

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Заочный факультет
Кафедра промышленной теплоэнергетики
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Рецензент,
Главный энергетик предприятия
ООО НПП «Технология»
_____ Т.Г.Сабитов
« » _____ 2017 г.

Заведующий кафедрой,
промышленной теплоэнергетики
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
« » _____ 2017 г.

М.П.

**РАСШИРЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО РАЙОНА
Г. ЧЕЛЯБИНСКА ПУТЕМ ДОБАВЛЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ
ДВУХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ КВГМ-100-150**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.052.08 ПЗ ВКР

Консультант по разделу
«Экономика и управление»,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« » _____ 2017 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ Л.Е.Лымбина
« » _____ 2017 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель
_____ Р.А.Алабугина
« » _____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ЗФ-579
_____ П.В.Пыжьянов
« » _____ 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Пыжьянов П. В. Расширение котельной юго-западного района г. Челябинска, путем добавления в эксплуатацию двух водогрейных котлов КВГМ-100-150, – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ,ЗФ; 2017, 84с.,5ил.,библиогр. список – 34 наим., 3прил., 6 листов чертежей ф.А1, 1 лист плаката ф.А1.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы расширения котельной юго-западного района г. Челябинска, путем добавления в эксплуатацию двух водогрейных котлов.

Целью проекта является предложение схемы расширения для оптимизации работы котельной, более эффективной ее работы при производстве тепла.

В связи с увеличением количества потребителей тепловой нагрузки юго-западного района г. Челябинска, появилась необходимость расширения котельной. Для теплоснабжения горячей водой и тепловой энергией на нужды отопления и вентиляции предложен проект добавления двух водогрейных котлов КВГМ-100-150.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, девяти глав, заключения, библиографического списка и приложения.

Во введении определены цели и задачи расширения котельной. В первой главе представлена актуальность и основное обоснование расширения котельной. Во второй главе проведен обзор литературных источников необходимых для расчет тепловых нагрузок, построение температурных графиков и графиков расхода теплоносителя, а также для рассмотрении вопросов энергосбережения. В третьей части сравнение отечественных и иностранных передовых технологий. В четвертой главе мною были произведены расчеты тепловых нагрузок, тепловой схемы котельной, тепловой расчет котла, сделан выбор оборудования для предложенной схемы котельной. В пятой главе вопросы энергосбережения. В шестой главе рассмотрены вопросы защиты окружающей среды и выполнен расчет дымовой трубы. В седьмой главе рассмотрен вопрос автоматизации котельной. В восьмой главе проведен анализ опасных и вредных факторов, а также их влияние на персонал котельной. В девятой главе представлен технико-экономический расчет.

В заключении представлены выводы о проделанной работе.

Графическая часть выполнена с применением КОМПАС 3D V14.

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | Лит. | Лист | Листов | | | |
|-----------|------|----------------|---------|------|---|--|--|------|---|--------|---|---|----|
| Выполнил | | Пыжьянов П.В. | | | <i>Расширение котельной юго-западного района г. Челябинска , путем добавления в эксплуатацию двух водогрейных котлов КВГМ-100-150</i> | | | | В | К | Р | 3 | 84 |
| Руковод. | | Лымбина Л.Е | | | | | | | <i>ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики</i> | | | | |
| Н. Контр. | | Алабугина Р.А. | | | | | | | | | | | |
| Зав.каф | | Осинцев К.В. | | | | | | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 9 |
| 1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ..... | 11 |
| 2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ | 12 |
| 3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ..... | 14 |
| 4 РАСШИРЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ ЮГО–ЗАПАДНОГО РАЙОНА Г. ЧЕЛЯБИНСКА..... | 17 |
| 4.1 Определение тепловых нагрузок расчета температуры и расхода сетевой воды на отопление, вентиляцию, ГВС..... | 17 |
| 4.2 Расчет тепловой схемы котельной..... | 25 |
| 4.3 Тепловой расчет котла КВ-ГМ–100–150..... | 30 |
| 4.3.1 Расчет объемных характеристик продуктов сгорания..... | 31 |
| 4.3.2 Теплосодержание воздуха и продуктов сгорания..... | 32 |
| 4.3.3 Тепловой баланс котлоагрегата и расход топлива..... | 34 |
| 4.3.4 Конструктивные характеристики топочной камеры..... | 35 |
| 4.3.5 Расчет теплообмена в топке..... | 36 |
| 4.3.6 Расчет конвективного пучка..... | 37 |
| 4.3.7 Сводная таблица теплового расчета котла и невязка баланса..... | 38 |
| 4.4 Выбор вспомогательного оборудования. Тепловой расчет подог- ревателя сетевой воды ПСВ–125–7–15..... | 39 |
| 5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ..... | 48 |
| 6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ..... | 50 |
| 6.1 Мероприятия по охране окружающей среды..... | 51 |
| 6.2 Расчет концентрации загрязняющего вещества..... | 52 |
| 6.3 Сточные воды котельной..... | 56 |
| 7 АВТОМАТИЗАЦИЯ..... | 58 |
| 8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ..... | 60 |
| 8.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов..... | 60 |
| 8.2 Влияние выявленных ОВПФ на организм человека..... | 61 |
| 8.3 Безопасность технологических процессов..... | 66 |
| 9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ..... | 69 |
| 9.1 Расчет капитальных затрат..... | 69 |
| 9.2 Расчет текущих затрат..... | 70 |
| 9.3 SWOT – анализ вариантов работы котельной..... | 72 |
| 9.4 Поле сил проекта сооружения котельной, работающей на газе..... | 73 |
| 9.5 Построение пирамиды целеполагания проекта расширения ко- тельной и дерева целей..... | 74 |
| 9.6 Планирование в котельной..... | 76 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 77 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 78 |

ПРИЛОЖЕНИЯ

| | |
|--|----|
| ПРИЛОЖЕНИЕ А. Принципиальная тепловая схема отопительной котельной с закрытой двухтрубной системой теплоснабжения..... | 82 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Спецификация к графической части проекта автоматизация..... | 83 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В. План-график Ганта по реализации целей проекта..... | 85 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 10 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

В процессе создания работы были использованы нормативные правовые акты Российской Федерации, учебно – методическая литература, а так же интернет ресурсы.

Работа выполнена в соответствии с «Энергетической стратегии России до 2030 года» от 13 ноября 2009 года[4], а так же отвечает требованиям Федерального закона №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[1]. Основой указанных нормативных правовых актов является выполнение мероприятий, направленных на рациональное использование энергетических ресурсов и внедрение перспективных энергетических технологий.

При написании Выпускной квалификационной работы и введения к ней использовались материалы «Стратегии развития теплоснабжения и когенерации в Российской Федерации на период до 2020 года» [4].

Рассмотрение вопросов обоснования и актуальности разработки источника теплоснабжения произведено на основе государственной программы Челябинской области «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» на 2014 - 2020 гг. [5], а так же интернет-публикация «В регионе продолжается работа по модернизации и замене неэффективных котельных»[11] на сайте Правительства Челябинской области.

В книге «Котлы и котельные установки зарубежных фирм – производителей, представленные на рынке России» авторов Н.Н. Бакланова, А.В. Васичкина, Г.Р. Побережский представлена информация о ряде котлов различной производительности, предлагаемых зарубежными фирмами, их параметры, чертежи, схемы и фотографии, а также область их применения. Изложена информация о чугунных и стальных отопительных котлах фирм Buderus, I.VAR и Kiturami.[15]

Основой для расширения котельной служит нормативный документ СП 89.13330.2012. Котельные установки[24], который устанавливает требования к проектированию, строительству, реконструкции, капитальному ремонту, расширению и техническому перевооружению котельных, а также устанавливает требования к их безопасности и эксплуатационным характеристикам.

Так же применено учебное издание Лумми А.П. Расчет котла / А.П. Лумми, Н.Ф. Филипповский, Е.В. Черепанова. – Екатеринбург : изд. дом «Время», ризограф УГТУ – УПИ,[21] в котором содержатся рекомендации по расчету водогрейного (стального) водотрубного котла, предназначенного для нагрева сетевой воды при сжигании газа или жидкого топлива. Подробно излагаются расчеты: объемов и энтальпий продуктов сгорания и воздуха; теплового баланса, коэффициента полезного действия, расхода топлива; расчетов топочной камеры, фестона и конвективного пучка.

В учебном издании Аронсона К.Э. Теплообменники энергетических установок: учебник для вузов/ К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Березин и др.; под ред. проф., д.т.н. Ю.М. Бродова. – Екатеринбург: Издательство «Сократ»

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 14 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Одной из важнейшей отрасли энергомашиностроения является производство котлов и котельного оборудования. Котлы и котельное оборудование изготавливают как крупные производители, так и небольшие частные заводы, специализирующиеся на котельном оборудовании. Основным отличием современного котельного оборудования является высокий КПД, большая производительность, энергоэффективность и надежность. Отечественные производители на современном этапе производства применяют такие технологии как, сжигание топлива, модульная унификация элементов котлов и вспомогательного оборудования, системы автоматики, оптимальные конструкции системы топливоподачи и золошлакоудаления и топочных устройств. Все перечисленные преимущества позволяют отечественной продукции оставаться конкурентоспособной по отношению к зарубежным производителям.

Среди зарубежных производителей можно выделить таких как Buderus (Германия), ICI CALDAIE (Италия), BOOSTER (Корея), ZG (Китай) .. Данные производители постоянно расширяют номенклатуру выпускаемой продукции, стал одним из крупнейших европейских производителей отопительной техники с широкой сетью филиалов и офисов продаж по всей Германии и по всему миру. На предприятии имеется собственная группа разработчиков, которые проектируют новую продукцию специально для российского рынка. Модельный ряд и линейка котельных агрегатов очень широка, и включает в себя ряд как паровых, так и водогрейных котлов различных мощностей как для промышленного, так и для индивидуального применения.

Россия уверенно взяла курс на импортозамещение в сфере производства и эксплуатации энергетического оборудования. Доля импортных котлов на рынке падает и достигает в настоящее время, по оценкам экспертов, 40 – 45 % общего количества реализованных котлов.

31 марта 2015 года в соответствии с поручением премьер-министра РФ Дмитрия Медведева Минпромторг утвердил отраслевые планы по программе импортозамещения в России. Производство равноценных отечественных аналогов импортного оборудования и комплектующих гарантируется: наличием полного пакета разрешительных документов, применением качественных конструкционных материалов, строгим соблюдением требований документации и методам контроля на производстве, конкурентоспособной и стабильной ценой.

В соответствии со всем вышесказанным, выбор был сделан в пользу отечественного оборудования.

Отопительные водогрейные котлы серии КВГМ выпускаются Бийским Котельным заводом. Вот уже много лет данное предприятие реализует оборудование соответствующее по качеству и цене, а также проводит регулярный мониторинг и улучшение деятельности предприятия по выпуску газогорелочного оборудования.

Среди особенностей данных моделей стоит отметить следующие:

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 16 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

4 РАСШИРЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ ЮГО-ЗАПАДНОГО РАЙОНА Г. ЧЕЛЯБИНСКА

Система теплоснабжения юго – западного района это отопительная котельная предназначенная для обеспечения нагрузки, вентиляции и ГВС жилых домов и административных зданий, а также местные предприятия.

Источником теплоснабжения служит котельная, в которой располагаются два паровых котла ГМ – 50 – 14 и четыре водогрейных котла КВГМ – 116 – 150, общей мощностью 564 МВт. Основным топливом для данных котлов является газ, резервным топливом является мазут.

Регулирование отпуска тепла качественное по отопительной нагрузке, схема теплоснабжения закрытая двухтрубная температурный график отпуска тепла 150/70 °С.

Население района составляет около 17 500 человек.

4.1 Расчет тепловых нагрузок горячего водоснабжения вентиляции и отопления

Потребителем тепловой энергии является юго – западный район г. Челябинска с жилыми домами квартирного типа при высоте зданий 5 и ниже. Для расчета применим данные для г. Челябинска в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

| Наименование | Обозначение | Единица измерения | Величина |
|---|-------------|---------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Температура воздуха проектирования отопления, расчетная [1] | $t_{но}$ | °С | – 34 |
| Температура наиболее холодного месяца, средняя [1] | $t_{нхм}$ | °С | – 15,5 |
| Температура воздуха внутри жилых помещений, расчетная | t_v | °С | + 20 |
| Температура горячей воды у абонента, расчетная | t_2 | °С | + 70 |
| Температура холодной воды у абонента в летний период, расчетная | $t_x^л$ | °С | + 15 |
| Температура холодной воды у абонента в зимний период, расчетная | $t_x^з$ | °С | + 5 |
| Количество квадратных метров жилой площади на 1 жителя | $f_{уд}$ | м ² /чел | 18 |

Продолжение таблицы 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-------|-------------------|-------|
| Количество жителей | z | чел | 17500 |
| Укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на один м ² общей площади | q_f | Вт/м ² | 85 |
| Норма среднего недельного расхода горячей воды для жилых помещений | a | л/сут | 100 |
| Норма среднего недельного расхода горячей воды для общественных и административных зданий | b | л/сут | 25 |
| Коэффициент, который учитывает расход тепла и общественные здания | K_1 | - | 0,25 |
| Коэффициент, который учитывает застройки зданий | K_2 | - | 0,6 |
| Продолжительность работы системы отопления | n_0 | ч/год | 5232 |

Расчет тепловых нагрузок

Расчет ведем по площади застройки, с учетом того, что площадь, которая приходится на одного человека, равна $f_{уд} = 18 \text{ м}^2/\text{чел.}$

Общая площадь застройки F по формуле (4.1):

$$F = f_{уд} \cdot z \quad (4.1)$$

где z -число жителей

$$F = 18 \cdot 17500 = 3,15 \cdot 10^6 \text{ м}^2$$

Отпуск тепла на 1 м² застройки q_F при $t_{но} = -34^\circ\text{C}$

$$q_F = 85 \text{ Вт/м}^2$$

Расход тепла на отопление по формуле (4.2):

$$Q'_o = q_F \cdot F (1 + K_1), \quad (4.2)$$

где $K_1 = 0,25$

$$Q'_o = 85 \cdot 3,15 \cdot 10^6 (1 + 0,25) = 525,938 \cdot 10 \text{ (Вт)}$$

Расход тепла на вентиляцию по формуле (4.3):

$$Q_B = q_F \cdot F \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (4.3)$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 19 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | | | | |

где $K_2 = 0,6$

$$Q_B = 85 \cdot 3,15 \cdot 10^6 \cdot 0,25 \cdot 0,6 = 63,113 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Средний недельный расход тепла на горячее водоснабжение по формуле (4.4;4.5):

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_3 = \frac{1,2(a+b)z c_p (t_2 - t_x)}{n_c}, \quad (4.4)$$

где 1,2 – коэффициент, который учитывает остывание воды в трубах

$a = 100$ (л/сут) – это норма расхода горячей воды на 1 человека в сутки

$b = 25$ (л/сут) – это норма расхода горячей воды в сутки для общественных зданий

$c_p = 4190 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \square}$ – это теплоемкость воды

$t_2 = 55 \square$ – это температура горячей воды

t_x – это температура холодной воды (для зимы $5 \square$, для лета $15 \square$)

$n_c = 86400$ сек. – это длительность подачи воды в сутки

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_3 = \frac{1,2 \cdot (100 + 25) 17522 \cdot 4,19 \cdot (55 - 5)}{86400} = 100,02 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_л = 0,8 (Q_{ГВС}^{ср.н.})_3 \frac{t_2 - t_x^л}{t_2 - t_x^з}, \quad (4.5)$$

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_л = 0,8 \cdot 100,02 \cdot \frac{55 - 5}{55 - 15} = 56,028 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Расчетные значения нагрузки горячего водоснабжения по формуле (4.6):

$$Q_{ГВС}^{расч} = k_n \cdot k_c \cdot Q_{ГВС}^{ср.н.} \quad (4.6)$$

где $k_n = 1,2$ – это коэффициент неравномерности за неделю

$k_c = 2,0$ – это коэффициент неравномерности за сутки

$$Q_{ГВС}^{расч} = 1,2 \cdot 2 \cdot 100,05 \cdot 10^6 = 240,05 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_л = 1,2 \cdot 2 \cdot 100,05 \cdot 10^6 = 134,47 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Средний расход теплоты за отопительный период по формуле (4.7):

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 20 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

$$Q_o^{cp} = Q_o' \frac{t_в - t_n}{t_в - t_{но}}, \quad (4.7)$$

где $t_n = +8^\circ\text{C}$ – это температура начального и конечного показателей отопительного периода

$t_n = +20^\circ\text{C}$ – это температура воздуха внутри помещения

$$Q_o^{cp} = Q_o' = 525.94 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Средний расход теплоты на вентиляцию по формуле (4.8):

$$Q_B^{cp} = Q_B' \frac{t_в - t_n}{t_в - t_{но}}, \quad (4.8)$$

для $t_n = t_{но} = -34^\circ\text{C}$,

$$Q_B = Q_B' = 63,113 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

для $t_n = +8^\circ\text{C}$,

$$Q_B = 63,113 \cdot 10^6 \frac{20 - 8}{20 + 34} = 14,03 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Составим график тепловой нагрузки, и график продолжительности тепловой нагрузки. Определим количество часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха равной, и ниже данной для города Челябинска в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Число часов за отопительный период

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| t_n | -34 | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | +8 |
| n | 7 | 39 | 166 | 520 | 1110 | 1950 | 2980 | 3980 | 5180 |

Годовой расход теплоты за отопительный период на отопление по формуле (4.9):

$$Q_0^{год} = Q_0^{cp} (n_0 - n_D) + n_D \frac{t_{ВД} - t_H^{cp.o.}}{t_B - t_H^{cp.o.}} \quad (4.9)$$

$$Q_0^{год} = 525,94 \cdot 10^6 (5182 \cdot 3600 + 0) = 9807,73 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Годовой расход теплоты на вентиляцию по формуле (4.10):

$$Q_B^{ГОД} = Q'_B \left(n + (n_0 - n) \frac{t_B - t_H^{cp.o.}}{t_B - t_{cp.o.}} \right) 1 - \frac{n_D}{n_0}, \quad (4.10)$$

$$Q_B^{ГОД} = 63,113 \cdot 10^6 (5180 \cdot 3600) = 1176,93 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение по формуле (4.11):

$$Q_{ГВС}^{ГОД} = (Q_{ГВС}^{cp.n.})_3 \left(n_{ГВС} + \beta \frac{t_2 - t_x^l}{t_2 - t_x^3} (n_{ГВС} - n_0) \right), \quad (4.11)$$

$$Q_{ГВС}^{ГОД} = 100,05 \cdot 10^6 \left(30,2 \cdot 10^6 + 0,8 \frac{55 - 15}{55 - 5} (30,2 - 15,84) \cdot 10^6 \right) = 3941,01 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Суммарная годовая тепловая нагрузка по формуле (4.12):

$$Q_{ГВС}^{\Sigma} = Q_0^{ГОД} + Q_B^{ГОД} + Q_{ГВС}^{ГОД}, \quad (4.12)$$

$$Q_{ГВС}^{\Sigma} = 9807,73 + 1176,93 + 3941,01 \cdot 10^6 = 14925,67 \cdot 10^6 \text{ (Вт)}$$

Для определения температур сетевой воды строим таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет температур сетевой воды

| Величина | | Единица измерения | Расчет |
|---|--|-------------------|--------|
| Наименование | Расчетная формула или способ определения | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Температура воды в подающем трубопроводе, расчетная | t'_{01} (по условию) | °С | 150 |
| Температура воды в обратном трубопроводе, расчетная | t'_{02} (по условию) | °С | 70 |

Продолжение таблицы 4.3

| | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Температура воды в стояке местной системы после смешения на вводе | τ'_{o3} | °C | 95 |
| Перепад температур воды в местной систем | $\theta'_o = \tau'_{o3} - \tau'_{o2}$ | °C | $95 - 70 = 25$ |
| Температурный напор нагрывательного прибора в местной системе | $\Delta t'_o = \frac{\tau'_{o3} + \tau'_{o2}}{2} - t_g$ | °C | $\Delta t'_o = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5$ |

Текущие значения температуры сетевой воды в подающем трубопроводе рассчитаем по формулам: (4.13)

$$\tau_{o1} = t_g + \Delta t'_o \cdot \bar{Q}_o^{0,8} + \bar{Q}_o (\delta \tau'_o - 0,5 \theta'_o), \quad (4.13)$$

Текущие значения температуры сетевой воды в обратном трубопроводе рассчитаем по формулам: (4.14)

$$\tau_{o2} = t_g + \Delta t'_o \cdot \bar{Q}_o^{0,8} - 0,5 \cdot \bar{Q}_o \theta'_o, \quad (4.14)$$

где Q_o – это величина относительной тепловой нагрузки по формуле (4.15):

$$\bar{Q}_o = \frac{Q_o}{Q'_o}, \quad (4.15)$$

Результаты расчёта сводим в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Температура сетевой воды

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|--------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| t_n | -34 | -30 | -28 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | +3 | +8 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Q_o | 525,9 41 | 468,98 | 467, 5 | 165,5 7 | 389,5 9 | 340,8 8 | 292,1 9 | 243,49 1 | 194,7 9 | 165,5 7 | 116, 88 |
| Q_o | 1 | 0,89 | 0,88 9 | 0,83 | 0,74 | 0,65 | 0,56 | 0,46 | 0,37 | 0,31 | 0,22 |
| τ_{o1} | 150 | 137,01 | 136, 9 | 129,8 7 | 19,07 1 | 108,1 6 | 97,10 3 | 91,385 | 73,19 | 65,42 | 53,4 6 |

Продолжение таблицы 4.4

| | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Q_{Σ} | 588,6 5 | 527,4 2 | 523, 6 | 490,8 7 | 436,3 4 | 381,7 9 | 327,2 5 | 272,7 1 | 218,1 9 | 185,4 4 | 130,0 3 |
| τ_{02} | 70 | 65,81 | 65,8 | 63,47 | 59,87 | 56,16 | 52,3 | 47,83 | 43,59 | 40,61 | 35,86 |
| Q_0 | 63,11 3 | 58,44 | 56,1 | 52,59 | 46,75 | 40,91 | 35,06 | 29,22 | 23,4 | 19,87 1 | 14,03 |

График представлен на рисунке 4.1.

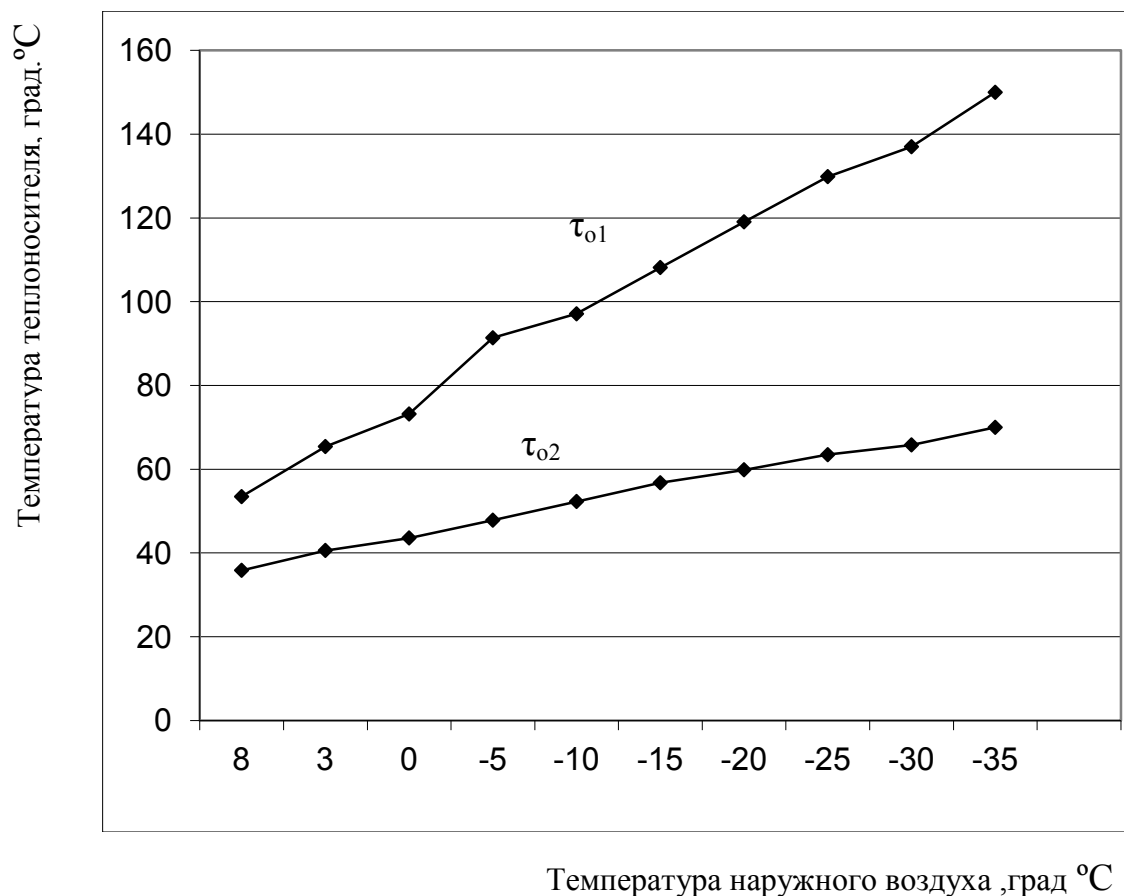


Рисунок 4.1 – График температур сетевой воды

Поскольку система отопления закрытая, то регулирование по отопительной нагрузке и подрезку графика делаю при температуре 65°.

По графику определяю:

$$t_{ни} = +3^{\circ}$$

$$t_{нз} = -28^{\circ}$$

$$\tau_{01}'' = 65^{\circ}$$

$$\tau_{02}'' = 40^{\circ}$$

Расчет расходов сетевой воды на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

Расход воды на отопление по формуле (4.16):

$$G'_o = \frac{Q'_o}{c_p \cdot \delta\tau'_o} \quad (4.16)$$

$$G'_o = \frac{525,94 \cdot 10^6}{4190(150 - 70)} = 1569 \text{ кг/с}$$

Расход воды на вентиляцию по формуле (4.17):

$$G'_в = \frac{Q'_в}{c_p \cdot \delta\tau'_o} \quad (4.17)$$

$$G'_в = \frac{63,113 \cdot 10^6}{4190 \cdot 80} = 188,28 \text{ кг/с}$$

Расход воды на гвс по формуле (4.18):

$$G_{звс} = \frac{Q^{\max}_o}{c_p \cdot (\tau'_{o1} - \tau_{o2})} \quad (4.18)$$

$$G_{звс} = \frac{240,05 \cdot 10^6}{4190(150 - 70)} = 716,1 \text{ кг/с}$$

Результаты расчетов сведем в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет расходов воды сетевой воды на ГВС

| t_n | -34 | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | +8 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_o | 1569 | 1569 | 1569 | 1569 | 1569 | 1569 | 1569 | 1569 | 348,7 |
| $G_в$ | 188,3 | 188,3 | 188,3 | 188,3 | 188,3 | 188,3 | 188,3 | 188,3 | 41,86 |

Продолжение таблицы 4.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------|--------|---------|---------|--------|----------|---------|---------|--------|---------|
| $G_{звс}$ | 716,3 | 804,89 | 863,07 | 968,02 | 1102,075 | 1279,12 | 1315,91 | 1936,1 | 3256,13 |
| G_{Σ} | 2473,6 | 2562,19 | 2620,37 | 272,32 | 2859,8 | 3036,42 | 3073,21 | 3693,4 | 5013,43 |

График представлен на рисунке 4.2.

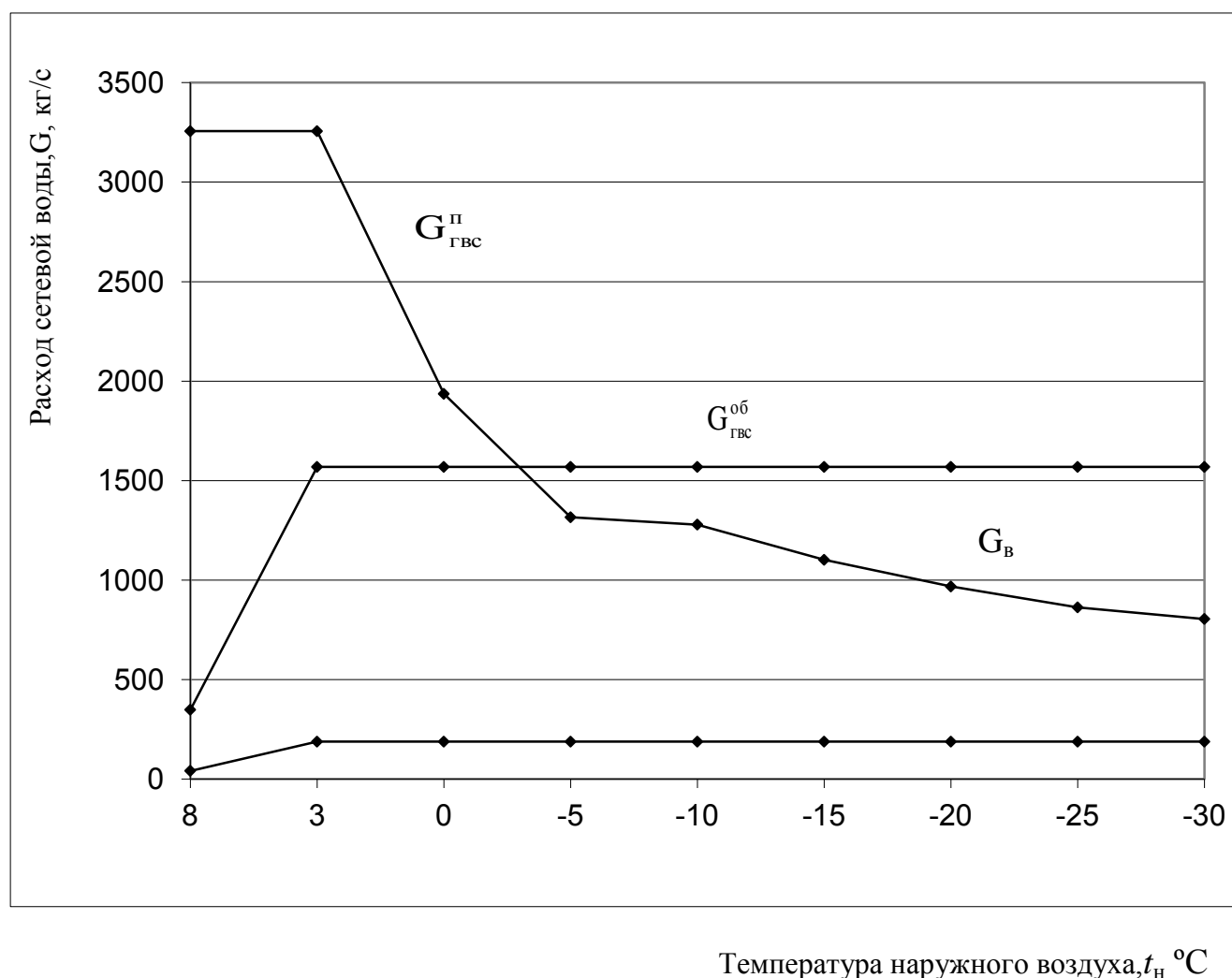


Рисунок 4.2 – График расходов сетевой воды

4.2 Расчет тепловой схемы котельной

Изображение принципиальной тепловой схемы отопительной котельной с закрытой двухтрубной системой теплоснабжения (ПРИЛОЖЕНИЕ А) (А.1)

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

Лист

26

Расчет тепловой схемы котельной

Результаты расчетов сведем в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расчет котельной

| Расчетная величина | Обозначение | Расчетная формула или способ определения | Единица измерения | Расчетный режим $t_{\text{HO}} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$ |
|---|--------------------|---|-------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Отопительная мощность | Q_c | $Q_0 + Q_b + Q_{\text{звс}}$ | МВт | 829,17 |
| Расход теплоты на собственные нужды | $Q_{\text{сн}}$ | $0,03 Q_c$ | МВт | 24,875 |
| Тепловая мощность котельной, общая | Q_k | $Q_0 + Q_b + Q_{\text{звс}} + Q_{\text{сн}}$ | МВт | 854,045 |
| Расход воды через котел | G_k | $\frac{Q_k}{c_p \delta \tau_0}$ | кг/с | 2547,87 |
| Температура воды на выходе из котла | $t_k^{\text{ВЫХ}}$ | $t_k^{\text{ВХ}} + \frac{Q_c}{c_p G_k}$ | °C | 150 |
| Расход воды на собственные нужды | $G_{\text{сн}}$ | $\frac{Q_{\text{сн}}}{C_p \cdot (t_k^{\text{ВЫХ}} - t_k^{\text{ВХ}})}$ | кг/с | 74,2 |
| Расход воды на линию рециркуляции | $G_{\text{рц}}$ | $\frac{G_k (t_k^{\text{ВХ}} - t_{02}^{\text{ВХ}})}{t_k^{\text{ВЫХ}} - t_{02}^{\text{ВХ}}}$ | кг/с | 0 |
| Расход воды по перемычке | $G_{\text{пм}}$ | $\frac{G_c (t_k^{\text{ВЫХ}} - t_{01}^{\text{ВХ}})}{t_k^{\text{ВХ}} - t_{01}^{\text{ВХ}}}$ $G_c = G_0 + G_b + G_{\text{ГВС}} = 1569 + 188 + 716,3 = 2473,38$ | кг/с | 0 |
| Расход исходной воды | $G_{\text{исх}}$ | $1,15 G_{\text{хво}} = 1,15 G_{\text{подп}} = 0,02 G_c$ | кг/с | 56,89 |
| Расход греющей воды на теплообменник химически очищенной воды Т№2 | $G_{\text{Г}}$ | $G_{\text{хво}} \frac{t_{\text{хво}}^{\text{ВЫХ}} - t_{\text{хво}}^{\text{ВХ}}}{t_{21} - t_{22}}$ | кг/с | 24,735 |
| Температура греющей воды после теплообменника №1 | t_{12} | $t_{11} - \frac{G_{\text{исх}}}{G_{21}} \cdot (t_{22}^{\text{хво}} - t_{\text{исх}}^{\text{ВХ}})$ | °C | 24 |
| Расход пара из деаэратора | $D_{\text{вып}}$ | $0,002 \cdot G_{\text{хво}}$ | кг/с | 0,099 |

Технические характеристики котла КВГМ – 100 – 150

Основной целью проведения поверочного теплового расчета котла является определение следующих параметров: температура воды, температура продуктов сгорания на границах между поверхностями нагрева, КПД агрегата, расход топлива.

Продолжение таблицы 4.7

| 1 | 2 | 3 |
|--|-------------------------|---------------------|
| мазут | °С | 180 |
| <i>КПД при номинальной нагрузке</i> | | |
| на газе | % | 94,5 |
| на мазуте | % | 92,0 |
| Гидравлическое сопротивление котла | кгс/м ² | 35000 |
| Давление воды расчетное | кгс/см ² | 25 |
| <i>Видимое теплонпряжение топочного объема</i> | | |
| газ | ккал/м ³ час | 551×10 ³ |
| мазут | ккал/м ³ час | 480×10 ³ |

Конструктивные характеристики котла

Топочная камера призматическая, полностью экранирована трубами диаметром 60×3 мм с шагом 64 мм. В задней части топочной камеры имеется промежуточная экранированная стенка, которая образует камеру догорания. Экранные трубы приварены непосредственно к камерам диаметром 219×10 мм. Экраны промежуточной стенки сделаны из труб диаметром 60×3 мм и установлены в два ряда с шагом $S_1 = 128$ мм и $S_2 = 182$ мм.

В вертикальной шахте с полностью экранированными стенками находится конвективная поверхность нагрева. Из труб диаметром 60×3 мм с шагом 64 мм. выполнены задняя и передняя стенки.

Боковые стены экранированы вертикальными трубками диаметром 83×3,5 мм с шагом 128 мм. Эти трубы также являются стояками для труб конвективных пакетов, которые набираются из U-образных ширм из труб диаметром 28×3 мм.

Ширмы расставлены так, чтобы трубы образовывали шахматный пучок с шагом $S_1 = 64$ мм и $S_2 = 40$ мм. Передняя стена шахты, которая является одновременно задней стеной топки, также выполнена цельносварной. В нижней части стены трубы разведены в четырехрядный фестон с шагом $S_1 = 256$ мм и $S_2 = 180$ мм.

Трубы, которые образуют переднюю, боковые и заднюю стены конвективной шахты, сварены сразу в камеры диаметром 219×10 мм.

Топочное устройство котла КВГМ – 100 - 150

Котел оборудован газо – мазутной ротационной горелкой РГМГ – 30. К положительным качествам таких форсунок можно отнести бесшумность в работе, большой диапазон регулирования и экономичную эксплуатацию, т.к. расход энергии на распыливание намного ниже, чем при других видах распыливания.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 29 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

С состав горелочного устройства входят следующие узлы: ротационная форсунка, газовая часть периферийного типа, устройство вторичного воздуха и воздухопровод первичного воздуха.

Ротор форсунки представляет собой полый вал, где закреплены гайки-питатели и распыливающий стакан.

Ротор приводится в движение асинхронным электродвигателем, с помощью клиноременной передачи. В передней части форсунок располагается завихритель первичного воздуха аксиального типа с профильными лопатками, установленными под углом 30°. Воздух от вентилятора первичного воздуха подается к завихрителю сквозь специальные окна в корпусе форсунки.

Воздухонаправляющее устройство вторичного воздуха, состоит из воздушно-го короба, завихрителя аксиального типа с профильными лопатками, которые установлены под углом 40°, и переднего кольца, который образует устье горелки.

В конструкторскую часть горелки периферийного типа входят газораспределяющая кольцевая камера с однорядной системой газовыдающих отверстий одинакового диаметра, и двух газоподводящих труб. таблица 4.8.

Таблица 4.8 – Технические характеристики горелки РГМГ – 30

| Наименование величины | Единица измерения | Значение |
|--|---------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Теплопроизводительность, номинальная | Гкал/час | 30 |
| Диапазон регулирования | % | 10-100 |
| Ротационная форсунка: | | |
| Диаметр распыливающего стакана | мм | 200 |
| Частота вращения стакана | об/мин | 5000 |
| Вязкость мазута перед форсункой | °ВУ | 8 |
| Давление мазута перед форсункой | кгс/см ² | 2 |
| Электродвигатель: | | |
| Тип | – | АОЛ2-31-2М101 |
| Мощность | кВт | 3 |
| Частота вращения | об/мин | 2880 |
| <i>Автономный вентилятор первичного воздуха (форсуночный):</i> | | |
| Тип | – | 30 ЦС-85 |
| Производительность | м ³ /час | 3000 |
| Давление воздуха | мм вод. ст. | 850 |
| Тип электродвигателя | – | АО-2-52-2 |

Продолжение таблицы 4.8

| | | |
|---|---------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Мощность | кВт | 13 |
| Частота вращения | об/мин | 3000 |
| Аэродинамическое сопротивление горелки по первичному воздуху не менее | кгс/см ² | 900 |
| Температура первичного воздуха | °С | 10-50 |
| Диаметр патрубка первичного воздуха | мм | 320 |
| <i>Воздушное направляющее устройство вторичного воздуха:</i> | | |
| Тип короба | – | С обычным прямым подводом воздуха |
| Ширина короба | мм | 580 |
| Сопротивление лопаточного аппарата | кгс/см ² | 250 |
| <i>Газовая часть:</i> | | |
| Тип газо-раздающей части | – | Периферийная с двусторонним подводом |
| Сопротивление газовой части | кгс/см ² | 3000-5000 |
| Диаметр устья горелки | мм | 725 |
| Угол раскрытия амбразуры | ° | 60 |
| <i>Габариты</i> | | |
| Диаметр присоединительного фланца | мм | 1220 |
| Длина | мм | 1446 |
| Высота | мм | 1823 |
| Масса | кг | 869 |

4.3 Тепловой расчет котла КВГМ-100-150

КВГМ – 100 – 150 сжигает природный газ. Характеристики и компоненты газа указаны в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Характеристика газа

| Характеристика | Компоненты газа, % | | | | | |
|-------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------|
| | 2 | | | | | |
| $Q_H^c, \text{кДж/м}^3$ | CH ₄ | C ₂ H ₆ | C ₃ H ₈ | C ₄ H ₁₀ | CO ₂ | N ₂ |
| 33519,521 | 96,02 | 2,23 | 0,47 | 0,08 | 0,1 | 1,2 |

4.3.1 Расчет объёмных характеристик продуктов сгорания

Теоретический объём воздуха, который необходим для сжигания 1 м^3 газа по формуле (4.19):

$$V_0 = 0.0476[0.5CO + 0.5H_2 + 1.5H_2S + \Sigma(m + 0.25n)C_mH_n - O_2], \quad (4.19)$$

$$V_0 = 0,0476[(1 + 0,25 \cdot 4)96,02 + (2 + 0,25 \cdot 6)2,23 + (3 + 0,25 \cdot 8)0,47 + (4 + 0,25 \cdot 10)0,08 - 0] \\ = 9,649\text{ м}^3 / \text{ м}^3$$

Теоретические объёмы продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$:

Объём трёхатомных газов по формуле (4.20):

$$V_{RO_2}^0 = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \Sigma mC_mH_n), \quad (4.20)$$

$$V_{RO_2}^0 = 0,01(0,1 + 1 \cdot 96,02 + 2 \cdot 2,23 + 3 \cdot 0,47 + 4 \cdot 0,08) = 1,023\text{ м}^3 / \text{ м}^3$$

Объём двухатомных газов равен теоретическому объёму азота по формуле (4.21):

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,01N_2 \quad (4.21)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 9,64 + 0,01 \cdot 1,2 = 7,6347\text{ м}^3 / \text{ м}^3$$

Объём водяных паров по формуле (4.22):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(H_2S + H_2 + \Sigma 0,5nC_mH_n + 0,124d_{г.мл}) + 0,0161V_0, \quad (4.22)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(0,5 \times 4 \times 96,02 + 0,5 \times 6 \times 2,23 + 0,5 \times 8 \times 0,47 + 0,5 \times 10 \times 0,08 + 1,24 + 0,0161 \times 9,649) = \\ = 2,024\text{ м}^3 / \text{ м}^3$$

$d_{г.мл}$ – влагосодержание топлива на 1 м^3 сухого газа,

$$d_{г.мл} = 10 \text{ г/м}^3.$$

Коэффициент избытка воздуха в топке котла примем равным $\alpha^{BX} = 1,1$. Присосы воздуха в газоходах котла $\Delta\alpha$ примем по справочнику. Все полученные данные сведём в таблице 4.10.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 32 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

Таблица 4.10 – Присосы воздуха в газоходе $\Delta\alpha$ и расчетный коэффициент избытка воздуха в газоходах α''

| Участки газового тракта | $\Delta\alpha$ | α'' |
|---------------------------------------|----------------|------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Топка | 0,08 | 1,18 |
| Газоход (после конвективной части) | 0,08 | 1,26 |

При значении коэффициента $\alpha > 1$ – объёмы продуктов сгорания и воздуха отличаются от теоретических на величину объёмов воздуха, и водяных паров, а те в свою очередь поступают в котёл с избытком воздухом. Расчеты объёмов продуктов сгорания, и расчет объёмных долей трёхатомных газов r_{RO_2} и r_{H_2O} произведем по методике, которая расписана в [13]. Все расчеты сведем в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет действительных объёмов продуктов сгорания

| Величина и размерность | Обозначение | Формула или способ определения | Расчетное значение | |
|---|--------------|-------------------------------------|--------------------|---------|
| | | | Топка | Газоход |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Коэффициент избытка воздуха в газоходе, расчетный | α''_m | По таблице 2.2 | 1,18 | 1,26 |
| Объем трехатомных газов, $м^3/м^3$ | V_{RO_2} | Из расчета | 1,023 | 1,023 |
| Объем двухатомных газов, $м^3/м^3$ | V_{N_2} | $V_{N_2}^o + (\alpha - 1)V^o$ | 9,3715 | 10,143 |
| Объем водяных паров, $м^3/м^3$ | V_{H_2O} | $V_{H_2O}^o + 0,016(\alpha - 1)V^o$ | 2,052 | 2,064 |
| Объем продуктов сгорания, $м^3/м^3$ | V_s | $V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}$ | 12,4465 | 13,23 |
| Объемная доля трехатомных газов | r_{RO_2} | $\frac{V_{RO_2}}{V_\Gamma}$ | 0,082 | 0,077 |
| Объемная доля водяных паров | r_{H_2O} | $\frac{V_{H_2O}}{V_\Gamma}$ | 0,1649 | 0,156 |
| Объемная доля трехатомных газов и водяных паров | r_n | $r_{RO_2} + r_{H_2O}$ | 0,2469 | 0,233 |

4.3.2 Теплосодержание воздуха и продуктов сгорания

Энтальпия или теплосодержание теоретического объёма воздуха и продуктов сгорания, на $1м^3$ сжигаемого топлива при температуре воздуха или продуктов сгорания t рассчитываются по формулам: (4.23;4.24;4.25;4.26;4.27)

$$I_{\epsilon}^{\circ} = V^{\circ} (ct)_{\epsilon}, \quad (4.23)$$

$$I_{RO_2}^{\circ} = V_{RO_2} (cv)_{N_2}, \quad (4.24)$$

$$I_{H_2O}^{\circ} = V_{H_2O} (cv)_{H_2O}, \quad (4.25)$$

$$I_{N_2}^{\circ} = V_{N_2} (cv)_{N_2}, \quad (4.26)$$

$$I_{\Gamma}^{\circ} = I_{RO_2}^{\circ} + I_{H_2O}^{\circ} + I_{N_2}^{\circ}, \quad (4.27)$$

где $(ct)_{\epsilon}$, $(cv)_{RO_2}$, $(cv)_{H_2O}$, $(cv)_{N_2}$ – это удельные энтальпии воздуха, трёхатомных газов, водяных паров и азота соответственно в кДж/м³. Все результаты расчета энтальпий теоретического объёма воздуха занесем в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 – Энтальпии теоретического объёма воздуха

| t, C° | $I_{\epsilon}^{\circ}, \text{кДж/м}^3$ | $I_{RO_2}^{\circ}, \text{кДж/м}^3$ | $I_{N_2}^{\circ}, \text{кДж/м}^3$ | $I_{H_2O}^{\circ}, \text{кДж/м}^3$ | $I_{\Gamma}^{\circ}, \text{кДж/м}^3$ |
|----------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 30 | 308,77 | - | - | - | - |
| 100 | 1273,67 | 172,9 | 992,5 | 305,6 | 1471 |
| 200 | 2180,67 | 365 | 1985,0 | 615,3 | 2965,3 |
| 300 | 3888,55 | 571,9 | 2992,8 | 937,1 | 4501,8 |
| 400 | 5229,76 | 789,8 | 4023,5 | 1267 | 6080,3 |
| 500 | 6599,92 | 1018,9 | 5069 | 1607,1 | 7695 |
| 600 | 8008,67 | 1250,1 | 6138,3 | 1957,2 | 9345,6 |
| 700 | 9446,37 | 1494,6 | 7222,4 | 2321,5 | 11038,5 |
| 800 | 10903,37 | 1743,2 | 8344,7 | 2702 | 12789,9 |
| 900 | 12360,37 | 1995,9 | 9489,9 | 3084,6 | 14570,4 |
| 1000 | 13855,96 | 2252,6 | 10642,7 | 3491,4 | 16386,7 |
| 1100 | 15390,2 | 213,5 | 11795,6 | 3896,2 | 18205,3 |
| 1200 | 16924,35 | 2779,5 | 12940,8 | 4313 | 20033 |
| 1400 | 19686,05 | 3314,5 | 15338,1 | 5177,4 | 23830 |
| 1600 | 23186,55 | 3853,6 | 17735,41 | 6074 | 27663 |
| 1800 | 26332,1 | 4402 | 20170,9 | 6999 | 31571,9 |
| 2000 | 29564,54 | 4954,4 | 22629,3 | 7946 | 35529,7 |
| 2200 | 32796,95 | 5510,9 | 21118,0 | 8903,6 | 39532,5 |

Энтальпии продуктов сгорания при $\alpha > 1$ определим по формуле (4.28):

$$I_2 = I_{\epsilon}^{\circ} + (\alpha - 1) I_{\epsilon}, \quad (4.28)$$

4.3.3 Тепловой баланс котлоагрегата и расход топлива

Полученные данные по расчету теплового баланса котла и расходу топлива сведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет теплового баланса котла и расхода топлива

| Величина и размерность | Обозначение | Формула или способ определения | Расчетное значение |
|---|--------------|---|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Располагаемая теплота топлива, КДж/м ³ | Q_p^p | $Q_p^p = Q_n^c$ | 33519,521 |
| Потеря теплоты от химической неполноты сгорания, % | q_3 | Примем по [8] | 0 |
| Потеря теплоты от механического недожога, % | q_4 | Примем по [8] | 0 |
| Температура уходящих газов, °С | $t_{ух.г}$ | Задано | 185 |
| Энтальпия уходящих газов, кДж/м ³ | $I_{ух.г}$ | Is – диаграмма, таблица 2.5 | 3310 |
| Энтальпия воздуха в котельной, кДж/м ³ | $I^o_{х.в}$ | Is – диаграмма, таблица 2.5 | 122 |
| Температура воздуха в котельной, °С | $t_{х.в}$ | Задано | 10 |
| Потеря теплоты с уходящими га- зами, % | q_2 | $(I_{ух.г} - \alpha_{ух.г} I^o_{х.в}) \times$ $\times (100 - q_4) / Q_n^c$ | 5,83 |
| Потеря тепла в окружающую сре- ду, % | q_5 | По [8] | 0,4 |
| Сумма потерь, % | Σq | $q_2 + q_3 + q_4 + q_5$ | 6,23 |
| КПД котла, % | $\eta_{к.а}$ | $100 - \Sigma q$ | 93,7 |
| Коэффициент сохранения тепла | φ | $1 - [q_5 / (\eta_{ка} + q_5)]$ | 0,9958 |
| Температура воды на входе в котел | $t'_в$ | По расчету | °С |
| Энтальпия воды на входе в котел, кДж/кг | $I'_в$ | Табл. VI-6 [2] | 294,6 |
| Температура воды на выходе из котла, °С | $t''_в$ | По расчету | 150 |
| Энтальпия воды на выходе из котла, кДж/кг | $I''_в$ | Табл. VI-7 [2] | 633,1 |
| Расход топлива, кг/с | B | $Q \cdot 100 / Q_n^p \cdot \eta_{ка}^{бр}$ | 3,47 |

4.3.4 Конструктивные характеристики топочной камеры

По конструктивным характеристикам топки рассчитаем полную площадь её стен и площадь луче – воспринимающих поверхностей.

Топка котла призматической формы, вертикальная, открытого типа, экранирована гладкими трубками $\varnothing 60 \times 3$ мм с шагом 64 мм, размеры топки на плане 6,23х6,23 м с высотой призматической части 5,5 м. Все трубки экранов соединены между собой горизонтально, поясами с шагом по высоте 2,8 м. В нижней части топки, фронтальной и задней экраны образуют под топку в виде холодной воронки.

Котлоагрегат оборудован тремя газо-мазутными горелками. Горелки размещены в два яруса, две горелки в нижнем ярусе и одна в верхнем ярусе. Все расчеты конструктивных характеристик и размеров топочной камеры сведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Конструктивные характеристики топочной камеры

| Величина и размерность | Обозначение | Способ определения | Расчетное значение |
|--|-------------|----------------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Объем топочной камеры, м ³ | V_m | По конструктивным размерам | 388 |
| Тепловое напряжение объема расчетное, кВт/м ³ | q_v | $B Q_n^c / V_m$ | 299 |
| Количество горелок, шт | N | По конструкции котла | 3 |
| Теплопроизводительность горелки, мВт | Q_2 | $1,25(BQ_n^c / n)10^{-3}$ | 38,7 |

4.3.5 Расчет теплообмена в топке

Результат расчета сведем в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Поверочный расчет топки

| Величина | Обозначение | Способ определения | Единица | Расчет |
|--|-------------|----------------------------|----------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Суммарная площадь лучевоспринимающей поверхности | H_n | табл. II-9 [2] | м ² | 325 |
| Полная площадь стен топочной камеры | F_{cm} | по конструктивным размерам | м ² | 331,4 |

Продолжение таблицы 4.16

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-------------|--|--------------------|----------|
| Общее тепловосприятие топки | Q_m^l | $\varphi \cdot (Q_m - I''_m)$ | кДж/м ³ | 12697,5 |
| Тепловая нагрузка стен топки | qF | $\frac{B_p \cdot Q_r}{F_{ct}}$ | кВт/м ² | 351 |
| Температура газов на выходе из топки | ν''_m | Рис. 5–8 [2] | °С | 1090 |
| Энтальпия газов на выходе из топки | I''_m | Табл. 1–4 | кДж/м ³ | 12751,03 |
| Коэффициент тепловой эффективности лучевосп. поверхности | Ψ_{cp} | $\frac{\zeta_{om} \cdot H_{л.ом}}{F_{cm}}$ | – | 0,637 |

4.3.6 Расчет конвективного пучка

Конвективные поверхности – это поверхности, в которых процесс передачи теплоты осуществляется путем конвективного теплообмена.

Конвективные пучки получают теплоту конвективного теплообмена и теплоту прямого излучения топки. При расчете такой поверхности нагрева будем использовать методику расчета конвективных поверхностей нагрева с учетом тепловосприятия прямого излучения топки. в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Тепловой расчет конвективного пучка

| Величина | Обозначение | Способ определения | Единица | Расчет |
|------------------------------------|-------------|---|----------------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Полная площадь поверхности нагрева | H | По конструктивным размерам (табл. II–9 [2]) | м ² | 2710 |
| Диаметр труб | d | По конструктивным размерам | мм | 0,28 |
| Средняя длина труб | l | По конструктивным размерам | м | 0,75 |
| Поперечный шаг труб | s_1 | По конструктивным размерам | м | 0,064 |
| Продольный шаг труб | s_2 | По конструктивным размерам | м | 0,04 |
| Относительный поперечный шаг труб | s_1/d | По конструктивным размерам | - | 2,286 |
| Относительный продольный шаг труб | s_2/d | По конструктивным размерам | - | 1,429 |

Продолжение таблицы 4.17

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-------------------|---|---|----------|
| Коэффициент теплоотдачи конвекцией | α_k | $\alpha_n \cdot C_z \cdot C_s \cdot C_\phi$, рис. 6–5 [2] | $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ | 103 |
| Суммарная оптическая толщина запыленного газового потока | kps | $(k_r r_n + k_{3л} \mu_{3л}) \cdot p \cdot s$ | | 0.259 |
| Степень черноты излучающей среды | a | $1 - e - kps$ | – | 0.228 |
| Температура загрязнения стенки трубы | t_{cm} | $t_{кип} + \Delta t$ | °С | 413.5 |
| Коэффициент теплоотдачи излучением | α_l | $\alpha_n \cdot a$ | $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ | 14.3 |
| Коэффициент теплопередачи | k | $\frac{\alpha_1}{1 + \xi \alpha_1}$ | $\frac{\hat{A} \delta}{i^2}$ | 117.3 |
| Тепловосприятие конвективного пучка | ε_0 | $\psi \cdot \alpha_1$ | $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ | 93.8 |
| Температурный напор на входе в пучок | Δt_δ | $v' - t'$ | °С | 944.65 |
| Температурный напор на выходе из пучка | Δt_m | $v'' - t''$ | °С | 43.88 |
| Средний температурный напор | Δt | Табл. 6–1 [2] | °С | 293.71 |
| Расхождение расчетных тепловосприятий | ΔQ | $\frac{Q_r - Q_r}{Q_r} \cdot 100$ | % | 0.8 |
| Температура газов перед конвективным пучком | v' | $v''m$ – из расчета точки | °С | 1090 |
| Энтальпия газов перед конвективным пучком | I' | $I''m$ – из расчета точки | кДж/м ³ | 20768.49 |
| Температура газов за конвективным пучком | v'' | По выбору (стр. 53 [2]) | °С | 160 |
| Энтальпия газов за конвективным пучком | I'' | По $I-v$ таблице | кДж/м ³ | 2705 |
| Площадь живого сечения для прохода газов | F | $AB - z_1 dA$ | м ² | 14,448 |
| Эффективная толщина излучающего слоя | s | $0,9 \left(\frac{4S_1 \cdot S_2}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \cdot d$ | м | 0.0797 |

4.3.7 Сводная таблица теплового расчета котлоагрегата и расчетная невязка теплового баланса

Технические характеристики тепловой баланс котла приведем в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Тепловой баланс котла

| Величина | Обозначени | Единица | Результат |
|--------------------------------------|------------|--------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Теплота топлива, располагаемая | Q_p^p | кДж/м ³ | 33519.521 |
| Теплота, вносимая воздухом | $Q_в$ | кДж/м ³ | 144.54 |
| Температура газов на выходе из топки | v''_m | °С | 1090 |
| Энтальпия газов на выходе из топки | I''_m | кДж/м ³ | 20768,49 |
| Тепловосприятие | $Q_л$ | кДж/м ³ | 18175,3 |
| <i>Конвективный пучок</i> | | | |
| Температура газов на входе в котел | v' | °С | 1090 |
| Температура газов на выходе из котла | v'' | °С | 140 |
| Энтальпия газов на входе в котел | I' | кДж/м ³ | 21152,67 |
| Энтальпия газов на выходе из котла | I'' | кДж/м ³ | 2253,2 |
| Тепловосприятие | Q | кДж/м ³ | 18392,8 |

Невязка теплового баланса составила 1,2%, расчет считаю верным.

4.4 Выбор оборудования

На основании всех вышеприведенных расчетов тепловой схемы котельной, необходимо предусмотреть установку четырех водогрейных котлов КВГМ -100-150. Для всех котлов устанавливаем: дымосос ДН – 22× 2, n = 750 об/мин с электродвигателем мощностью 257 кВт; дутьевой вентилятор ВДН-18, n = 980 об/мин с электродвигателем мощностью 160 кВт.

Сетевые насосы водогрейных котлов являются неотъемлемыми элементами тепловой схемы. Сетевые насосы определяем по расходу сетевой воды G, т/ч. В котельной, где стоят водогрейные котлы и подогреватели сетевой воды, необходимо установить не меньше двух сетевых насосов. Определим по расчету $G_{max} = 1569 \text{ кг/с} = 435,8 \text{ т/ч}$.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 40 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

Выбираем в качестве сетевых насосов два центробежных насоса ЦН – 1000 – 180 и шесть – СЭ – 1250 – 140 – 11. Сетевые насосы устанавливаются на обратной линии тепловых сетей, т.к. температура сетевой воды там не превышает 70°C.

Рециркуляционные насосы устанавливаются, чтобы повысить температуры воды на входе в котел, путем подмешивания горячей воды из прямой линии тепловых сетей. Выбираем три насоса СЭ – 500 – 70 – 16.

Для того, чтобы восполнить утечки воды необходимо установить подпиточные насосы, необходимое количество воды для покрытия утечек из закрытых теплофикационных систем примем равным 0,5% от общего объема воды в трубопроводах системы, а подача подпиточного насоса должна быть вдвое больше для возможности аварийной подпитки сетей. Исходя из всего вышеизложенного, выбираем три насоса ЗК – 6/К45/К55

Для обеспечения эффективной работы котельной с котлоагрегатами КВГМ-100-150 необходимо удалить из сетевой воды растворенные в ней коррозионно-активные газы кислорода и свободной углекислоты. Расход деаэрированной воды равен $34,03 \text{ кг/с} = 122,5 \text{ т/ч}$.

Выбираем атмосферный деаэратор: ДА – 100, производительностью 100 т/ч, три штуки.

В качестве подогревателя сетевой воды выберем ПСВ – 125 – 7 – 15

Тепловой расчет подогревателя сетевой воды ПСВ – 125 – 7 - 15

Исходные данные:

| | |
|------------------------------------|------|
| Параметры пара: | |
| давление, Р, МПа | 0,7 |
| температура, t, С | 400 |
| Параметры воды: | |
| давление, Р, МПа | 1,5 |
| температура на входе, t,С | 70 |
| температура на выходе, t, С | 150 |
| Расход воды, G ₂ , кг/с | 69,4 |
| Размеры трубки, мм | |
| диаметр, d | 19 |
| толщина стенки, | 1 |
| Число ходов воды, z | 4 |

Необходимо рассчитать:

– расход пара G₁;

– площадь поверхности нагрева F;

По расчетным данным выбрать теплообменник.

Определим расход греющего теплоносителя

1) Определим поверхности нагрева рекуперативного теплообменника, для этого используем уравнение теплопередачи по формуле (4.29):

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 41 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

$$Q = kF\Delta\bar{t}, \quad (4.29)$$

где k – это коэффициент теплопередачи для плоской стенки, Вт/(м²/С);

F – это поверхность теплообмена, м²;

\bar{t} - это средняя разность температур между теплоносителями, С.

2) Из уравнения теплового баланса для аппарата по формуле (4.30:4.31.):

$$Q = Q_1\eta = Q_2, \quad (4.30)$$

или

$$Q = G_1\Delta h_1\eta = G_2\Delta h_2, \quad (4.31)$$

где G_1, G_2 – это расходы горячего и холодного теплоносителей, кг/с;

h_1, h_2 – это изменение энтальпий теплоносителей в процессе теплообмена, Дж/кг;

η – это коэффициент, который учитывает потери тепла, примем в пределах 0,97- 0,99

3) Количество теплоты, которое воспринимает вода в трубках по формуле (4.32):

$$Q_2 = G_2c_{p2}(t_2'' - t_2'), \quad (4.32)$$

где c_{p2} – это изобарная теплоёмкость воды при средней температуре, Дж/(кг/С);

t_2 – это соответственно, температуры воды на входе в аппарат и на выходе из него, С.

Средняя температура воды в аппарате по формуле (4.33):

$$t_{2cp} = \frac{(t_2'' + t_2')}{2}, \quad (4.33)$$

$$t_{2cp} = \frac{(70 + 150)}{2} = 110(^{\circ}\text{C})$$

Тогда теплоёмкость воды при получившейся температуре равна

$$c_{p2} = 4233 \text{ Дж/(кг/С)}$$

С учетом этого, получаем

$$Q = 69,4 \cdot 4233 \cdot (150 - 70) = 23516,7 \cdot 10^3 \text{ (Вт)}$$

4) Количество теплоты, которое отдано паром в аппарате по формуле (4.34):

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

$$Q_1 = G_1(h_1' - h_1''), \quad (4.34)$$

где h_1' , h_1'' – это энтальпия перегретого пара на входе в аппарат, и кипящей воды (конденсата) на выходе из аппарата, соответственно, Дж/кг.

Значения энтальпий определяем при давлении пара $P = 7 \cdot 10^5$ Па /1, табл.П/:

$$h_1' = 3266 \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг)};$$

$$h_1'' = 720,9 \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг)}.$$

Расход пара в аппарате рассчитываем по формуле (4.38):

$$G_1 = \frac{Q}{\eta(h_1' - h_1'')} \quad (4.38)$$

или, принимаем $\eta = 0,98$,

$$G_1 = \frac{23516,7 \cdot 10^3}{0,98 \cdot (3266 - 720,9)} = 9,4 \text{ (кг/с)}.$$

Температурный напор

Для прямотока и противотока, средний температурный напор определим, как средне-логарифмический по формуле (4.39)

$$\bar{\Delta t} = \bar{\Delta t}_L = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mu}}} \quad (4.39)$$

где Δt_{δ} , Δt_{μ} – это наибольший и наименьший температурный напоры теплоносителей, °С.

Здесь $t_s = 164,96$ °С – это температура насыщения (температура насыщенного пара и конденсата) при давлении пара $P = 7 \cdot 10^5$ Па.

Пар поступает в аппарат в перегретом состоянии, с температурой $t = 400$ °С. В результате теплообмена он охлаждается до температуры $t_s = 164,96$ °С, переходит сначала в сухой насыщенный пар, а затем конденсируется при этой температуре.

Вода нагревается постепенно.

При практических расчетах ту часть, которая показывает переход перегретого пара в сухой насыщенный, не учитываем. Поэтому, в соответствии с рисунком 4.1, наибольший и наименьший температурные напоры, соответственно равны по формулам (4.40;4.41):

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | 43 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |

$$\Delta t_{\bar{o}} = t_s - t'_2, \quad (4.40)$$

$$\Delta t_{\bar{m}} = t_s - t''_2, \quad (4.41)$$

или

$$\Delta t_{\bar{o}} = 164,96 - 70 = 94,96(^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta t_{\bar{m}} = 164,96 - 150 = 14,96(^{\circ}\text{C})$$

Тогда, по формуле (4.39), средне-логарифмический температурный напор будет равен:

$$\Delta \bar{t}_l = \frac{94,96 - 14,96}{\ln \frac{94,96}{14,96}} = 45,3(^{\circ}\text{C}).$$

1) Теплоотдача при конденсации

Для того, чтобы определить коэффициент теплоотдачи от пара к внешней поверхности трубки, необходимо учесть температуру внешней поверхности стенки t_{c2} и высоту трубки H . Поскольку, значения этих величин неизвестны, следовательно, расчет будем производить методом последовательных приближений.

В первом приближении принимаем, что температура внешней поверхности стенки отличается от температуры насыщения пара, который движется в межтрубном пространстве, на величину, равную половине средне-логарифмического температурного напора по формуле (4.42):

$$t_{c2} \cong t_s - 0,5\Delta \bar{t}_l, \quad (4.42)$$

$$t_{c2} \cong 164,96 - 0,5 \cdot 45,3 = 143,31(^{\circ}\text{C}).$$

В вертикальных подогревателях типа ПСВ, кроме двух основных трубных досок, с закрепленными трубками, по высоте трубок расположены дополнительные перегородки, они служат для сбора стекающего по трубкам конденсата. Во время расчета, необходимо учесть их влияние на теплоотдачу от пара к трубкам. Поэтому для первого приближения задаемся наибольшим расстоянием между перегородками:

$$h = 1,32 \text{ м.}$$

Отсюда приведённая высота трубки по формуле (4.43):

$$Z = \Delta t_1 h A = (t_s - t_{c1}) h A, \quad (4.43)$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 44 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

где Δt_1 – это разность между температурами пара и стенок трубки, °С;
 h – это высота трубки, м;
 A – это коэффициент, определяемый по таблице 4.8-1 /4/ при температуре насыщения.

$$t_s = 164,96^\circ\text{C}, A = 128,94 \text{ 1}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$Z = (164,96 - 143,31) \cdot 1,32 \cdot 128,94 = 3685$$

Т.к. $Z > 2300$ - следовательно, режим течения пленки конденсата – турбулентный. Поэтому формула для определения коэффициента теплоотдачи при конденсации пара на стенках вертикальной трубы будет иметь вид (4.44):

$$\alpha_1 = \frac{\left[253 + 0,069 \left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_c} \right)^{0,25} \text{Pr}_{жс}^{0,5} (Z - 2300) \right]^{\frac{4}{3}}}{\Delta t_1 h B} \quad (4.44)$$

где $\text{Pr}_{жс} = 1,0552$ и $\text{Pr}_c = 1,2035$ – это числа Прандтля для воды, соответственно, при

$$t_s = 164,96^\circ\text{C} \text{ и } t_{c1} = 143,31^\circ\text{C}, \text{ таблица 4.11.}$$

B – это коэффициент, определяемый по таблице 4.8 при температуре насыщения $t_s = 164,96^\circ\text{C}$, $B = 11,56 \cdot 10^{-3} \text{ м}/\text{Вт}$. С учетом этого, получаем по формуле(4.45):

$$\alpha_1 = \frac{\left[253 + 0,069 \left(\frac{1,0552}{1,235} \right)^{0,25} \cdot 1,0552^{0,5} \cdot (3685 - 2300) \right]^{\frac{4}{3}}}{21,65 \cdot 1,32 \cdot 11,56 \cdot 10^{-3}} = 9779,4 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right) \quad (4.45)$$

2) Теплоотдача при движении воды в трубах

Во время движения воды по аппарату вода нагревается. Средняя температура воды в аппарате по формуле (4.46):

$$t_{cp2} = \frac{t_2'' - t_2'}{2} \quad (4.46)$$

$$t_{cp2} = \frac{150 + 70}{2} = 110^\circ\text{C}.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 45 |

При этой температуре вода имеет следующие физические свойства, таблица 4.11.

$\nu_{ж2} = 0,276 \cdot 10^{-6}$ м²/с – кинематическая вязкость;
 $\lambda_{ж2} = 0,685$ Вт/(м⁰С) – коэффициент теплопроводности;
 $\rho_{ж2} = 951$ кг/м³ – плотность;
 $Pr_{ж2} = 1,6$ – число Прандтля.

Для того, чтобы определить режим течения воды в трубках, рассчитаем безразмерный критерий Рейнольдса по формуле (4.47):

$$Re = \frac{w_2 d_{вн}}{\nu_{ж2}} \quad (4.47)$$

Будем исходить из условия турбулентности течения воды в трубках, и по экономическим соображениям, рекомендуется выбирать скорость воды в пределах 1-3 м/с. Принимаем скорость воды равной $w = 1,5$ м/с.

$d_{вн}$ – внутренний диаметр трубок, $d_{вн} = d - 2\delta = 0,017$ м.

Отсюда следует:

$$Re = \frac{1,5 \cdot 0,017}{0,685} = 93750.$$

Видно, что режим течения воды в трубках – турбулентный. Поэтому теплоотдача в трубках определяем выражением по формуле (4.48):

$$Nu_{ж2} = 0,021 Re^{0,8} Pr_{ж2}^{0,43} \left(\frac{Pr_{ж2}}{Pr_{с2}} \right)^{0,25} \quad (4.48)$$

где $Pr_{с2} = 1,239$ – это число Прандтля для воды при температуре внутренней стенки трубы $t_{с2}$, таблица 4.11. Причём температура $t_{с2}$ равна по формуле (4.49):

$$t_{с2} = t_{с1} - \Delta t_c, \quad (4.49)$$

Перепад температур по толщине стенки оценим приблизительно в 1°С, то есть $\Delta t_c = 1^\circ\text{C}$.

$$t_{с2} = 143,31 - 1 = 142,31(^\circ\text{C})$$

Тогда по формуле (4.15)

$$Nu_{ж2} = 0,021 \cdot 93750^{0,8} \cdot 1,6^{0,43} \cdot \left(\frac{1,6}{1,239} \right)^{0,25} = 260,22$$

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 46 |

С другой стороны, критерий Нуссельта будет равен по формуле (4.50):

$$Nu_{ж2} = \frac{\alpha_2 d_{вн}}{\lambda_{ж2}} \quad (4.50)$$

Отсюда получаем, что коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки трубки к воде равен по формуле (4.51):

$$\alpha_2 = Nu_{ж2} \frac{\lambda_{ж2}}{d_{вн}} \quad (4.51)$$

или

$$\alpha_2 = 260,22 \cdot \frac{0685}{0,017} = 10485 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{°C}} \right)$$

3) Коэффициент теплопередачи

В общем случае, для поверхности теплообмена, которая состоит из круглых труб, коэффициент теплопередачи будет равен по формуле (4.52):

$$k = \frac{1}{d_{ср} \left(\frac{1}{\alpha_1 d} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d}{d_{вн}} + \frac{1}{\alpha_2 d_{вн}} \right) + R_{загр}} \quad (4.52)$$

где $R_{загр}$ – это сопротивление загрязнения, $\text{м}^2 \text{°C}/\text{Вт}$;

α_1, α_2 – это соответственно, коэффициенты теплоотдачи греющего и нагреваемого теплоносителей, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{°C})$;

$d_{ср}, d_{вн}, d$ – это средний, внутренний и наружный диаметры труб.

Однако обычно в теплообменниках применяются трубы с отношением диаметров $d/d_{вн} < 1,4$. В таком случае расчёт с небольшой погрешностью можно вести как для плоской стенки по формуле (4.53):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2} + R_{загр}} \quad (4.53)$$

где $\delta_{ст}$ – это толщина стенок трубы, м;

$\lambda_{ст}$ – это коэффициент теплопроводности материала стенок трубы, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{°C})$.

Для нашего теплообменного аппарата отношение диаметров $d/d_{вн} = 19/17 = 1,1$, следовательно, расчет можно вести как для плоской стенки.

В качестве материала для изготовления труб используется латунь, примем

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 47 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

Л59-1. Коэффициент теплопроводности этого сплава равен

$\lambda = 104,5 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С) /5}$, таблица 4.12.

Сопротивление загрязнения примем в соответствии с таблицей 4.1 для химически очищенной воды при температуре выше 50°С : $R_{\text{згр}} = 0,00017 \text{ м}^2\text{С/Вт}$.

С учетом всего вышеизложенного, по формуле (4.18) получим

$$k = \frac{1}{\frac{1}{9779,4} + \frac{0,001}{104,5} + \frac{1}{10485} + 0,00017} = 4870,46 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{ }^\circ\text{С}} \right).$$

4) Средняя плотность теплового потока определяем по уравнению теплопередачи по формуле (4.54):

$$q = k\Delta t_{\text{л}}, \quad (4.54)$$

$$q = 4870,46 \cdot 43,3 = 210 \cdot 10^3 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right)$$

5) По уравнению (4.1) определим площадь поверхности теплообмена в первом приближении по формуле (4.55):

$$F = \frac{Q}{q} \quad (4.55)$$

$$F = \frac{23516,7 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^3} = 112 (\text{м}^2)$$

Выбираем теплообменник. Полученная площадь поверхности теплообмена составила $F=112 \text{ м}^2$, теплообменник выберем с запасом 10%, т.е. 123 м^2 , следовательно – ПСВ – 125 – 7 – 15.

Конструктивные характеристики ПСВ – 125 – 7 – 15:

– диаметр кожуха $D=1020 \text{ мм}$

– количество трубок 640

– длина трубок 3410 мм

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 48 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Водогрейный котел (ВК) серии КВГМ тепловой мощностью 100 Гкал/ч с типовыми горелочными устройствами РГМГ на 30 МВт получил широкое применения на советском рынке, для нагрева воды в пиковых и основных режимах котельных.

При эксплуатации:

- имеют место нестабильные режимы горения с пульсацией в топке и как следствие раскачка экранной системы котла, а также элементов газового оборудования по фронтальному экрану;
- на КВГМ –100 возникает противофазная резонансная раскачка давления воздуха по горелкам с усилением амплитуды колебания разрежения;
- наблюдается эжекция в аксиальном аппарате с локальным обгоранием лопаток.

Указанные недостатки приводят к:

- разрушениям обмуровки и ребер жесткости каркаса;
- непрерывным нарастаниям присосов (за осенне-зимний период в среднем на 20 – 30%);
- тепловой перегрузке конвективной части котлов (из – за низкой светимости в топке и больших разрежений);
- снижению КПД котлов и дополнительным энергозатратам на тягу и дутье.

Для снижения пульсации (вибрации котла) наладочный персонал вынужденно организует режимы горения, с давлением воздуха, отвечающим значениям $\alpha=1,3$ – $1,5$ за топкой. При этом в режимных картах, как правило, по «экономическим» соображениям показаны фиктивные значения $\alpha=1,3$ – $1,4$ за дымососом.

Проблемы горелочных устройств (ГУ) хронические и не решаются по двум основным причинам.

1 Теплоэнергетический рынок ВК и ГУ инерционен, у производителей (поставщиков) отсутствует посыл и потребность к оптимизации ГУ, да и зачем что-либо менять, если продукция находит сбыт.

2 В значительной степени утрачен инженерный потенциал. На уровне НИОКБ или в ВУЗах поиска решений также нет по причине отсутствия государственных программ и соответственно финансирования проектов.

Такое положение дел, вернее, их отсутствие, сегодня не устраивает ни владельцев ВК и ГУ, ни реальных потребителей услуг по отоплению и горячему водоснабжению. Последние задаются вопросом: «Как соответствуют «хронические проблемы ВК и ГУ» требованиям времени в области энергосбережения, энергоэффективности и тех – ногенной безопасности с инновационными подходами к решению технологических проблем?!».

Решение данной проблемы заключается в создании консорциума наладочно-монтажной организации с собственником генерации тепловой энергии. Первые, если это профессионалы, обязаны по роду деятельности организовать и обеспечить модернизацию ГУ. Вторые, заинтересованные в минимизации

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 49 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

эксплуатационных затрат, повышении экологичности и экономичности генерации тепла и горячей воды, должны обеспечить необходимый уровень эксплуатации и обслуживания энергетического оборудования. Проведенное детальное обследование состояния энергетического оборудования, выяснение опыта ведения режимов и объемов обслуживания этого оборудования, а также изучение отчетов наладочных организаций, проводивших пуско – наладочные работы, и проведенные по фактическому состоянию оборудования аэродинамические и теплотехнические испытания подтверждают повсеместное наличие вышеназванных проблем этой серии котлов в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень мероприятий, направленных на повышение надежности, экономичности и экологической безопасности водогрейного котла КВГМ – 100

| Отмеченные недостатки | Предлагаемые мероприятия |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Пониженное давление воды в котле | Установка регулирующих клапанов РК-1 в отводящих трубопроводах станции |
| Недостаточная надежность верхнего конвективного пакета | Разделение на два пакета с сохранением U-образной конструкции, диаметра труб и уменьшением вдвое числа змеевиков в каждой части Разделение на два пакета из прямых труб диаметром 32 мм с организацией перемешивания воды в рассечке между частями |
| Малая эффективность дробеочистительной установки | Устройство газоимпульсной очистки труб конвективной шахты |
| Повышенные выбросы оксидов азота с уходящими газами в атмосферу | Установка воздушных сопел на фронтальной и боковых стенах топки, устройство системы рециркуляции дымовых газов |
| | Установка воздушных сопел на фронтальной и боковых стенах топки |
| | Перенос горелок на боковые стены топки, устройство воздушных сопел над ними |

6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

В настоящее время, на фоне стремительного темпа развития промышленных предприятий во всем мире, очень остро встала проблема охраны окружающей среды от воздействия вредных промышленных выбросов.

Защита окружающей нас атмосферы от выбросов промпредприятий и энергообъектов, на сегодняшний день, является самой важной проблемой современного человечества. Загрязнение воздушной среды приводит к возникновению таких последствий как парниковый эффект, кислотные дожди, смог, разрушение озонового слоя земли. экономике.

В процессе полного сгорания топлива, в дымовых газах происходит образование углекислого газа CO_2 , водяных паров H_2O , азота N_2 , окислов серы SO_2 (сернистый ангидрид), SO_3 (серный ангидрид). При высоких температурах в ядре факела топков котлоагрегатов высокой мощности происходит частичное окисление азота, который, в свою очередь, содержится в воздухе и топливе. Образуются окислы азота NO (окись азота) и NO_2 (двуокись азота).

Основные характеристики оборудования:

Тип котельного агрегата: КВГМ –100

Количество: 4 шт.

Тепловая производительность: 100 Гкал/ч

Температура уходящих газов: 177 °С.

Топливо: природный газ (Тюменское месторождение)

Характеристика топлива:

$\text{CO}_4=96,02\%$

$\text{C}_2\text{H}_6=2,13\%$

$\text{C}_3\text{H}_8=0,47\%$

$\text{C}_4\text{H}_{10}=0,08\%$

$\text{CO}_2=0,1\%$

$\text{N}_2=1.2\%$

Низшая удельная теплота сгорания:

$Q_n^p = 8006 \text{ ккал/м}^3 = 33519,521 \text{ кДж/кг}$.

Расход топлива для одного котла: $V = 3,47 \text{ т/ч}$

Высота дымовой трубы: 120 м,

Наружный диаметр верхней части: 4.2 м,

Внутренний диаметр верхней части: 3,8 м,

Главным источником образования вредных веществ, при работе котельной, являются котлы. Во время горения газа - в атмосферу поступают вредные вещества, такие как:

- окись углерода;
- окислы азота;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 51 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

6.1 Мероприятия по охране окружающей среды

В процессе сжигания топлива, происходит выброс вредных веществ в окружающую среду, а именно вместе с основными продуктами сгорания ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{NO}_2$), в атмосферу попадают загрязняющие вещества в твердом сажа и зола, в газообразном состоянии попадают такие вещества как серный и сернистый ангидрид (SO_2, SO_3). Все продукты, появившиеся в ходе неполного сгорания, являются вредными ($\text{CO}, \text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6$).

Еще одними из токсичных соединений, попадающими в атмосферу являются оксиды азота. Они образуются, в процессе окисления азота и азота воздуха которые входят в состав топлива, соответственно также они будут содержаться и в продуктах сгорания любого топлива.

В процессе реакции в топочной камере, образуется окись азота NO (более 95%). Образование двуокиси азота NO_2 , за счет доокисления окиси азота, требует более значительного промежутка времени, происходит при низких температурах, и на открытом воздухе.

Оксиды азота – вещества, малорастворимые в воде. Очистка продуктов сгорания от оксидов азота является технически сложной операцией, и в большинстве случаев экономически нецелесообразна. Вследствие этого, все усилия должны быть направлены на снижение образования окислов процессе сгорания топливного материала.

Рациональным способом снижения образования вредных окислов азота, является применение двухстадийного сжигания топлива, т. е. использования двухступенчатых горелок.

Применение специальных горелочных устройств для двухстадийного горения или получения растянутого по длине топочного факела позволяет существенно снизить выбросы оксидов азота. Поэтому, в первичную зону горения подается около 60% воздуха необходимого для горения, остальная часть подается во вторую зону, там - как раз и происходит дожигание продуктов неполного сгорания.

Поступление воздуха со сниженной температурой также является эффективным способом уменьшения оксидов азота, как за счет уменьшения температурного уровня в топке, так и за счет снижения концентрации свободного кислорода.

Защита окружающего воздуха от вредных выбросов нормируется предельно допустимыми концентрациями (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. ПДК вредных веществ в воздухе является критерием для санитарной оценки среды.

Под предельно допустимой концентрацией понимается такая концентрация различных веществ и химических соединений, которая при ежедневном воздействии на организм человека не вызывает патологических изменений или заболеваний.

ПДК атмосферных загрязнений устанавливаются в двух показателях: максимально-разовая и среднесуточная.

Для двуокиси азота (NO_2) предельно допустимая максимально – разовая концентрация равна $0,085 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная $0,04 \text{ мг/м}^3$.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 52 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

При одновременном совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, суммацией вредного действия, для каждой группы указанных веществ однонаправленного вредного действия рассчитывается безразмерная суммарная концентрация вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, приводятся условно к значению концентрации с одного из них. Безразмерная концентрация q определяется по формуле (6.1):

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (6.1)$$

C_1, C_2, C_3, C_n это фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, $мг/м^3$.

$ПДК_1, ПДК_2, ПДК_3, ПДК_n$ это предельно допустимая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, $мг/м^3$.

Все газы подлежат рассеиванию в атмосфере, даже если они не являются токсичными. Снижение концентрации загрязняющих веществ, происходит вследствие рассеивания их через высокие дымовые трубы. Поток газов, попадая в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом и за счет этого концентрация вредных веществ на уровне дыхания снижается до допустимого нормативного значения.

Главным фактором, который влияет на рассеивание токсичных веществ, является ветер.

Подведем итог: предусмотренный проектом комплекс мероприятий по охране атмосферного воздуха включает:

- применение в качестве основного топлива природного газа более экологически чистого вида топлива;
- установка достаточно высоких дымовых труб (расчет приведен ниже);
- котлы оснащены приборами, которые регулируют количество воздуха и процесс горения, это в свою очередь, дает возможность контролировать процесс горения топлива.

6.2 Расчет концентрации загрязняющего вещества (NO_2)

В связи с тем, что тепловая нагрузка для летнего режима составляет всего 20% от тепловой нагрузки зимнего режима, а зимой количество выбросов в окружающую среду больше, расчет концентрации загрязняющего вещества (NO_2) будем производить для зимнего режима.

Расход топлива на четыре котла для зимнего режима по формуле (6.2):

$$B = 4 \cdot 3,47 = 13,88 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6.2)$$

Выброс окислов азота по формуле (6.3):

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 53 |

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \beta_1 k \cdot B \cdot Q_H^p \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) (1 - \beta_2 r) \cdot \beta_3, \text{ г/с}, \quad (6.3)$$

$\beta_1 = 1$ это безразмерный поправочный коэффициент, который учитывает влияние на выход окислов азота качества сжигаемого топлива и способа шлакоудаления;

$\beta_2 = 0$ это коэффициент, который характеризует эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку;

$r = 0$ это степень рециркуляции инертных газов в процентах расхода дутьевого воздуха;

$\beta_3 = 1$ это коэффициент, который учитывает конструкцию горелок;

k это коэффициент, который характеризует выход окислов азота на 1 т сожженного условного топлива, кг/т.

Для водогрейных котлов по формуле (6.4):

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_\phi}{20 + Q_H} \text{ кг/т}, \quad (6.4)$$

где: Q_H и Q_ϕ это номинальная и фактическая теплопроизводительности котельного агрегата, Гкал/ч.

$$k = \frac{2,5 \cdot 90}{20 + 100} = 1,875 \text{ кг/т}$$

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 1 \cdot 1,875 \cdot 13,68 \cdot 33,52 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 29,7 \text{ г/с}$$

Теоретический объём воздуха необходимый для сжигания 1 м^3 топлива по формуле (6.5):

$$V_0 = 0,0476 [0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \Sigma(m + 0,25n)C_m H_n - O_2] \quad (6.5)$$

$$V_0 = 0,0476 \left[\frac{(1 + 0,25 \cdot 4)96,02 + (2 + 0,25 \cdot 6)2,23 + (3 + 0,25 \cdot 8)0,47 +}{(4 + 0,25 \cdot 10)0,08 - 0} \right] = 9,649 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объём трёхатомных газов найдем по формуле(6.6):

$$V_{RO_2}^O = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \Sigma m C_m H_n), \quad (6.6)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

$$V_{RO_2}^0 = 0,01(0,1 + 1 \cdot 96,02 + 2 \cdot 22,23 + 3 \cdot 0,47 + 4 \cdot 0,08) = 1,023 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объём двухатомных газов равен теоретическому объёму азота по формуле (6.7):

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + 0,01N_2, \quad (6.7)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 9,649 + 0,01 \cdot 1,2 = 7,6347 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объём водяных паров по формуле (6.8):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(H_2S + H_2 + \Sigma 0,5n C_m H_n + 0,124d_{z.mл}) + 0,0161V_o, \quad (6.8)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \left(\begin{array}{l} 0,54 \cdot 96,02 + 0,5 \cdot 6 \cdot 2,23 + 0,5 \cdot 8 \cdot 0,47 + 0,5 \cdot 10 \cdot \\ 0,08 + 1,24 + 0,0161 \cdot 9,649 \end{array} \right) = 2,024 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объём продуктов сгорания для природного газа при нормальных условиях определим по формуле (6.9):

$$V_2 = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O}, \quad (6.9)$$

$$V_2 = 1,023 + 7,6347 + 2,024 = 10,68 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Приведенный объём по формуле (6.10):

$$V_{np} = \frac{P \cdot V \cdot T}{P \cdot T_H} \text{ м}^3 / \text{м}^3, \quad (6.10)$$

$$V_{np} = \frac{7 \cdot 101325 \cdot 273}{101325 \cdot 273} = 7,1403 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объёмный расход выбрасываемых газов для четырех котла определим по формуле (6.11):

$$V = 4B \cdot V_{np} \text{ м}^3 / \text{с}, \quad (6.11)$$

$$V = 4 \cdot 142,4 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Концентрация окислов азота котла определим по формуле (6.12):

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 55 |

$$C_{NO_2} = \frac{M_{NO_2}}{V}, \text{ г/м}^3 \quad (6.12)$$

$$C_{NO_2} = \frac{29,7}{241,512} = 0,115 \text{ г/м}^3.$$

Поскольку, высота дымовой трубы известна (120 м.), необходимо определить скорость газов на выходе из трубы и концентрацию окислов азота в приземном слое.

Скорость газов на выходе из трубы по формуле (6.13):

$$w = \frac{4V}{\pi d^2}, \quad (6.13)$$

$$w = \frac{4 \cdot 241,512}{3,14 \cdot 3,8^2} = 23,7 \text{ м/с}$$

Примем параметр А = 160 (для Уральского региона), параметр F = 3.

Высота трубы Н=120м определим по формулам (6.14;6.15;6.16):

$$V = 0,5 \sqrt{\frac{V \cdot H}{n}}, \quad (6.14)$$

$$V = 0,5 \sqrt{\frac{241,512 \cdot 120}{1}};$$

$$n = 1$$

$$f = \frac{10 \cdot w \cdot D}{H \cdot A}, \quad (6.15)$$

$$f = \frac{10 \cdot 23,7}{1 \cdot 160 \cdot 3},$$

$$f = \frac{1}{0,5113}, \quad (6.16)$$

$$f = \frac{1}{0,5113} = 1,9558$$

Концентрация окислов азота в приземном слое по формуле(6.17):

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2}}{B \cdot V} \text{ мг/м}^3, \quad (6.17)$$

$$C_{NO_2} = \frac{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 46}{12 \cdot 10^3} \text{ мг/м}^3;$$

Получаем значения $C_{NO_2} < ПДК_{NO_2} = 0,085 \text{ мг/м}^3$, отсюда хорошо видно, что высота дымовой трубы удовлетворяет необходимым условиям и рассеивает выбросы до нужной концентрации.

6.3 Сточные воды котельной

Сточные воды промышленных предприятий по химическому составу делятся на:

- 1) производственные – т.е. использованные в технологическом процессе производства, или получающиеся при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руд и т.п.);
- 2) бытовые – т.е. от санитарных узлов производственных и непромышленных корпусов и зданий, а также от душевых установок, которые имеются на территории промпредприятий;
- 3) атмосферные – т.е. дождевые, и от таяния снега.

Все производственные сточные воды можно разделить на две основные категории: загрязненные и не загрязненные (условно чистые)

Загрязненные сточные воды содержат разные примеси и подразделяются на три группы:

- 1) загрязненные, в – основном, минеральными примесями (предприятия машиностроительной, металлургической, заводы по производству минеральных удобрений, рудоугледобывающей промышленности, кислот, строительных материалов и тд.);
- 2) загрязненные, в-основном, органическими примесями (предприятия мясной, пищевой, целлюлозно – бумажной рыбной, молочной, химической, микробиологической промышленности, заводы по производству пластмасс, каучука и тд.);
- 3) загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтехимической, фармацевтической, текстильной, нефтеперерабатывающей промышленности, заводы по производству сахара, консервов, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и тд.).

По величине концентрации загрязняющих веществ, производственные сточные воды делятся на четыре группы: 1...500, 500...5000, 5000...30000, более 30000 мг/л.

По степени агрессивности эти воды разделяются на: слабо агрессивные (слабокислотные с рН=6...6,5 и слабощелочные с рН=8...9), сильноагрессивные

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 57 |

(сильнокислотные с $pH < 6$ и сильнощелочные с $pH > 9$) и неагрессивные (с $pH = 6,5 \dots 8$).

По величине концентрации загрязняющих веществ, производственные сточные воды делятся на четыре группы:

от 1 до 500 мг/л,

от 500 до 5000 мг/л,

от 5000 до 30000 мг/л,

более 30000 мг/л.

Все органические отходы имеют свойство окисляться бактериями и другими различными микроорганизмами. Для окисления необходим кислород, растворенный в воде. Большинство полезных обитателей водоемов плохо переносят низкое содержание кислорода в воде, или вообще не могут жить в таких условиях. Уровень загрязнения пробы органическими отходами измеряется значением

БПК – биологическое (биохимическое) потребление кислорода. БПК – это то количество кислорода, которое необходимо для окисления бактериями и простейшими организмами в 1 л загрязненной воды. БПК выражается в миллиграммах кислорода на 1 литр.

Воздействие даже одной такой примеси на качество воды будет проявляться в зависимости от ее концентрации в разных аспектах: внешние признаки качества воды, санитарный режим водоема и тд. В связи с этим, при установлении ПДК вредных примесей в водоемах, ориентируются на минимальную предельную подпороговую концентрацию (ППК) вещества по одному из следующих показателей:

ППК_{ор.л} определяется по изменению органолептических характеристик (цвет, привкус, запах);

ППК_{с.р.в} определяется по влиянию на санитарный режим водоема (БПК, растворенный O_2 , pH воды);

ППК_т определяется по санитарно-токсикологическому влиянию этого вещества.

Сложность определения ПДК связана с тем, что кроме санитарного, ее величина имеет и весомое экономическое значение, т.к. неоправданное снижение ПДК приведет к увеличению затрат на дополнительную очистку воды.

Величина ПДК каждого вещества в водоеме - устанавливается по меньшей величине одной из подпороговых концентраций.

При сбросе сточных вод в черте любого населенного пункта требования, которые установлены к химическому составу и свойствам воды водоема, должны относиться к самим сточным водам

Для сточных вод величина ПДК не нормируется, поэтому нужную степень их очистки можно определить общим состоянием водоема только после сброса в него сточных вод.

При наличии рассеивающих выпусков сточных вод, которые гарантируют необходимое смешение и разбавление их в водоеме, требования к составу и свойствам воды относятся только к воде водного объекта.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 58 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

6.4 Характеристика сточных вод

В котельной существуют сточные воды:

- атмосферные-это вода, от таяния снега
- бытовые -это вода от душевых установок, находящихся в здании котельной, от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий,
- производственные -это потери с котлов (утечки); вода после промывки фильтров химводоочистки; вода, идущая на охлаждение вентиляторов и дымососов;

Слив сточных вод происходит в дренажный колодец, оттуда, вода далее поступает в городскую канализацию. Температура сточных вод не превышает 40 °С.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.052.08 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 59 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основную часть нашей жизни проходит в условиях производственной среды, способной неблагоприятно влиять на здоровье и самочувствие в отсутствие контроля над ее соответствием нормам и регламентам.

Безопасность жизнедеятельности призвана сохранить здоровье и обеспечить безопасность человека в среде обитания. Это возможно путем своевременного выявления и идентификации опасных и вредных факторов, применением средств защиты от их влияния в условиях быта и производства. Кроме того необходимо разрабатывать и доводить до людей меры, методы и средства защиты в условиях чрезвычайных ситуаций, а также меры по ликвидации последствий таких ситуаций.

Цель БЖД:

создания безопасных и безвредных условий жизнедеятельности;
прогнозирования последствий от возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий, средств массового поражения, а также в процессе устранения этих последствий;

Сохранение работоспособности

Предупреждение травматизма;

Сохранение качества полезного труда.

8.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

В выпускной квалификационной работе рассматривается котельная с двумя типами котлов КВ-ГМ – 100 – 150. Автоматика данных котлов состоит из комплекса приборов, позволяющих регулировать и своевременно предпринимать меры безопасности. – схема защиты и розжига, топливом является природный газ, альтернативным топливом – топочный мазут. Операторы котельной обслуживают котельные агрегаты, трубопроводов пара и горячей воды и другое оборудование установленное в котельной.

Оператор котельной в процессе работы подвергается воздействию вредных и опасных факторов.

При выполнении работ оператор котельной подвергается воздействию опасных и вредных производственных факторов. Опасными производственными факторами называют факторы, воздействие которых на работающего может привести к травме или к внезапному ухудшению здоровья. Вредный фактор к снижению работоспособности или к заболеваниям.

Основные вредные и опасные факторы это вредные химические вещества, пыль, шум, вибрация, микроклимат помещений, тепловое излучение.

Согласно ГОСТ 12.0.002 – 80. " ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы, в помещении, где установлены котельные агрегаты и вспомогательное оборудование, вредными производственными факторами для оператора

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 62 |

котельной установки, являются:

а) физические факторы:

- пониженная влажность воздуха (менее 40 %);
- повышенная температура воздуха в котельной
- вибрация при работе котельных агрегатов, при движении газов в трубах с большой скоростью;
- повышенный уровень шума;
- тепловое излучение (нагретые поверхности котельных агрегатов, трубопроводов пара и горячей воды);
- низкое качество освещения (недостаточное или отсутствие естественного освещения);

б) биологические факторы – не применимо

в) химические факторы:

- оксиды углерода;
- оксиды азота.

г) травмоопасные:

- оборудование, работающее под давлением (котельные агрегаты, трубопроводы пара);
- высокая температура оборудования (трубопроводы пара и горячей воды)

д) психофизиологические:

- тяжесть трудового процесса (физическая динамическая нагрузка, статическая нагрузка);
- напряженность трудового процесса (эмоциональные нагрузки, интеллектуальные нагрузки, монотонность нагрузок, сменность работы).

8.2 Влияние выявленных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) на организм человека

Микроклимат

Действующими нормативными документами, регламентирующими условия, являются:

ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ " Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ";

СанПин 2.2.4.548 – 96 " Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений ".

Оператор котельной находится в рабочей зоне, где происходит выделение тепла. Параметры физических факторов, таких как температура, влажность, скорости движения воздуха и тепловое облучения могут оказывать негативное воздействие на организм человека.

Работа оператора котельной установки попадает под характеристики, изложенные в таблице 8.1.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 63 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

Таблица 8.1–Характеристики работы оператора котельной

| Период года | Категория работ | Оптимальная температура °С | Допустимая температура °С | Относительная влажность % | Скорость движения воздуха оптимальная м/с | Скорость движения воздуха допустимая м/с |
|-------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Холодный | Легкая 1А | 21-25 | 20-26 | 17-75 | 0,1 | 0,2 |
| Теплый | Легкая 1А | 22-28 | 21-29 | 15-75 | 0,2 | 0,2 |
| | Легкая 1Б | 22-24 | 21-28 | 15-75 | 0,2 | 0,1 - 0,3 |

Повышенный уровень шума на рабочем месте

Для оборудования расположенного в котельной характерны механические, аэродинамические и гидродинамические шумы – не упорядоченное распространение звуков разной интенсивности и частоты, которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека.

Повышенный уровень производственного шума на рабочем месте возникает вследствие работы вентиляторов, горелок, насосного оборудования. В результате шумового воздействия происходит снижение остроты слуха, нарушение работы сердечно – сосудистой системы, изменения нервной, кровеносной и пищеварительной систем организма человека.

Регламентирующими нормативными документами являются:
ГОСТ 12.1.003 – 83 "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности".
СН 3223 – 85 "Санитарные нормы уровней шума на рабочих местах".

Допустимый уровень шума нормируется не выше 80 дБА.

Всем сотрудникам котельной необходимо средства индивидуальной защиты – антифоны, выполненные в виде наушников, либо противозумные вкладыши.

Освещенность

Регламентирующим документом к требованиям по освещенности является: СНиП 23–05–95 "Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования".

Помещение цеха согласно СНиП 23 – 05 – 95 должно быть освещено таким образом, чтобы обеспечить качественный монтаж котла, а при эксплуатации, возможность правильной работы.

Разряды зрительной работы IIIв, IVа и VIIIа, характеристики указаны в таблице 8.2.

Таблица 8.2- Характеристики разрядов зрительной работы

| Характеристика зрительной работы | Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение | | | | | Естественное освещение | | Совмещенное освещение | | |
|----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|--|--------------------|------------|-----------------------|------------------------------|---|-------------------------|-----------------------|-----|--|
| | | | | | | Освещенность, лк | | | | | Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации | КЕО, е _н , % | | | |
| | | | | | | При системе комбинированного освещения | | Всего | В том числе от общего | При системе общего освещения | | | | | |
| | | | | | | Р | К _п , % | | | | | | | | |
| Высокая точность | от 0,3 до 0,5 | III | в | малый | светлый средний темный | 750 600 | 200 200 | 300 200 | 40 20 | 15 15 | нет | нет | 3 | 1,2 | |

В выпускной квалификационной работе предусмотрено обеспечение естественного и искусственного освещения.

Для работы в случае аварийной ситуации предусмотрено аварийное освещение от источников питания, которые независят от общей освещенности котельной.

Места подлежащие обязательному аварийному освещению:

- области между котлами, и около них;
- щиты и пульта управления;
- водоуказательные и измерительные приборы;
- вентиляционная площадка;
- помещения для баков и деаэраторов;
- площадки и лестницы котлов; насосные помещения.

Недостаточное освещение влечет за собой повышение травматизма персонала, к ухудшению остроты зрения, нервному напряжению.

Вибрация

Регламентирующим нормативным документом является: ГОСТ 12.1.012 – 96 "Вибрационная безопасность. Общие требования".

Таблица 8.4– Значения ПДК вредных веществ

| Наименование вещества | ПДК (ГОСТ 12.1.005-88*), мг/м ³ | Класс опасности по ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны |
|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Окислы азоты (в пересчете на NO ₂) | 5 | 3 |
| Окись углерода | 20 | 4 |

Действующим нормативным документом является:
ГОСТ 12.1.007 – 76* "ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности".

Тепловое излучение

Регламентирующим документом являются:
ГОСТ 12.1.005 – 88 "ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

СанНиП 2.2.4.548 – 96 " Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений ".

Источниками теплового излучения являются: трубопроводы пара и горячей воды.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5– Допустимые величины интенсивности теплового облучения

| Облучаемая поверхность тела, % | Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более |
|--------------------------------|---|
| 1 | 2 |
| 50 и более | 35 |
| 25...50 | 70 |
| Не более 25 | 100 |

Операторами котельной применяются средства индивидуальной защиты такие как: изолирующие костюмы, специальная одежда и обувь, средства защиты для головы, лица, глаз и рук.

Для дополнительной защиты предусмотрены:

- теплоизоляция горячих поверхностей;
- экранирование источников излучения или рабочих мест;
- общеобменная вентиляция или кондиционирование.

8.3 Безопасность технологических процессов

Электробезопасность

Основной опасностью на рабочем месте является поражение электрическим током, вследствие нарушений правил электробезопасности при использовании технологического оборудования. Разрабатываемый источник теплоснабжения включает в себя следующие возможные источники поражения электрическим током: электродвигатели насосного оборудования и вентиляторов горелок, щиты, кабели сетей, рабочее и аварийное освещение. Категория по электробезопасности помещения котельной – особо опасные помещения. Это обусловлено наличием одновременно двух условий повышенной опасности, а именно:

1. Железобетонные полы; способные проводить электрический ток;
2. Возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой.

Согласно ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ «Электробезопасность, напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать значения, указанные в таблице 8.6.

Таблица 8.6–Напряжение прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц.

| Продолжительность воздействия, сек | Нормируемая величина | |
|------------------------------------|----------------------|---------------|
| | Напряжение, В | Сила тока, мА |
| 1 | 2 | 3 |
| 0,01–0,08 | 220 | 220 |
| 0,1 | 200 | 200 |
| 0,2 | 100 | 100 |
| 0,3 | 70 | 70 |
| 0,4 | 55 | 55 |
| 0,5 | 50 | 50 |
| 0,6 | 40 | 40 |
| 0,7 | 35 | 35 |
| 0,8 | 30 | 30 |
| 0,9 | 27 | 27 |

Для защиты операторов котельных предусмотрены – Использовать наиболее современное и безопасное защитное заземление оборудования по схеме TN – S (заземленная нейтраль, открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники разделены);

- Предусмотреть молниезащиту и отдельный контур заземления дымовых труб;
- Использовать основную изоляцию токоведущих частей, она должна выдерживать все возможные воздействия, которым она может подвергаться в процессе ее эксплуатации
- Прокладку кабелей питающих и распределительных сетей следует выполнять в коробах, трубах или открыто на конструкциях, а проводов – только в коробах;
- Средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током, а именно диэлектрические коврики, диэлектрические перчатки и обувь.

Пожаровзрывоопасность

Основными источниками пожара могут стать:

1. Утечка топлива – природного газа при разгерметизации газопроводов;
2. Короткое замыкание электропроводки.

Определение категорий помещений и производственного назначения по взрывопожарной и пожарной опасности производится в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов размещенных в них производств.

В котельной природный газ сжигается в качестве топлива, в связи с этим категория помещения по взрыво- пожароопасности – Г. Здание представляет из себя основание из металлического швеллера, обшитое сэндвич-панелями. Наружное и внутреннее покрытие панелей – оцинкованная сталь, между ними находится утеплитель – негорючая минеральная плита на основе базальтовых волокон. Потеря несущей способности основания наступает не менее чем через 45 минут, а потеря целостности наружных стен не менее чем через 15. По степени огнестойкости строительных конструкций здание относится к III категории.

Классификация пожаров производится в зависимости от вида горящего вещества и материалов. В котельной ими является природный газ и оборудование под напряжением. Соответственно, устанавливаются классы пожара «С» и «Е»

В обязательном порядке в котельной имеются средства пожаротушения, такие как:

- Порошковый огнетушитель;
- Углекислотный огнетушитель (ОУ);
- Крюки с деревянной рукояткой;
- Комплект для резки электропроводов: ножницы, диэлектрические боты, коврик;
- Покрывало для изоляции очага пожара;
- Лопата совковая ;
- Ящик с песком

Проектом предусматривается установка автоматических пожарных извещателей со световой и звуковой сигнализацией в котельной и выводе сигнала о пожаре на пульт оператора.

Мероприятия по предупреждению пожаров включают в себя:

1. Установку газоанализаторов постоянного действия;

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | 13.03.01.2017.052.08 ПЗ | Лист |
| | | | | | | | 69 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |

2. Оборудование газопровода электромагнитным запорным клапаном, срабатывающим при отключении электроснабжения, превышения норм загазованности помещения по метану и углекислому газу;
3. Строгий запрет на курение в помещении котельной;
4. У входа в котельную вывешиваются знаки безопасности, предупреждающие о наличии вредных веществ и об опасности пожара или взрыва.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>13.03.01.2017.052.08 ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | <i>70</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Котельная работает на природном газе, для резервного топлива выбран топочный (котельный) мазут. Произведем расчет затрат работы на двух видах топлива

9.1 Расчет капитальных затрат

Стоимость оборудования по данным Бийского завода Котломаш [38].

КВГМ-100 – 30 млн. руб.;

Затраты на монтаж оборудования:

КВГМ-100 – 3,0 млн. руб.;

Расчет затрат при работе котельной на газе представлен в таблицы 9.1.

Таблица 9.1– Капитальные затраты при работе котельной на газе

| Наименование оборудования | Кол-во | Стоимость единицы, млн. руб. | | Общая стоимость, млн. руб. | |
|---------------------------|--------|------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | оборудование | монтаж | оборудование | монтаж |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| КВГМ-100 | 2 | 30 | 2 | 60 | 4 |
| Итого: | | | | | 64 |

В таблице 9.2 представлены необходимые затраты при работе котельной на мазуте.

Таблица 9.2–Капитальные затраты при работе на топочном (котельном) мазуте

| Наименование оборудования | Кол-во | Стоимость единицы, млн. руб. | | Общая стоимость, млн. руб. | |
|---------------------------|--------|------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | оборудование | монтаж | оборудование | монтаж |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6 | 2 | 30 | 3 | 60 | 6 |
| Итого: | | | | | 66 |

Транспортные расходы на доставку оборудования по тарифу на перевозки принимаем 7000 руб. за тонну [39].

При работе котельной на газе определим по формуле (9.1):

$$U_{\text{транс}} = 2 \times M_{\text{КВГМ-100}} \times 0,007, \quad (9.1)$$

где $M_{\text{КВГМ-100}} = 142,4$ тонны – масса котла КВГМ-100 (технические характеристики котла)

мы автоматизации позволяет сократить расходы на заработную плату рабочему персоналу, тем самым повышая доходы предприятия. Более низкая стоимость производимой тепловой энергии на газовой котельной является слабой движущей силой ввиду отсутствия конкуренции, но позволяет и дальше не допускать образования конкурентов в пределах юго-западного района г. Челябинска. Среди сдерживающих, капитальные затраты являются сдерживающей силой слабой величины, так как предприятие обладает необходимыми средствами. Постоянный рост стоимости газа является сдерживающей силой слабой мощности, так как происходит рост стоимости всех энергоресурсов, а не только природного газа. Значительно большая опасность газа является также сдерживающей силой малой величины, т.к. котельная располагает набором необходимой автоматики позволяющей срабатывать во время критических ситуаций. Проведя анализ поля сил, можно сделать вывод о том, что движущие силы в сумме с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими, а следовательно данный проект может быть реализован.



Рисунок.9.1 Поле сил измерений системы

9.5 Построение пирамиды целеполагания котельной и дерева целей проекта расширения котельной

Целеполагание – первичная фаза управления, предусматривающая постановку основной, самой главной цели и совокупности дерева целей в соответствии с миссией системы, стратегическими установками и характером решаемых задач

На рисунке 9.2 представлена пирамида целеполагания для котельной Юго-западного района.

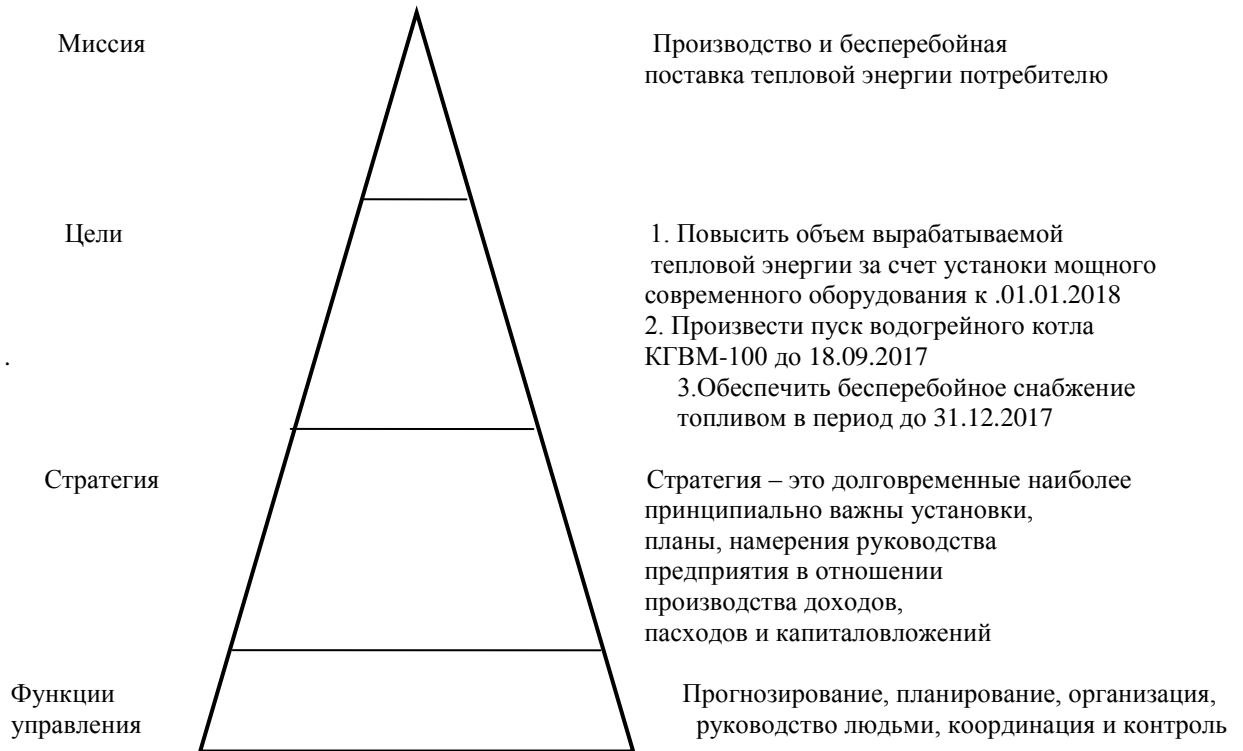


Рисунок 9.2 Пирамида целеполагания котельной

Дерево целей – это структурированный иерархический список целей организации. Соответственно, наверху находится основная цель организации. Так как ее достижение или миссия является довольно сложной задачей, то осуществляется декомпозиция цели: разложение цели на несколько подцелей, достижение которых приводит к достижению основной цели предприятия. Далее процесс повторяют для каждой более маленькой цели нижнего уровня до того времени,

пока в итоге декомпозиции цель не станет довольно обычной, чтоб быть достижимой, близкой к реальности и вероятной для выполнения точно в согласовании с содержанием и в запланированное время (принципы S. M.A. R.T.).

При построении «дерева целей» его проектирование идет по способу «от общего к частному». Прекращение декомпозиции цели прекращается тогда, когда предстоящий процесс является нецелесообразным в рамках рассмотрения главной цели. Правильно построенное дерево целей в дальнейшем преобразуется в план-график Ганта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрено расширение котельной юго-западного района г. Челябинска, путем добавления в эксплуатацию двух водогрейных котлов КВГМ – 100 – 150, с целью увеличения мощностей котельной и уменьшения себестоимости единицы производимой теплоэнергии.

Проведен расчет объемов воздуха и продуктов сгорания топлива, тепловой и гидравлический расчет котельного агрегата. Определен коэффициент полезного действия котла КВГМ – 100 – 150 который равен 93,7%.

Проведен анализ экологических проблем при работе на природном газе и выполнен расчет дымовой трубы котельной. Полученные значения $ПДК_{NO_2} = 0,085$ мг / м³, удовлетворяют необходимым условиям, и рассеивает выбросы до нужной концентрации.

Рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, оказывающие воздействие на оператора котельной, рассмотрены существующие методы защиты и предложены недостающие средства защиты от воздействия факторов.

Проведены расчеты экономической эффективности расширения котельной. Установлено, что затраты котельной работающей на природном газе меньше в 2,5 раза, чем затраты котельной использующей в качестве топлива мазут..

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 79 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | | |

13.03.01.2017.052.08 ПЗ

