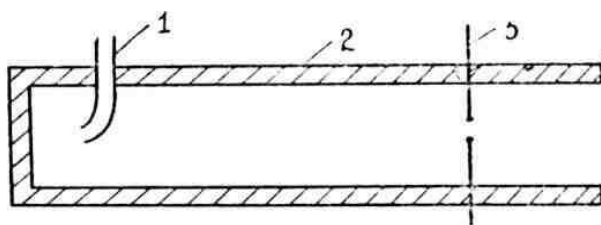


Рисунок 6.1 - Принципиальная схема импульсной камеры.

1 — питающая трубка, 2 — накопительный канал, 3 — источник зажигания.

Если скорость потока горючей смеси меньше скорости распространения пламени, то произойдет выгорание смеси и пламя исчезнет. Во время выгорания давление достигает максимума. Выгорание сопровождается выбросом продуктов сгорания — выхлопом. Выхлопное истечение продуктов сгорания происходит с большой скоростью и, в силу инерционности потока, давление в канале падает ниже атмосферного. Поэтому по окончании выброса продуктов сгорания наступает фаза засасывания окружающей среды внутри канала. Знакопеременное движение потока на выходе канала совершается 1 — 2 раза, имея характер затухающих колебаний. После выхлопа горючая смесь, поступающая по питающей трубке 1, заполняет канал и процесс повторяется.

Описанная модель работает с постоянно действующим источником зажигания. Нетрудно видеть, что в этом случае должны действовать, с одной стороны, условия распространения пламени против потока смеси, с другой стороны, условия угасания пламени на выходе. В целом эти условия и определяют разрывное горение.

Возможен другой вариант физической модели: с периодически срабатывающим источником зажигания, например от искры, включаемой устройством, которое в свою очередь получает информацию о моменте включения от специального датчика. При надлежащей мощности такого источника зажигания, помещенного у закрытого конца, смесь можно подавать по каналу с большой скоростью, что дает возможность увеличить частоту выхлопов. Ничто не изменится, если источник зажигания будет включаться от специального программного блока управления, у которого интервал включения задается оператором.

Если источник зажигания помещен у закрытого конца трубы, условием разрывного горения будет единственно условие угасания пламени по выгоранию смеси в канале.

В импульсной камере накопление горючей смеси происходит периодически, пока действуют система питания и система зажигания. Колебания

совершаются в отсутствии внешней вынуждающей силы, налицо автоколебательная организация процесса.

Автоколебательный процесс, который обусловлен процессом горения, по-другому называется вибрационным горением. Следовательно, импульсная камера является устройством, реализующим вибрационное горение. Однако колебания зоны горения, давления и других параметров в импульсной камере носят разрывной характер, что весьма отличает эту систему от общеизвестных, вроде поющего пламени. С целью подчеркнуть это, разумно воспользоваться терминологией из теории колебаний, в которой разрывные колебания называются „релаксационными”. Вибрационное горение в импульсной камере поэтому вполне уместно назвать релаксационным. Импульсная камера — элемент, который попеременно накапливает и расходует энергию. А периодическое накопление и расходование энергии в одном элементе является главным признаком релаксационной системы. В зависимости от характера работы источника зажигания можно разделить импульсные камеры на две группы. К первой относятся те импульсные камеры, у которых смесь периодически зажигается от постоянно действующего источника зажигания. Это происходит каждый раз, как только ее объем превышает некоторую критическую величину. Состояние системы, при котором происходит накопление смеси, далее уже не может сохраняться. Система теряет „устойчивость” и переходит в новое состояние, отвечающее процессу выгорания смеси. Как скоро система сменит свое состояние, зависит от скорости течения смеси по каналу, температуры стенок и других факторов.

Ко второй группе относятся импульсные камеры, у которых воспламенение происходит от источника зажигания, срабатывающего по команде блока управления. Смена состояния системы зависит здесь не от скорости движения смеси и других параметров камеры, а от конструкции блока управления, его программы. Автоколебательный контур в этом случае включает в себя схему блока управления.

Импульсные камеры можно классифицировать по конструктивному оформлению, разделяя их на камеры с прямым каналом, кольцевым, с емкостями и пр. Удобно выделить три типа импульсных камер:

- с прямым каналом — индекс ПК;
- с кольцевым каналом — индекс КК;
- с разветвленным каналом — индекс РК.

Эти типы камер показаны на рис. 2.

Длина и площадь сечения канала камеры указывают на величину заряда горючей смеси и являются важными характеристиками. Ниже используется такая маркировка с обозначением длины камеры в сантиметрах, а площади сечения—в кв. см.

В канале камеры обычно присутствуют различные детали, предназначенные для стимуляции ускоренного распространения пламени по каналу. С этой целью применяются различного рода сетки (С), форкамеры (Ф), детонационные ящики (Д), шероховатости (Ш) и т. д.

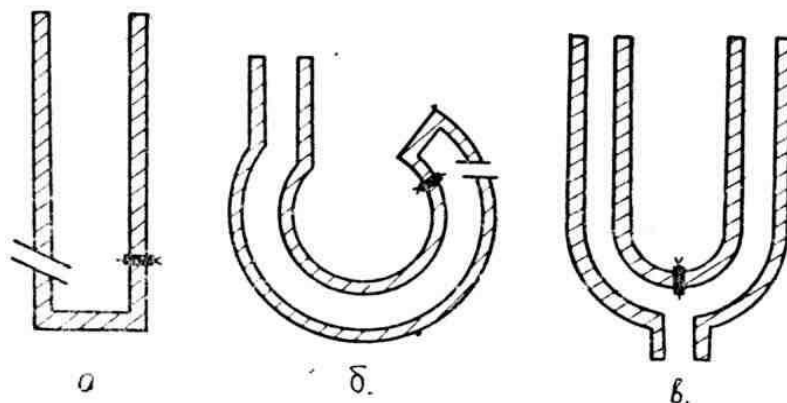


Рисунок 6.2 - Типы импульсных камер.

а - прямым каналом, б - с кольцевым каналом - КК,

в - с разветвленным каналом - РК.

Соответствующими индексами могут быть отмечены и другие особенности камеры. Например, индекс ПК-120/80 — говорит о том, что это

импульсная камера с прямым каналом длиной 120 см, площадью сечения — 80 см².

Для камер с регулируемым зажиганием создаются специальные системы управления зажигания. К настоящему времени сложились две основные системы:

- источник питания, блок зажигания, электросвеча, регистрирующее устройство, блок управления зажиганием. Их включение производится по мере поступления сигнала от устройства, регистрирующего сопротивление газохода, температуру дымовых газов и т. д.
- источник питания, блок зажигания, электросвеча. Их периодическое включение производится обслуживающим персоналом по мере необходимости.

Конструкция блока зажигания определяется конструкцией системы импульсной очистки. Сейчас применяются три типа систем импульсной очистки:

1. Система импульсной очистки с отдельной подачей горючего и окислителя в импульсные камеры. В этом случае требуется блок зажигания с числом высоковольтных выводов, равным числу одновременно работающих камер.
2. Система импульсной очистки с общим смесителем и подачей готовой смеси к импульсным камерам по смесепроводам. В этом случае требуется только один высоковольтный вывод с блока зажигания.
3. Система импульсной очистки с общим смесителем и отсекающим электромагнитным клапаном. Требуется блок зажигания, который обеспечивает управление клапаном.

В системах импульсной очистки периодичность выхлопов задает блок зажигания. В блоке зажигания должна быть предусмотрена возможность плавной регулировки периода повторения искры, т. к. в процессе наладки расходы смеси могут изменяться. В блоке зажигания используется исключительно искровой метод зажигания как наиболее удобный. Как показывают

эксперименты, существует критическая энергия искры при зажигании газовой смеси в определенных условиях. Если энергия искры больше этой энергии, зажигание происходит, в противном случае не происходит. Критическая энергия зависит от многих факторов: состава, давления, температуры смеси, формы электродов и расстояния между ними, скорости потока смеси.

Энергия зажигания газо-воздушных смесей имеет величину порядка 1 МДж, а кислородо-газовых — 0,01 МДж. Энергия индукционной искры автомобильной катушки зажигания лежит в пределах 100—200 МДж.

Поэтому использование данной катушки зажигания в конденсаторной схеме с избытком покрывает энергетические потребности воспламенения.

Обдув электродов свечи, особенно турбулентным потоком, повышает критическую энергию зажигания, и при больших скоростях значительно. Поэтому для зажигания смеси в импульсной камере с большой скоростью наполнения приходится или увеличивать энергию зажигания, или предусматривать устройства для снижения скорости потока смеси, обдувающего свечу.

Если время существования искры больше некоторой критической длительности, то может возникнуть стабилизация пламени в камере. То есть, от времени действия источника зажигания зависит область существования колебаний. На область существования влияют и другие факторы, главными из которых будут подогрев стенок и локальные завихрения потока.

5.2.2 Выхлоп импульсной камеры

Выхлоп импульсной камеры представляет собой нестационарную струю нагретых газов, развитие которой сопровождается образованием вихрей и ударных волн.

Относительно образования ударных волн при выхлопе можно предположить следующее: при горении смеси в канале продукты сгорания расширяются, вследствие чего перед пламенем возникает такое движение

среды, какое вызвал бы поршень, движущийся со скоростью, пропорциональной скорости расширяющегося за пламенем газа. Поэтому ускоряющееся пламя генерирует волны сжатия, которые нагоняя друг друга, совмещаются и образуют ударную волну. Ударная волна формируется на расстоянии нескольких десяткой сантиметров перед фронтом пламени. По мере развития процесса горения это расстояние увеличивается. Следовательно, если в импульсной камере будет происходить аналогичный процесс, выхлоп будет иметь шесть фаз:

- 1) появление фронта ударной волны на срезе канала,
- 2) истечение горючей смеси,
- 3) появление пламени,
- 4) истечение продуктов сгорания,
- о) втекание окружающей среды обратно в канал,
- б) вторичный выброс газа из канала.

Ударная волна начинает расширяться сразу же после появления на срезе трубы. На расстоянии порядка диаметра канала скорость фронта ударной волны замедляется до величины чуть больше скорости звука.

Вслед за ударной волной происходит истечение горючей смеси. Оно сопровождается образованием кольцевого вихря и турбулизацией потока за ним. Скорость потока смеси непрерывно меняет свою величину до значения, которое она имеет перед фронтом пламени.

При появлении пламени на срезе импульсной камеры происходит очень быстрое воспламенение и сгорание вытесненной из канала турбулизованной газовой смеси.

В момент появления пламени на срезе импульсной камеры продукты сгорания продолжают расширяться, следовательно, скорость выбрасываемых продуктов сгорания не должна слишком отличаться от максимальной. В этой фазе натекание выброшенного газа на неподвижный воздух резко сжимает его и порождает сферическую ударную волну с центром на расстоянии 2—3 калибров от среза импульсной камеры. По мере истечения газов давление в канале падает, скорость истечения уменьшается.

В силу инерции, выброс понижает давление в канале ниже равновесного и тогда наступает обратное движение газа: втекание окружающей среды в канал. Холодная втекающая смесь нагревается, расширяется и происходит вторичный выброс продуктов сгорания и смеси из импульсной камеры. Он также сопровождается образованием кольцевого вихря, но уже не так явно выраженного, как первый.

Если ударная волна в канале не возникает, то и на выходе из импульсной камеры ее не будет. При зажигании горючей смеси в канале будет происходить быстрое сгорание и связанное с этим повышение давления, т.е. будут наблюдаться те же фазы процесса, что и вышеописанные, кроме первой.

Таким образом, при выхлопе происходит истечение с небольшой скоростью, затем формирование вихревого кольца и области сжатия перед ним.

Способность пылевых частиц к аутогезии (слипание друг с другом) и адгезии (прилипание к твердым поверхностям) служит причиной образования различного рода отложений на элементах технологического оборудования. Знание аутогезионных и адгезионных характеристик важно для выбора и эксплуатации систем очистки поверхностей нагрева, газоходов, для выбора режима работы пылеулавливающих аппаратов. Практически, сущность любого способа очистки от пылевых отложений состоит в преодолении сил аутогезии, т. к. на очищаемых поверхностях обычно остается какой-то „несчищаемый" слой прочно прилипающих частиц.

Воздействия на отложения производятся тремя видами сил: сжатия, растяжения, сдвига.

Рассмотрение физической картины отрыва частиц или кусков отложений показывает, что при виброочистке, в основном, действуют силы растяжения и сжатия, при дробеочистке — сдвига, а при импульсной очистке, в основном, растяжения и сдвига.

5.2.3 Разрушение отложений выхлопом импульсной камеры

ДП.5В071700-2015

Лист

90

Импульсная очистка может происходить либо в результате взаимодействия выбрасываемых продуктов сгорания из камеры с потоком теплоносителя в котле, либо только за счет выброса раскаленных газов из камеры и связанных с ним явлений и, возможно, из-за возникновения вибрационного движения труб, на которых создаются отложения пыли. Или другими словами, удаление отложений может происходить путем сдува отложений за счет кинетической энергии струи, за счет воздействия выхлопной струи на движение высокотемпературных газов в газоходе (локальные ускорения, завихрения и пр.) или ударной волной, порождаемой выхлопом.

Эксперименты показали, что очистка поверхностей нагрева достигается за счет воздействия ударной волны, появляющейся в результате истечения с большой скоростью раскаленных газов из импульсной камеры. Показано, что между выхлопом импульсной камеры и взрывом конденсированного взрывчатого вещества в атмосфере существует аналогия: начальная энергия ударной волны, ее скорость определяются объемом горючего газа в рабочем канале импульсной камеры и квадратом скорости фронта пламени на выходе из канала камеры.

Процесс очистки поверхностей нагрева от отложений газодинамическими воздействиями является частным случаем взаимодействия нелинейных возмущений среды с телами различной структуры.

Падая на механически прочное тело, ударная волна отражается. Отраженная волна намного слабее падающей, после отхода ударной волны вблизи тела развивается сложное вихревое течение.

Отложения на поверхностях нагрева являются многокомпонентной средой. Компоненты различны по своим физическим свойствам и в самых разных пропорциях. Этим объясняется многообразие физических свойств отложений.

При сжатии отложений ударной волной происходит смещение твердых частиц от их равновесного положения, которое сопровождается частичным

или полным разрывом связей между частицами. Одновременно происходит процесс сжатия и разрежения материала частиц.

Взаимодействие нелинейных возмущений среды с телами различной структуры, конкретно в нашем случае, импульсная очистка поверхностей нагрева, является сложным физическим процессом. В этом процессе участвуют нестационарный поток, дискретные вихри, колебания большой амплитуды, ударные волны. Они могут действовать поодиночке и совокупно: нестационарный поток, например, сочетается с дискретными вихрями, ударная волна — с нестационарным потоком и вихрями. Явление может быть еще усложнено электрическими и магнитными процессами.

В общем плане работа по раскрытию механизма импульсной очистки еще далека от завершения. Однако уже приведенные данные представляют определенный интерес и могут быть полезны для специалистов.

5.2.4 Применение газоимпульсной установки на котлах КВГМ-100-150с.

Газоимпульсная установка (ГИУ) предназначена для очистки конвективных поверхностей нагрева паровых и водогрейных котлов.

Метод очистки основан на ударном, акустическом и термоволновом воздействии взрывных потоков на золовые отложения. С поверхности удаляются только слабосвязанные сыпучие отложения, поэтому способ применяется как профилактическое средство при регулярном включении.

Основным рабочим элементом установки является импульсная камера, выполняемая из труб 273×8 или 325×8 мм.

Камеры устанавливаются в газоходе вблизи поверхностей, которые должны быть очищены.

Газовоздушная смесь зажигается автомобильной свечой, питаемой от трансформатора 5 кВ или бобиной от запально-защитных устройств (ЗЗУ), серийно выпускаемых заводом «Ильмарине».

Периодичность взрывов зависит от скорости наполнения камер газозвдушной смесью и составляет от 2 до 10 сек.

Включение ГИУ производят на работающем котле.

Установка проста и безопасна в эксплуатации, не приводит к разрушению обмуровки котлов.

Для предупреждения больших разовых выбросов установку необходимо включать 2-3 раза в сутки.

В качестве топлива используется природный газ.

Эффективность очистки обеспечивается ведением нормального топочного режима (недопущением заноса конвективных поверхностей мазутом) и регулярным (не реже одного раза в смену) включением установки. При нарушении этих условий происходит “залповый” выброс сажистых отложений, что недопустимо с точки зрения санитарных требований к охране воздушного бассейна.

Ранее для очистки поверхностей нагрева на котле была установлена дробеочистка, одноконтурная с двумя сферическими разбрасывателями. Наличие такого очистного устройства не освобождало от ежесменных очисток топки, фестона (ручная очистка на ходу), кроме того, часто приходилось останавливать котлы для ручной очистки, в связи с недостатком тяги.

В процессе эксплуатации выяснится, что достаточно включения только импульсной очистки, чтобы обеспечить стабильность аэродинамического и теплового режима работы котла.

Основные параметры работы котла при дробеочистке и импульсной очистке до и после внедрения сведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты применения газоимпульсной установки (ГИУ) на котле КВГМ-100-150с, до и после внедрения импульсной очистки.

			Значение величин
--	--	--	------------------

№	Наименование	Разм	До внедрения импуль- сной очистки	При периодическом включении импульсной очистки.		
				До очистки	После очистки	Средние показа- тели.
1	Используемый газ	-	-	Природный		
2	Количество камер	-	-	8		
3	Диаметр камер	мм.	-	325×8		
4	Периодичность взрывов	сек.	-	10		
5	Время работы установки	мин.	-	20		
6	Тепловая нагрузка котла	МВт.	81,4-84,9	82,6-86	86-91,8	89
7	Температура воды на входе в котел	°С	70			
8	Температура воды на выходе из котла	°С	125-150			
9	Температура газов на выходе из топки	°С	Около 1222			
10	Температура уходящих газов	°С	185-190	175-185	150-160	155

ДП.5В071700-2015

Лист

94

11	Расход газа на установку	м ³	-	10		
12	КПД котла	%	90	90,7	92,6	92,1

ВЫВОД. Как видно из таблицы, показатели работы котла с импульсной очисткой лучше средних показателей при работе с дробеочисткой, которые включались также один раз в смену. Кроме того, надо заметить, что при работе импульсной очистки не требуется ежедневная ручная очистка: в течение ее почти годичной эксплуатации поддерживается постоянное разрежение в топке, без остановок на чистку. Зашлакованные поверхности экранов топки и фестона очищаются импульсной очисткой удовлетворительно.

Заключение.

Согласно поставленным задачам, в дипломном проекте были рассмотрены следующие вопросы:

1. Проведен тепловой расчет системы и тепловой расчет котла КВГМ-100-150с.

3. Рассмотрен и составлен бизнес-план, полученные результаты указывают на экономическую целесообразность данного проекта. Такой проект можно принять с полной уверенностью, при ставке дисконта меньшей 20,4% (максимальная ставка дисконта, при которой чистая теперешняя стоимость неотрицательна).

4. Произведен расчет выбросов дымовых газов котельной в атмосферу, расчет концентрации оксидов азота в дымовых газах, образующихся при сжигании топлива, расчет максимальной концентрации вредных веществ, расчет искусственного освещения и составлен тепло-влажностный баланс ТЩУ.

5. После реализации двухступенчатого сжигания топлива, концентрация оксидов азота снизилась на 35 % по сравнению с режимом без ступенчатого сжигания, соответственно это привело к уменьшению платы за выбросы. А после внедрения газоимпульсной очистки, показатели работы котла стали лучше средних показателей, чем при работе с дробеочисткой: тепловая нагрузка котла увеличилась в среднем на 4 МВт, температура уходящих газов снизилась на 35 %, а КПД котла улучшился на 2,1 %, при том же расходе мазута. Выявлен экономический эффект и достигнуты результаты, удовлетворяющие современную экологию.

Список используемой литературы.

1. Леонков А.М., Качан А.Д. Тепловые и атомные электрические станции. Дипломное проектирование. - Минск: 1991г.
2. Годовой технический отчет АПК ЗТК за 1998г.
3. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочное пособие для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.-608с.:ил.
4. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебное пособие для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987.- 648 с.: ил.
- 5 Ривкин С.Л. и Александров К.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. - М., “Энергия”, 1975. - 80 с. с ил.
- 6 Юренев В.Н. и Лебедева П.Д. Теплотехнический справочник, в 2-х т., Т1, Изд. 2-е, перераб. - М., “Энергия”, 1975.- 744 с. с ил.
- 7 Юренев В.Н. и Лебедева П.Д. Теплотехнический справочник, в 2-х т., Т2, Изд. 2-е, перераб. - М., “Энергия”, 1976.- 896 с. с ил.
- 8 Кошулько Л.П., Суляева Н.Г., Генбач А.А. Производственное освещение: Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда” в дипломном проекте. – Алматы: изд. РУМК, 1989. - с.40.
- 9 Дюсебаев М.К., Кошулько Л.П., Суляева Н.Г., Генбач А.А. Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда и окружающей среды” в дипломном проекте. - Алматы, 1984.
- 10 Спейшер В.А., Горбаненко А.Д. Повышение эффективности газа и мазута в энергетических установках. - М., 1991. - 184 с.
- 11 Кацнельсон Б.Д. О механизме импульсной очистки. - Казань, 1979. - 72 с.
- 12 Соловьев Ю.П. Проектирование крупных центральных котельных для комплекса тепловых потребителей.- М., 1976. - 192 с.

- 13 Бузников Е.Ф., Сидоров В.Н. Водогрейные котлы и их применение на электростанциях и в котельных. - М., 1965. - 240 с.
- 14 Кузнецов Н.В. и др. Тепловой расчет котельных агрегатов. - М. - 1973.
- 15 Смирнов А.Д. Антипов К.М. Справочная книжка энергетика. - М., 1984. - 440с.
- 16 Попова Т.М., Ходанова Т.В. Дипломное проектирование. Методические указания к выполнению экономической части. - Алматы, 2000. - 30 с.