

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

Рецензент
Начальник участка УТОиР СГСиЭ
ООО «СМС Зимаг Металлургический
Сервис Магнитогорск»
_____ Семейкин В.Н.
« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики,
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2018 г.

**РАСШИРЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ
ГБУЗ «ОПБ №3» Г. ОРСК ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2018.379.02 ПЗ ВКР

Консультант
по разделу «Экономика и управление»,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2018 г.

Руководитель работы,
д.т.н., профессор
_____ Е.В. Торопов
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы ПЗ–579
_____ А. В. Ахметшин
« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Ахметшин А.В. Расширение отопительной котельной ГБУЗ «ОПБ №3» г. Орск Оренбургской области. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ, 2018, 85 с., 5 ил., библиогр. список – 54 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 1 демонстрационный лист ф. А1.

Цель выпускной квалификационной работы – расширение отопительной котельной ГБУЗ «ОПБ №3» г. Орска в связи с возросшей потребностью тепла в на поселок «Щебзавод». Работа состоит из введения, 9-ти глав, заключения и библиографического списка.

В первой главе дана характеристика объекта, описана актуальность расширения котельной, предложены технические решения ее расширения.

Во второй главе сделан обзор литературных источников на основании которых выполнена ВКР.

Третья глава дает информацию о передовых технологических решениях в области котлостроения, в частности о водогрейных котлах «Rinnai», «Viessmann», «Riello», а также «ЗиОСаб» и «Турботерм» в сравнении по основным технико-экономическим показателям.

В четвертой части сделаны основные расчеты по тепловой схеме котельной, тепловому и аэродинамическому расчету водогрейного котла RIELLO RTQ 4150 и выбору основного и вспомогательного оборудования.

Пятая глава представляет сведения о мероприятиях по энергосбережению.

В шестой главе приведено описание функциональной схемы автоматизации и контрольно-измерительных приборов котельной.

В седьмой главе содержится выбор и расчет дымовой трубы с целью снижения негативного влияния на окружающую сред.

В восьмой главе произведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и предложены мероприятия по охране труда.

В девятой главе выполнен технико-экономический расчет проекта расширения котельной, сделан SWOT-анализ для реализации проекта и др.

В заключении подведены итоги технических показателей и решений.

Графическая часть выполнена на 7-ми листах формата А1 в системе «Компас

(САПР)»

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ахметшин А.В.			Расширение отопительной котельной ГБУЗ «ОПБ №3» г. Орск Оренбургской области	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Торопов Е.В.					3	85
Н. Контр.		Алабугина Р.А.				ЮУрГУ Кафедра промышленной тепло-энергетики		
Утв.		Осинцев К.В.						

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ахметшин А.В.			Расширение отопительной котельной ГБУЗ «ОПБ №3» г. Орск Оренбургской области	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Торопов Е.В.					3	85
Н. Контр.		Алабугина Р.А.				ЮУрГУ Кафедра промышленной тепло-энергетики		
Утв.		Осинцев К.В.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ	7
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	9
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В КОТЛОСТРОЕНИИ	11
4 РАСШИРЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ГБУЗ «ОПБ №3» ...	15
4.1 Расчет тепловой схемы котельной	15
4.2 Выбор основного оборудования	26
4.3 Тепловой и аэродинамический расчет котла	27
4.4 Выбор вспомогательного оборудования	42
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	45
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ	47
7 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	50
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	60
9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	71
9.1 Технико-экономический расчет	71
9.2 SWOT-анализ для реализации проекта расширения	77
9.3 Планирование целей предприятия и проекта	79
9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	82

нагревательных приборов в ближайшее время будет сокращаться, но все же будет иметь заметное место в покрытии общего теплоснабжения.

Однако 95% городов и поселков городского типа будут иметь расчетную тепловую нагрузку менее 500 Гкал/ч, и для них основными источниками теплоснабжения будут котельные. Продолжающееся удорожание всех видов органического топлива и изменение стоимости оборудования могут изменить в меньшую сторону расчетные технико-экономические показатели, являющиеся в настоящее время оптимальными для постройки ТЭЦ.

Таким образом, использование производственно-отопительных и отопительных котельных в будущем сохранится и при этом предусматривается их укрупнение, повышение экономичности использования органического топлива и оснащение новым современным оборудованием.

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ

Производственно-отопительная котельная г. Орска обеспечивает теплоснабжение областную психиатрическую больницу ГБУЗ «ОПБ №3».

Установленная теплопроизводительность котельной 2,1 Гкал/ч. По надежности отпуска тепла потребителям котельная относится к 1-й категории.

Основным топливом производственно-отопительной котельной г. Орска является природный газ, поступающий по отводу от магистрального газопровода «Бухара-Урал» через газораспределительную станцию (ГРС-2) Домбаровского ЛПУ производственного объединения «Уралтрансгаз». Система газоснабжения котельной включает в себя: газопроводы высокого давления 6 кгс/см², ГРУ, газопроводы среднего давления, газооборудование котлов. Пропускная способность ГРУ 5000 м³/ч газа. В таблице 1.1 представлен состав и характеристика используемого в котельной природного газа по данным ООО «Уралтрансгаз».

Таблица 1.1 – Состав и характеристика природного газа «Бухара-Урал»

Наименование показателя	Норма по ОСТ 51.40	Среднемесячное значение
Метан CH ₄ , об%	не нормируется	84,01
Этан C ₂ H ₆ , об%		4,4
Пропан C ₃ H ₈ , об%		1,6
Бутан C ₄ H ₁₀ , об%		0,7
Пентан C ₅ H ₁₂ , об%		1,8
Азот N ₂ , об%		3,5
Диоксид углерода CO ₂ , об%		0,5
Водород H ₂ , об%		1,49
Кислород O ₂ , об%		2,0
Плотность, кг/м ³		0,7492
Теплота сгорания низшая, ккал/м ³		не менее 7600

В котельной предусмотрено бытовые и производственные помещения для ремонтного, дежурного и персонала управления.

Электроснабжение котельной осуществляется от собственной ТП 6/0,4кВ и РУ-0,4кВ.

Работа котельной ведется с постоянным присутствием обслуживающего персонала. Работа котельной круглосуточная, температурный график тепловой сети 95/70 °С. В зимний и летний период нагрузка на ГВС осуществляется двумя скоростными теплообменниками, расположенные в котельной.

Система теплоснабжение закрытая. Гидравлическая схема распределения тепла выполнена по тупиковой схеме. Подпитка теплосетей производится в про-

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основной расчетно-теоретический материал выпускной квалификационной работы выполнен в соответствии с нормативно-справочной, научно-методической, нормативно-законодательными актами.

В книге «Теплофикация и тепловые сети» Соколов Е.Я. приведена методика расчета мощности котельной, температурного графика, расходов воды и схемы котельной. Поэтапные методы расчета тепловых и гидравлических сетей, выбор схем котельных и подбор оборудования рассмотрен в книге Кириллова В.В. «Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий». Из СП 131.13330.2012. «Строительная климатология» выбраны данные по климатическим характеристикам, расчетным температурам наружного в разные периоды года, продолжительности отопительного периода и количеству жителей для данного региона.

В книге «Котельные установки промышленных предприятий» Сидельковского Л.Н. и Юренева В.Н. представлен нормативный метод расчета котла. А в книге «Расчет жаротрубно-дымогарного котла» Лумми А.П., Мунц В.А. приведены принципы работы котлов, их виды и типы.

В книге Бухмирова В.В. «Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий» рассмотрены виды, методы, мероприятия энергосберегающих технологий на котельных и ТЭС, а также их фактическое применение и эффективность.

В учебном пособии «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике» Плетнева Г.П. отражены принципы составления функциональных схем автоматики котельных, правила составления, преимущества и недостатки автоматизированных систем управления.

В книге «Методы защиты окружающей среды» Рослякова П.В. содержится теоретическая база уменьшения вредных экологических факторов, их подавления и измерения в соответствии с ПДК, методы оценки. Расчет и выбор дымовых труб для котельных приведен в учебном пособии «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 Гкал/ч».

В книге «Безопасность жизнедеятельности» Боровика С.И. и Киселевой Л.М. раскрыты факторы рабочей среды на предприятиях энергетической отрасли, стандарты измерения и допустимые величины факторов; действия персонала при возникновении аварийных ситуаций и их предупреждении.

В учебное пособие Алабугина А.А. «Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» приведены методы оценки эффективности и экономической целесообразности проекта: метод приведенных затрат, расчет срока окупаемости, SWOT-анализ реализации проекта, принципы построения графика Ганта и дерева целей реализации проекта.

ВКР выполнена на основе ниже приведенной и другой, указанной в

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ				

библиографическом списке нормативно-справочной литературы:

1. Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 №116 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»;

2. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. №328н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

3. ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»;

4. ГОСТ 31532-2012 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения»;

5. СН 423-71 «Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве»;

6. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция»;

7. Стандарт НП АВОК 1.05.2012 «Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха и теплоснабжения».

В библиографическом списке приведен основной состав литературных источников [1 – 53].

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>10</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

4 РАСШИРЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ ГБУЗ «ОПБ №3»

Котельная разработана на основании утвержденного заказчиком технического задания на проектирование и выданными техническими условиями. В качестве потребителя выступают медицинские и административные корпуса ГБУЗ «ОПБ №3» г. Орск.

4.1 Расчет тепловой схемы котельной

В качестве потребителя коммунально-бытовой нагрузки областная психиатрическая больница и поселок «Щебзавод» с жилыми домами квартирного типа при высоте зданий от 2-х до 5-ти этажей. Исходные данные для расчета представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Величина
1	2	3	4
Расчетная температура наружного воздуха [39]	$t_{н.о}$	$^{\circ}\text{C}$	- 30
Расчетная температура воздуха в помещении	$t_{н.в}$	$^{\circ}\text{C}$	+20
Средняя температура наиболее холодного месяца [39]	$t_{н.х.м}$	$^{\circ}\text{C}$	- 8,1
Средняя температура отопительного периода [39]	$t_{н}^{cp.o}$	$^{\circ}\text{C}$	- 10,6
Расчетная температура воздуха внутри жилых помещений	$t_{в}$	$^{\circ}\text{C}$	+ 20
Расчетная температура горячей воды у абонента	$t_{г}$	$^{\circ}\text{C}$	+ 55
Расчетная температура холодной воды у абонентов в летний период	$t_{х}^л$	$^{\circ}\text{C}$	+ 15
Расчетная температура холодной воды у абонентов в зимний период	$t_{х}^з$	$^{\circ}\text{C}$	+ 5
Количество квадратных метров жилой площади на одного жителя	$f_{уд}$	$\text{м}^2/\text{чел}$	18

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

15

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
Количество жителей, обслуживаемых котельной	z	чел	3000
Укрупненный показатель макс. теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м ² общей площади	q_f	Вт/м ²	128
Норма среднего недельного расхода горячей воды для жилых помещений	a	л/сут	120
Норма среднего недельного расхода горячей воды для общественных и административных зданий	b	л/сут	25
Коэффициент, учитывающий расход тепла на общественные здания	k_1	–	0,25
Коэффициент, учитывающий тип застройки зданий	k_2	–	0,55
Продолжительность работы системы отопления	n_o	сутки	204

Расход теплоты на отопление

Расчетный расход теплоты на отопление жилых и общественных зданий (4.1):

$$Q_o' = q_f F (1 + k_1), \text{ МВт} \quad (4.1)$$

где q_f – расход тепла на 1 м² площади застройки ($q_f = 128 \text{ Вт/м}^2$ при $t_{н.о} = -29$ °С);

k_1 – коэффициент, учитывающий отпуск тепла на отопление ($k_1 = 0,25$);

F – площадь застройки.

Площадь застройки (4.2):

$$F = f_{уд} \cdot z, \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

где $f_{уд}$ – количество площади на одного человека ($f_{уд} = 18 \text{ м}^2/\text{чел}$);

z – количество жителей, ($z = 3000 \text{ чел.}$).

$$F = 18 \cdot 3000 = 54000 \text{ м}^2$$

$$Q_o' = 128 \cdot 54000 \cdot (1 + 0,25) = 8,6 \text{ МВт}$$

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Текущая отопительная нагрузка (4.3):

$$Q_o = Q_o' \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{н.о}}, \text{ МВт} \quad (4.3)$$

где t_g – температура воздуха внутри помещения, $t_g = + 20$ °С;

t_n – температура наружного воздуха в начале и в конце отопительного периода, $t_n = + 8$ °С.

$$Q_o = 8,6 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 29} = 2,1 \text{ МВт}$$

Нагрузка отопления при $t_{н.х.м} = -16,4$ °С:

$$Q_o = 8,6 \cdot \frac{20 + 16,4}{20 + 29} = 6,4 \text{ МВт}$$

Расход теплоты на вентиляцию

Расчетный расход теплоты на вентиляцию общественных зданий (4.4):

$$Q_g' = q_F \cdot F \cdot k_1 \cdot k_2, \text{ МВт} \quad (4.4)$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию общественных зданий ($k_2 = 0,55$).

$$Q_g' = 128 \cdot 54000 \cdot 0,25 \cdot 0,55 = 0,95 \text{ МВт}$$

Текущая вентиляционная нагрузка (4.5):

$$Q_g = Q_g' \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{н.о}}, \text{ МВт} \quad (4.5)$$

$$Q_g = 0,95 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 29} = 0,23 \text{ МВт}$$

Нагрузка отопления при $t_{н.х.м} = -16,4$ °С:

$$Q_o = 0,95 \cdot \frac{20 + 16,4}{20 + 29} = 0,7 \text{ МВт}$$

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расход теплоты на горячее водоснабжение

Средненедельный расход теплоты горячего водоснабжения в зимнем режиме (4.6):

$$Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}} = \frac{1,2 \cdot (a + b) \cdot m \cdot c_p \cdot (t_2 - t_x^3)}{n_c}, \text{ МВт} \quad (4.6)$$

где m – число жителей ($m = 3000$ чел.);

a – норма расхода горячей воды на одного человека в сутки для жилых зданий ($a = 120$ л/сут);

b – норма расхода горячей воды на одного человека в сутки для общественных зданий ($b = 25$ л/сут);

c_p – теплоёмкость воды ($c_p = 4190$ Дж/кг·К);

t_2 – температура горячей воды ($t_2 = 55$ °С);

t_x – температура холодной воды ($t_x = 5$ °С);

n_c – расчетная длительность подачи тепла на ГВС ($n_c = 86400$ с/сут).

Зимний режим:

$$[Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}}] = \frac{1,2 \cdot (120 + 25) \cdot 3000 \cdot 4190 \cdot (55 - 5)}{86400} = 1,26 \text{ МВт}$$

Летний режим (4.7):

$$[Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}}]_{\text{л}} = 0,8 \cdot [Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}}]_{\text{з}} \cdot \frac{t_2 - t_x^{\text{л}}}{t_2 - t_x^{\text{з}}}, \text{ МВт} \quad (4.7)$$

$$[Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}}]_{\text{л}} = 0,8 \cdot 1,26 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 0,8 \text{ МВт}$$

Расчетный расход теплоты на ГВС (4.8):

$$Q_{\text{звс}}^{\text{р}} = k_c \cdot k_n \cdot Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}}, \text{ МВт} \quad (4.8)$$

где k_c – коэффициент суточной неравномерности расхода теплоты ($k_c = 2,0$);

k_n – коэффициент недельной неравномерности расхода теплоты ($k_n = 1,2$).

$$Q_{\text{звс}}^{\text{р}} = 2 \cdot 1,2 \cdot 1,26 = 3,02 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{звс}}^{\text{р}} = 2 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 1,92 \text{ МВт}$$

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Расчет годового расхода тепла

Расчет годового расхода тепла по отопительной нагрузке (4.9):

$$Q_{год}^o = n_o \cdot Q_o^{cp} = n_o \cdot Q_o' \cdot \frac{t_6 - t_n^{cp.H}}{t_6 - t_{HO}}, \text{ МВт} \quad (4.9)$$

$$Q_{год}^o = 4890 \cdot 3600 \cdot 8,6 \cdot \frac{20 + 7,9}{20 + 29} = 8,62 \cdot 10^7 \text{ МВт}$$

Расчет годового расхода тепла на вентиляцию (4.10):

$$Q_{год}^B = n_o \cdot Q_B', \text{ МВт} \quad (4.10)$$

$$Q_{год}^B = 4890 \cdot 3600 \cdot 0,95 = 1,7 \cdot 10^7 \text{ МВт}$$

Расчет годового расхода тепла на горячее водоснабжение (4.11):

$$Q_{гвс}^{год} = Q_{гвс}^{cp.H} \cdot \left[n_o + \beta \cdot \frac{t_2 - t_x^l}{t_2 - t_x^3} \cdot (n_2 - n_o) \right], \text{ МВт} \quad (4.11)$$

где n_2 – длительность работы систем ГВС, $n_2 = 8400$ ч/год;

β – коэффициент, учитывающий изменение средненедельного расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному, $\beta = 0,8$.

$$Q_{гвс}^{год} = 1,26 \cdot \left[1,76 + 0,8 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (3,02 - 1,76) \right] \cdot 10^7 = 3,23 \cdot 10^7 \text{ МВт}$$

Суммарный годовой расход (4.12):

$$Q_{год} = Q_o^{год} + Q_B^{год} + Q_{ГВС}^{год}, \text{ МВт} \quad (4.12)$$

$$Q_{год} = (8,62 + 1,7 + 3,23) \cdot 10^7 = 13,5 \cdot 10^7 \text{ МВт}$$

Расчет температурного графика

Значения температур сетевой воды в зависимости от температур наружного воздуха определяются методом регулирования тепловых нагрузок и

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

температурным графиком теплосети. В данном случае имеем качественное регулирование по совмещенной нагрузке ГВС и отопления в закрытых системах теплоснабжения при температурном графике теплосети 115/70 °С.

Перепад температур воды внутри тепловой сети (4.13):

$$\delta\tau_0' = \tau_{01}' - \tau_{02}' \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.13)$$

где τ_{01}' – температура воды в подающем трубопроводе, $\tau_{01}' = 115 \text{ } ^\circ\text{C}$;

τ_{02}' – температура воды в обратном трубопроводе, $\tau_{02}' = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$\delta\tau_0' = 115 - 70 = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурный напор нагревательного прибора местной системы (4.14):

$$\Delta t_0' = \frac{\tau_{03}' + \tau_{02}'}{2} - t_A, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.14)$$

где τ_{03}' – максимальная температура в отопительном приборе, $\tau_{03}' = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$$\Delta t_0' = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Перепад температур воды в местной системе (4.15):

$$\theta_0' = \tau_{03}' - \tau_{02}', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.15)$$

$$\theta_0' = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Относительна величина тепловой нагрузки отопления (4.16):

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q_0'} = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}}, \text{ МВт} \quad (4.16)$$

Температура сетевой воды перед отопительной установкой (4.17):

$$\tau_{01}' = t_g + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} + \bar{Q}_0 \cdot (\delta\tau_0' - 0,5 \cdot \theta_0'), \text{ МВт} \quad (4.17)$$

Температура сетевой воды после отопительной установки (4.18):

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\tau_{02} = t + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{-0,8} - 0,5 \cdot \bar{Q}_0 \cdot \theta_0', \text{ МВт} \quad (4.18)$$

Результаты расчета температур сетевой воды отображены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Температуры сетевой воды

Показатель	Температура наружного воздуха, °С								
	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-29
t_n	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-29
\bar{Q}_0	0,24	0,36	0,4	0,51	0,61	0,71	0,81	0,91	1
τ_{01}	65	65	63,02	73,04	81,9	90,6	99,1	107,5	115
τ_{02}	40	40	45,02	50,09	54,5	58,6	62,7	66,5	70

Температуры сетевой воды τ_1 и τ_2 должны быть рассчитаны с учётом нагрузки отопления и ГВС.

Для двух подогревателей $\delta = \delta_1 + \delta_2 = const$. Расчетную теплоту на ГВС можно рассчитать по формуле (4.19):

$$Q_{гвс}^{\delta} = Q_{гвс}^{ср.з} \cdot X_B, \text{ Вт} \quad (4.19)$$

$$Q_{гвс}^{\delta} = 1,26 \cdot 1,2 = 1,51 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

Величина δ находится по выражению (4.20):

$$\delta = \frac{Q_{гвс}^{\delta}}{Q_0'} \cdot \delta \tau_0' \quad (4.20)$$

$$\delta = \frac{1,51 \cdot 10^6}{8,6 \cdot 10^6} \cdot 45 = 7,9$$

Для расчета режима, при котором поверхность теплообмена подогревателей будет максимальна, то есть при $t_n = t_{ни} = +2,06$ °С, находим величины (4.21) и (4.22):

$$\delta_2'' = \frac{\tau_{02}'' - \Delta t_{нед} - t_x}{t_2 - t_x} \cdot \delta, \text{ } ^\circ\text{С} \quad (4.21)$$

где $\Delta t_{нед}$ – величина недогрева водопроводной воды в подогревателе первой ступени П₁, $\Delta t_{нед} = 7,94$ °С.

$$\delta_2'' = \frac{43,39 - 7,94 - 5}{55 - 5} \cdot 7,9 = 4,8, \text{ } ^\circ\text{С}$$

$$\delta_1'' = \delta - \delta_2'', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.22)$$

$$\delta_1'' = 7,9 - 4,8 = 3,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для любой наружной температуры t_n находят δ_2 и δ_1 . Результаты занесем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Температуры сетевой воды с учетом нагрузки отопления и ГВС

Показатель	Температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$								
	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-29
$t_n, \text{ } ^\circ\text{C}$	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-29
$\delta_1, \text{ } ^\circ\text{C}$	4,52	4,52	4,16	2,99	1,98	1,00	0,08	-0,83	-1,63
$\delta_2, \text{ } ^\circ\text{C}$	7,05	7,05	7,41	8,58	9,59	10,57	11,49	12,40	13,20
$\tau_1, \text{ } ^\circ\text{C}$	62,9	62,9	65,77	74,99	83,17	91,27	99,09	106,88	113,89
$\tau_2, \text{ } ^\circ\text{C}$	38,6	38,6	39,91	44,19	47,86	51,42	54,78	58,08	60,99

На основании полученных данных строим температурный график тепловой сети (рисунок 4.1).

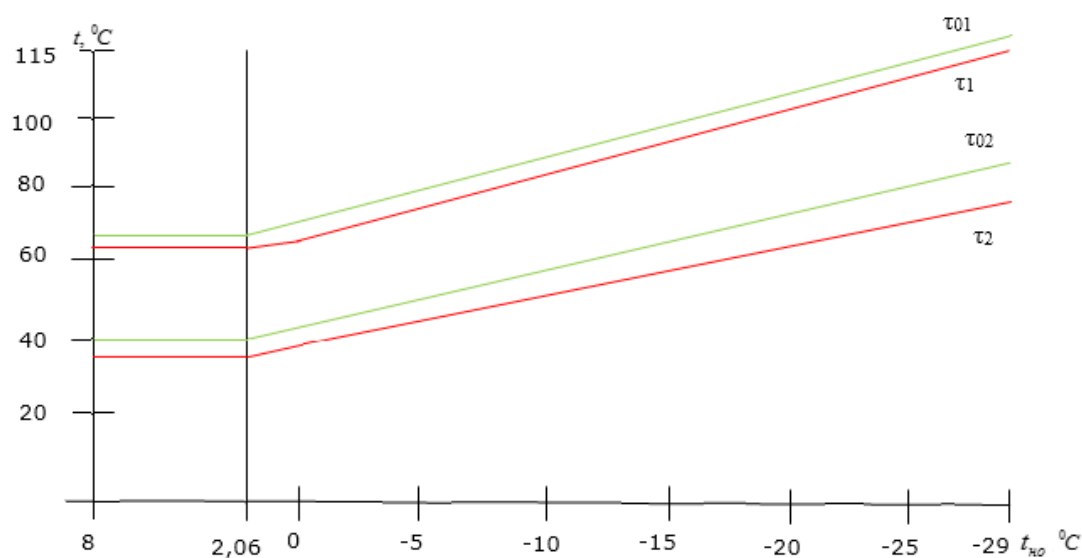


Рисунок 4.1 – График сетевой воды

Расчет расходов сетевой воды

При качественном регулировании расход воды на абонентском вводе поддерживается постоянными: при $+8 \text{ } ^\circ\text{C} \geq t_n > t_{ни}$:

– расход сетевой воды на отопление (4.23):

$$G_o^{+8} = \frac{Q_o}{c_p \cdot (\tau_{o1}'' - \tau_{o2}'')}, \text{ кг/с} \quad (4.23)$$

$$G_o^{+8} = \frac{2,1 \cdot 10^6}{4,19 \cdot (60 - 40)} = 25,05 \text{ кг/с}$$

– расход сетевой воды на вентиляцию (4.24):

$$G_o^{+8} = \frac{Q_g}{c_p \cdot (\tau_1'' - \tau_2'')}, \text{ кг/с} \quad (4.24)$$

$$G_o^{+8} = \frac{0,23 \cdot 10^6}{4,19 \cdot (62,9 - 38,6)} = 2,25 \text{ кг/с}$$

При $t_{ни} \geq t_n > t_{но}$:

Расчетный расход сетевой воды на отопление (4.25):

$$G_o' = \frac{Q_o'}{c_p \cdot \delta \tau_o'}, \text{ кг/с} \quad (4.25)$$

$$G_o' = \frac{8,6 \cdot 10^6}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 45,6 \text{ кг/с}$$

Расход сетевой воды на вентиляцию (4.26):

$$G_g' = \frac{Q_g'}{c_p \cdot (\tau_1' - \tau_2')}, \text{ кг/с} \quad (4.26)$$

$$G_g' = \frac{0,95 \cdot 10^6}{4,19 \cdot (113,89 - 60,99)} = 4,28 \text{ кг/с}$$

Для построения графика используются среднемесячные температуры наружного воздуха и тепловые потоки на отопление и вентиляцию для каждого месяца отопительного периода. Суммарный тепловой поток для каждого месяца отопительного периода определяется как сумма тепловых потоков на отопление, вентиляцию и среднечасового теплового потока для данного периода на горячее водоснабжение.

Для неотапительного периода суммарный тепловой поток будет равен средне-

часовому тепловому потоку на горячее водоснабжение в данный период,.

На рисунке 4.2 изображен график расхода воды на отопление и вентиляцию.

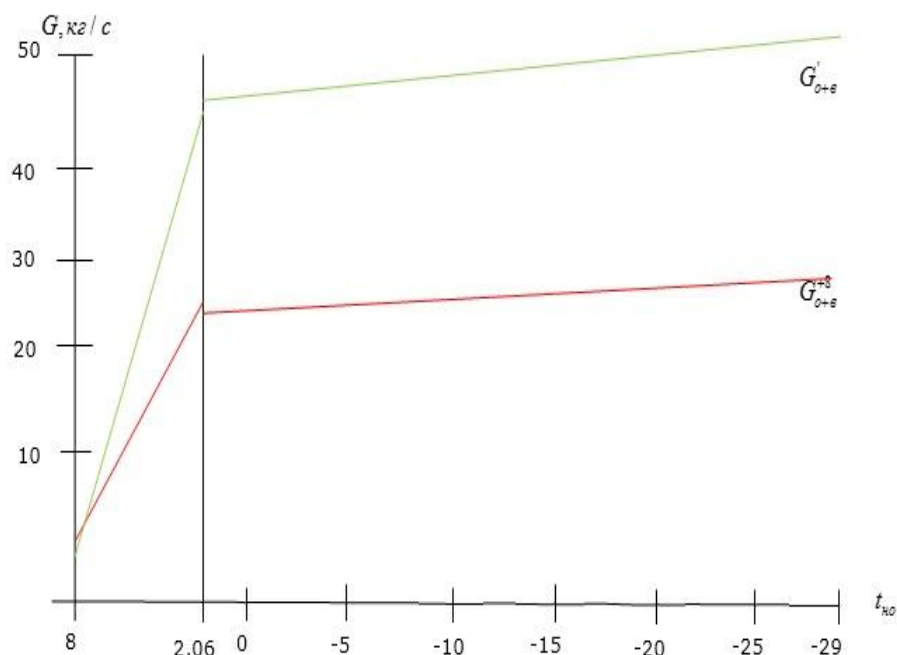


Рисунок 4.2 – График расхода сетевой воды на отопление и вентиляцию

Расчет тепловой схемы котельной

Задача котельной – подготовить сетевую воду для покрытия нагрузок отопления и вентиляции.

Подпиточная сетевая вода забирает из баков – аккумуляторов и вводится за водогрейными котлами. После котлов сетевая вода отпускается потребителю.

Для расчета тепловой схемы котельной необходимо выбрать котельные агрегаты. В таблице 4.4 приведены исходные данные к расчету котельной.

Таблица 4.4 – Исходные данные к расчету котельной

Наименование параметра	$t_{но} = - 29$	$t_{н.х.м} = - 16,4$	$t_{ни} = 2,06$	$t_{но} = +8$	Летний
Тепловая нагрузка на ГВС, МВт	1,26	1,26	1,26	1,26	0,8
Тепловая нагрузка на отопление, МВт	8,6	6,4	3,15	2,1	0
Тепловая нагрузка на вентиляцию, МВт	0,95	0,7	0,35	0,23	0
Температура воды в подающем трубопроводе, $\tau_1, ^\circ\text{C}$	115	93,49	60	60	60
Температура воды в обратном трубопроводе, $\tau_2, ^\circ\text{C}$	70	52,38	40	40	40

4.2 Выбор основного оборудования

На основании расчет тепловой схемы котельной предусматриваем установку трех стальных водогрейных котлов теплопроизводительность 4,15 МВт (3,56 Гкал/ч) предназначен для получения горячей воды с номинальной температурой 115 °С, используемой в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей.

Котлы марки RIELLO RTQ 4150 имеют горизонтальную инверсионную камеру сгорания с концентрическим расположением дымогарных труб. Геометрическая форма топочного пространства котла специально разработана для достижения оптимального соотношения между объемом камеры сгорания и поверхностью теплообмена. Внутри дымогарных труб находятся турбуляторы, изготовленные из нержавеющей стали, которые позволяют регулировать давление в камере сгорания и температуру дымовых газов. Они равномерно распределяют тепловую нагрузку и оптимизируют работу горелки. Камера сгорания и дымогарные трубы «омываются» котловой водой.

Котлы работают под наддувом, что обеспечивает равномерность распределения теплового потока в камере сгорания.

Корпус котла и его защитная облицовка выполнены из стали с огнеупорной окраской и имеет теплоизоляцию (обмуровку), состоящую из стекловаты высокой плотности. Для удобства и простоты технического обслуживания и операции по очистке внутренних элементов котла, он имеет дверцу на передней панели и дверцу на дымосборной камере. Дверцу на передней панели можно открыть, не демонтируя горелку. Технические характеристики котла RIELLO RTQ 4150 представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Основные технические показатели котла RIELLO RTQ 4150

Наименование	Единица измерения	RIELLO RTQ 4150
Теплопроизводительность	МВт	4,15
Максимальное рабочее давление	МПа (кг/см ²)	0,6 (6,0)
Номинальная температура воды: на входе	°С	70
на выходе		115
КПД при максимальной мощности	%	92,3
Аэродинамическое сопротивление котла	мбар	9
Температура дымовых газов	°С	150
Объем воды в котле	литр	4839
Общая поверхность теплообмена	м ²	92

$$V_e^o = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot (CO + H_2) + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right], \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (4.27)$$

где m и n – число атомов углерода и водорода в химической формуле углеводородов, входящих в состав топлива.

$$V_e^o = 0,0476 \cdot \left[\begin{aligned} &0,5 \cdot (0 + 1,49) + 1,5 \cdot 0 + \left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 84,01 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) \cdot 4,4 + \\ &+ \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 1,6 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 0,7 + \left(5 + \frac{12}{4} \right) \cdot 1,8 - 2 \end{aligned} \right] = 9,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретические объемы продуктов сгорания топлива:

а) Объем трехатомных газов (4.28):

$$V_{RO_2}^o = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n), \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (4.28)$$

$$V_{RO_2}^o = 0,01 \cdot (0,5 + 0 + 0 + 84,01 + 2 \cdot 4,4 + 3 \cdot 1,6 + 4 \cdot 0,7 + 5 \cdot 1,8) = 1,09 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

б) объем двухатомных газов (4.29):

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V_e^o + 0,01 \cdot N_2, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (4.29)$$

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot 9,95 + 0,01 \cdot 3,5 = 7,89 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

в) объем водяных паров (4.30):

$$V_{H_2O}^o = 0,01 \cdot (H_2 + H_2S + 0,5 \cdot \sum n C_m H_n + 0,124 \cdot d) + 0,0161 \cdot V_e^o, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (4.30)$$

где d – влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м³ сухого газа, d = 10 г/м³.

$$V_{H_2O}^o = 0,01 \cdot [1,49 + 0 + 0,5 \cdot (4 \cdot 84,01 + 6 \cdot 4,4 + 8 \cdot 1,6 + 10 \cdot 0,7 + 12 \cdot 1,8) + 0,124 \cdot 10] + 0,0161 \cdot 9,95 = 2,21 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем дымовых газов (4.31):

$$V_d^o = V_{RO_2}^o + V_{N_2}^o + V_{H_2O}^o, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (4.31)$$

$$V_d^o = 1,09 + 7,89 + 2,21 = 11,19 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительное количество воздуха, поступающего в топку, отличается от теоретически необходимого в α раз, где α – коэффициент избытка воздуха.

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ					

Выбираем коэффициент избытка воздуха на входе в топку α_T и присосы воздуха по газоходам $\Delta\alpha$ и находим расчетные коэффициенты избытка воздуха в газоходах α , приведенные в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Присосы воздуха по газоходам $\Delta\alpha$ и расчетные коэффициенты избытка воздуха в газоходах α

Участки газового тракта	$\Delta\alpha$	α
Топка	0,05	1,1
Поворотная камера	0,05	1,15
Пучки дымогарных труб	0,1	1,25

Наличие присосов воздуха приводит к тому, что объем продуктов сгорания будет отличаться от теоретического, поэтому необходимо рассчитать действительные объемы газов и объемные доли газов. Так как присосы воздуха не содержат трехатомных газов, то объем этих газов $V_{RO_2}^o$ от коэффициента избытка воздуха не зависит и во всех газоходах остается постоянным и равным теоретическим. Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Величина	Единица	Топка	Поворотная камера	Пучки дымогарных труб
Коэффициент избытка воздуха	–	1,1	1,15	1,25
Действительный объем водяных паров, V_{H_2O}	м ³ /кг	2,22	2,23	2,25
Действительный объем продуктов сгорания, V_2	м ³ /кг	12,19	12,7	13,71
Объемная доля водяных паров в продуктах сгорания, r_{H_2O}	–	0,18	0,17	0,16
Объемная доля трехатомных газов в продуктах сгорания, r_{RO_2}	–	0,089	0,085	0,079
Суммарная доля водяных паров и трехатомных газов, r_n	–	0,26	0,25	0,23

Энтальпия теоретического объема воздуха и продуктов сгорания, отнесенные к 1 м³ сжигаемого топлива при температуре t , °С, рассчитывают по формуле (4.32) и (4.33):

$$I_g^o = V_g^o \cdot (ct)_g, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К} \quad (4.32)$$

$$I_z^o = V_{RO_2}^o \cdot (cv)_{RO_2} + V_{N_2}^o \cdot (cv)_{N_2} + V_{H_2O}^o \cdot (cv)_{H_2O}, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К} \quad (4.33)$$

где $(ct)_g$, $(cv)_{RO_2}$, $(cv)_{N_2}$, $(cv)_{H_2O}$ – удельные энтальпии воздуха, трехатомных газов, азота и водяных паров соответственно.

Энтальпии теоретического объема воздуха и продуктов сгорания сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Энтальпия теоретического объема воздуха и продуктов сгорания топлива

t , °С	I_g^o , кДж/кг · К	I_{RO_2} , кДж/кг · К	$I_{N_2}^o$, кДж/кг · К	$I_{H_2O}^o$, кДж/кг · К	I_z^o , кДж/кг · К
30	394				
100	1313,4	184,2	1025,7	333,7	1543,6
200	2646,7	389,1	2051,4	671,8	3112,3
300	4009,8	609,3	3092,8	1023,2	4725,3
400	5392,9	841,4	4158,0	1383,4	6382,8
500	6805,8	1085,6	5238,9	1754,7	8079,2
600	8258,5	1331,9	6343,5	2137,0	9812,4
700	9741,0	1592,4	7463,9	2534,8	11591,1
800	11243,5	1857,3	8623,7	2950,3	13431,3
900	12745,9	2126,5	9807,2	3368,0	15301,7
1000	14288,2	2400,1	10998,6	3812,2	17210,9
1100	15870,2	2678,1	12190,0	4256,4	19124,5
1200	17452,3	2961,5	13373,5	4709,5	21044,5
1300	19034,3	3243,8	14596,5	5180,2	23020,5
1400	20656,2	3531,6	15851,0	5653,1	25035,7
1500	22278,0	3819,3	17073,9	6141,5	27034,7
1600	23909,8	4106,0	18328,4	6632,2	29066,6
1700	25531,7	4398,1	19582,9	7131,6	31112,6
1800	27153,5	4690,2	20845,3	7642,1	33177,6

1900	28825,1	4982,3	22131,4	8150,4	35264,1
2000	30486,8	5278,8	23385,9	8676,4	37341,1
2100	32158,4	5575,3	24672,0	9195,8	39443,1
2200	33820,0	5871,8	25958,1	9721,7	41551,6

Энтальпию продуктов сгорания на 1 м³ топлива при $\alpha > 1$ рассчитываем по формуле (4.34):

$$I_z = I_z^o + (\alpha - 1) \cdot I_g^o, \text{ кДж/кг} \cdot \text{К} \quad (4.34)$$

Результаты расчетов по определению энтальпий при различных температурах газов сводим в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 – Энтальпия воздуха и продуктов сгорания

°С	I_z^o	I_g^o	Топка, $\alpha_T=1,1$	Поворотная камера, $\alpha_{П.К}=1,15$	Пучки дымогарных труб, $\alpha_{П.Д.Т}=1,25$
			I_T	I_T	I_T
30		394			
100	1543,6	1313,4	1674,9	1740,6	1871,9
200	3112,3	2646,7	3376,9	3509,3	3773,9
300	4725,3	4009,8	5126,2	5326,7	5727,7
400	6382,8	5392,9	6922,0	7191,7	7731,0
500	8079,2	6805,8	8759,7	9100,0	9780,6
600	9812,4	8258,5	10638,2	11051,1	11877,0
700	11591,1	9741,0	12565,2	13052,2	14026,3
800	13431,3	11243,5	14555,6	15117,8	16242,1
900	15301,7	12745,9	16576,2	17213,5	18488,1
1000	17210,9	14288,2	18639,7	19354,1	20782,9
1100	19124,5	15870,2	20711,5	21505,0	23092,0
1200	21044,5	17452,3	22789,7	23662,3	25407,5
1300	23020,5	19034,3	24923,9	25875,6	27779,0
1400	25035,7	20656,2	27101,3	28134,1	30199,7
1500	27034,7	22278,0	29262,5	30376,4	32604,2
1600	29066,6	23909,8	31457,5	32653,0	35044,0
1700	31112,6	25531,7	33665,7	34942,3	37495,5
1800	33177,6	27153,5	35892,9	37250,6	39965,9

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

1900	35264,1	28825,1	38146,6	39587,8	42470,3
2000	37341,1	30486,8	40389,7	41914,1	44962,8
2100	39443,1	32158,4	42658,9	44266,8	47482,7
2200	41551,6	33820,0	44933,6	46624,6	50006,6

Тепловой баланс котла и расход топлива

Соотношение, связывающее приход тепла в котельный агрегат от сгорания топлива (располагаемая теплота топлива Q_p^p), полезно используемая теплота приносимая, горячей водой и потери в окружающую среду называются тепловым балансом котельного агрегата.

Для действующего котла тепловой баланс составляют на основании результатов тепловых испытаний с целью получения данных для анализа эффективности его работы. При тепловом расчете тепловой баланс составляют, используя нормативные данные для определения расчетного расхода топлива проектируемого котла (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Расчет теплового баланса котла

Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
1	2	3	4	6
Располагаемая теплота сгорания топлива	Q_p^p	$Q_p^p = Q_n^p$	кДж/м ³	38470
Потеря теплоты от химической неполноты сгорания топлива	q_3	Таблица [2]	%	0,50
Температура уходящих газов	ν_{yx}	По выбору	°С	150,00
Энтальпия уходящих газов	I_{yx}	По $I - \nu$ таблица	кДж/кг	2822,9
Температура воздуха в котельной	$t_{x.в.}$	По выбору	°С	30,00
Теоретическая энтальпия воздуха в котельной	$I_{x.в.}^0$	По $I - \nu$ таблица	кДж/кг	394
Потеря теплоты с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} \cdot I_{x.в.}^0) \cdot 100}{Q_p^p}$	%	6,05
Диаметр котла (с крышками и с изоляцией)	D_k	по конструктивным размерам	м	2,21
Длина цилиндрической части котла (с изоляцией)	L_k	по конструктивным размерам	м	4,024

Наружная поверхность котла	F_{κ}	$\frac{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot L_{\kappa} + \pi \cdot D_{\kappa}^2}{2}$	м ²	21,6
Разность температур при теплопередачи	Δt	$t_{\text{вых}}^{\text{н}} - t_{\text{х.в.}}$	°С	85
Расход топлива на водогрейный котел	B	$\frac{G_c \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)}{Q_p^p \eta}$	кг/с	0,110

Продолжение таблицы 4.11

1	2	3	4	6
Коэффициент теплоотдачи от стенки котла к окружающей среде	α_k	-	Вт/(м ² ·К)	10
Потеря тепла в окружающую среду	Q_5	$\frac{\alpha_k \cdot \Delta t \cdot F_k}{B}$	кДж/кг	46,4
Потеря теплоты от наружного охлаждения	q_5	$\frac{Q_5}{Q_n^p} \cdot 100$	%	0,12
КПД котла	$\eta_{ка}$	$100 - (q_2 + q_3 + q_5)$	%	93,3
Температура воды на входе в котел	$t'_{вх}$	По расчету	°С	70
Энтальпия воды на входе в котел	$I'_{вх}$	Таблица VI-6 [2]	кДж/кг	294,6
Температура воды на выходе из котла	$t''_{вых}$	По расчету	°С	115
Энтальпия воды на выходе из котла	$I''_{вых}$	Таблица VI-7 [2]	кДж/кг	397,7
Расход воды через котел	D	По расчету	т/ч	75

Расчет топочной камеры

В таблице 4.12 представлен поверочный расчет топки котла.

Таблица 4.12 – Поверочный расчет топки

Величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
1	2	3	4	5
Суммарная площадь лучевоспринимающей поверхности	H_l	$H \cdot x$	м ²	7,31
Диаметр топочной камеры	D_m	по конструктивным размерам	м	1,7
Длина топочной камеры	L_m	по конструктивным размерам	м	4,024
Полная площадь стен топочной камеры	F_{cm}	$\frac{\pi D_m L_m + \pi D_m^2}{2}$	м ²	16
Степень экранирования топочной камеры	χ	$\frac{H_l}{F_{cm}}$	-	0,46

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

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

34

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5
Эффективная толщина излучающего слоя топки	s	$\frac{3,6 \cdot V_m}{F_{cm}}$	м	0,51
Предварительно задаваемая температура газов на выходе из топки	ϑ_m''	задается	$^{\circ}\text{C}$	1200
Предварительно задаваемая температура газов на выходе из топки	T_m''	$\vartheta_m'' + 273$	К	1473
Эффект. температура топочной среды	T_{ϕ}	$0,925\sqrt{T_a \cdot T_m''}$	К	1665
Адиабатическая температура горения	ϑ_a	таблица 4.4	$^{\circ}\text{C}$	1926
Адиабатическая температура горения	T_a	$\vartheta_a + 273$	К	2199
Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки	α_T	таблица 4.1	–	1,1
Тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_e$	кДж/кг	38713,3
Физическое тепло воздуха	Q_e	$(c_{\theta})_{x.g} \alpha_T V_o$	кДж/кг	435,7
Видимое тепловое напряжение топочного объема	q_v	$\frac{B \cdot Q_p^p}{V_m}$	кВт/м ³	1839,8
Объем топочной камеры	V_m	$\frac{\pi \cdot D_m^2}{4}$	м ³	2,3
Коэффициент ослабления лучей сажистыми частицами	k_c	$\frac{1,2}{1 + \alpha_T^2} \cdot \left(\frac{C^p}{H^p}\right) \cdot (1,6 \cdot 10^{-3} T_m'' - 0,5)$	1/ м·МПа	1,95
Соотношение углерода и водорода в рабочей массе	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} C_m H_n$	–	2,89
Коэффициент ослабления лучей газовой средой	k	$\left(\frac{7,8 + 16r_{H_2O}}{\sqrt{10pr_n s}} - 1\right) (1 - 0,37 \cdot 10^{-3} T_m'') \cdot r_n$	1/ м·МПа	3,35
Коэффициент ослабления лучей светящейся частью факела	$k_{св}$	$k_2^0 r_n + k_c$	1/ м·МПа	5,3
Степень черноты несветящейся части факела	a_2	$1 - e^{-kps}$	–	0,16

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5
Степень черноты светящейся части факела	$a_{св}$	$1 - e^{-k_{св}ps}$	–	0,24
Эффективная степень черноты факела	a_{ϕ}	$ma_{св} + (1-m)a_z$	–	0,17
Приведенная степень черноты топочной камеры	a_{κ}	$\frac{1}{\frac{1}{a_{\phi}} + \chi \left(\frac{1}{a_{\phi}} - 1 \right)}$	–	0,29
Скорость газов в жаровой трубе	w	$\frac{BV_z T_{\phi}}{F \cdot 273}$	м/с	3,6
Площадь сечения жаровой трубы	F	$\frac{\pi D_m^2}{4}$	м ²	2,26
Теплопроводность	λ	По таблице ПЗ [34]	Вт/мК	$14,38 \cdot 10^2$
Кинематическая вязкость	ν	По таблице ПЗ [34]	м ² /с	$258 \cdot 10^6$
Критерий Прандтля	Pr	По таблице ПЗ [34]	–	0,54
Коэффициент теплоотдачи конвекцией в топке	α_{κ}^m	$0,023 \cdot \frac{\lambda}{D_m} \left(\frac{w D_m}{\nu} \right)^{0,8} Pr^{0,4}$	Вт/м ² К	11,4
Средняя температура среды	T_{cp}	$\frac{(t_1 + t_2)}{2 + 273}$	К	365,5
Тепловое сопротивление загрязняющего слоя на наружной поверхности трубы	ε	Стр.11 [34]	м ² К/Вт	0
Температура наружного слоя (загрязнения) лучевоспринимающей поверхности	T_3	$\frac{T_{cp} + \left(\varepsilon + \frac{1}{\alpha^2} \right) B Q_{\lambda}}{H_{\lambda}}$	К	365,5
Конвективное количество тепла, воспринятой топочной камерой	Q_{κ}	$\frac{\alpha_{\kappa}^m H (T_{\phi} - T_3)}{B}$	кДж/кг	430649,8
Лучистое тепло, воспринятой топкой	Q_{λ}	$\sigma_o \frac{\alpha_{\kappa} H_{\lambda}}{B} (T_{\phi}^4 - T_3^4)$	кДж/кг	4648594
Тепло, воспринятое жаровой трубой (топкой)	Q_m	$Q_{\lambda} + Q_{\kappa}$	кДж/кг	5079243,8
Тепловосприятие топки по балансу	Q_{ϕ}	$\varphi (Q_m - I_m'')$	кДж/кг	5005889,5
Коэффициент сохранения тепла	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	–	0,99

Коэффициент тепловой эффективности лучевоспринимающей поверхности	Ψ_{cp}	$\frac{\zeta \cdot H_n}{F_{cm}}$	–	0,3
---	-------------	----------------------------------	---	-----

Окончание таблицы 4.12

1	2	3	4	5
Полная высота топки	H_m	по конструкции	м	1,7
Высота расположения горелок	h_m	по конструктивным размерам	м	0,85
Относительный уровень расположения горелок	X_m	$\frac{h_m}{H_m}$	–	0,5
Параметр, учитывающий характер распределения температуры в топке	M	$0,54 - 0,2X_m$	–	0,4
Температура газов на выходе из топки	v_m''	Номограмма для расчета температуры газов [34]	$^{\circ}\text{C}$	1230
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m''	Таблица 4.4	кДж/кг	23429,9

Невязка теплового баланса составила 1,44%, расчет считается верным. Так как расхождение между полученной расчетным путем температурой ($v_T'' = 1230^{\circ}\text{C}$) и ранее принятым значением (1200°C) на выходе из топки не превышает $\leq 2\%$, то тепловой расчет топки считается законченным.

Расчет поворотной камеры

В таблице 4.13 приведен поверочный расчет поворотной камеры.

Таблица 4.13 – Поверочный расчет поворотной камеры

Величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
1	2	3	4	5
Диаметр поворотной камеры	D_n	по конструктивным размерам	м	2,0
Длина поворотной камеры	L_n	по конструктивным размерам	м	0,3
Объем поворотной камеры	L_n	$\frac{\pi D_n \cdot L_n + \pi D_{\text{вк}}^2 \cdot L_{\text{вк}}}{4}$	м^3	0,94

Площадь стен	F_{cm}	$\frac{\pi D_n^2}{4} + \pi D_n L_n + \frac{\pi(D_n^2 - D_{\text{БК}}^2)}{4} + \pi D_{\text{БК}} \cdot L_{\text{БК}} + \frac{\pi D_{\text{БК}}^2}{4}$	м ²	8,02
Лучевоспринимающая поверхность поворотной камеры	L_n	$\frac{\pi(D_n^2 - D_m^2)}{4} + \pi D_n L_n + \frac{\pi(D_n^2 - D_{\text{БК}}^2)}{4} + \pi D_{\text{БК}} L_{\text{БК}}$	м ²	5,89

Продолжение таблицы 4.13

1	2	3	4	5
Предварительно задаваемая температура газов на выходе из поворотной камеры	v_n''	задается	°С	900
Энтальпия газов на выходе из поворотной камеры	I_n''	Таблица 4.4	кДж/кг	17213,5
Средняя температура в поворотной камере	v_{cp}	$\frac{v_m'' + v_n''}{2}$	°С	1065
Средняя температура среды	t_{cp}	$\frac{(t_1 + t_2)}{2}$	°С	92,5
Температура загрязнения стенки	t_3	$t_{cp} + \Delta t_3$	°С	117,5
Поверхность нагрева поворотной камеры	H_n	по конструктивным размерам	м ²	4
Давление газов в поворотной камере	p	Стр 13 [34]	МПа	0,1
Эффективная толщина излучающего слоя	s	$\frac{3,6 \cdot V_n}{F_{cm}}$	м	0,42
Коэффициент ослабления лучей газовой средой	k_2^o	$10 \cdot (r_{H_2O} + r_{RO_2}) \cdot sp$	1/м·МПа	2807
Суммарная доля водяных паров и трехатомных газов	r_n	Таблица 4.2	–	0,25
Суммарная оптическая толщина запыленного газового потока	kps	$(k_2^o \cdot r_n) \cdot ps$	–	29,5
Коэффициент теплоотдачи	α_n	По графику 2 [34]	Вт/м ² К	175
Степень черноты среды	a	$1 - e^{-kps}$	–	1
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_{л}$	$\alpha_n \cdot a \cdot C_2$	Вт/м ² К	175

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

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

38

Тепло переданное излучением в поворотной камере	Q_n	$\frac{\alpha_n \cdot (v_{cp} - t_3) \cdot H_n}{B}$	кДж/кг	609845 4
Тепловосприятие в поворотной камере	Q_6	$\varphi(I_m'' - I_n'')$	кДж/кг	6154,2

Окончание таблицы 4.13

1	2	3	4	5
Невязка баланса	ΔQ	$\frac{Q_6 - Q_n}{Q_n} \cdot 100$	%	0,9

Невязка теплового баланса составила 0,9%, расчет считается верным.

Расчет дымогарных труб второго хода

В таблице 4.14 представлен поверочный расчет дымогарных труб второго хода.

Таблица 4.14 – Поверочный расчет дымогарных труб второго хода

Величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Единица	Расчет
1	2	3	4	5
Температура газов на выходе из второго хода дымогарных труб	v_{dm}''	По выбору	$^{\circ}\text{C}$	150
Энтальпия газов на входе второго хода дымогарных труб	I'	v_n'' - из расчета поворотной камеры	кДж/кг	17213,5
Энтальпия газов на выходе из второго хода дымогарных труб	I_{dm}''	Таблица 4.4	кДж/кг	2830
Средняя температура во втором ходе	v_{cp}	$\frac{v_{dm}'' + v_n''}{2}$	$^{\circ}\text{C}$	525
Температурный напор на входе дымогарных труб	Δt_6	$v' - t_1$	$^{\circ}\text{C}$	785
Температурный напор на выходе из дымогарных труб	Δt_m	$v'' - t_2$	$^{\circ}\text{C}$	80

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

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

39

Средний температурный напор	Δt	$\frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_{\mu}}{\ln \frac{\Delta t_{\sigma}}{\Delta t_{\mu}}}$	$^{\circ}\text{C}$	308,7
Расчетная температура потока	v	$v_{cp} + \Delta t$	$^{\circ}\text{C}$	834
Температура загрязнения стенки	t_3	$t_s + \Delta t_3$	$^{\circ}\text{C}$	140

Продолжение таблицы 4.14

1	2	3	4	5
Поверхность нагрева дымогарных труб	H_{dm}	по конструктивным размерам	м^2	17,4
Внутренний диаметр дымогарных труб	d_{dm}	по конструктивным размерам	м	0,054
Количество дымогарных труб	n	по конструктивным размерам	шт	80
Площадь сечения дымогарных труб	F	$\left(\frac{\pi d_{\text{dm}}^2}{4}\right)n$	м^2	0,2
Объем дымовых газов в дымогарных трубах	V_2^{dm}	Таблица 4.2	$\text{м}^3/\text{кг}$	13,71
Скорость газа в дымогарных трубах	ω	$\frac{B \cdot V_2^{\text{dm}} (v + 273)}{F \cdot 273}$	м/с	30,5
Давление газов в дымогарных трубах	p	-	МПа	0,1
Эффективность толщина излучающего слоя	s	0,9d	м	0,05
Коэффициент ослабления лучей газовой средой	k_2°	$10 \cdot (r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{RO}_2})sp$	$1/\text{м} \cdot \text{МПа}$	257
Суммарная доля водяных паров и трехатомных газов	r_n^{dm}	Таблица 4.2	-	0,23
Суммарная оптическая толщина запыленного газового потока	kps	$(k_2^{\circ} \cdot r_n)ps$	-	0,31
Степень черноты среды	a	$1 - e^{-kps}$	-	0,29
Коэффициент теплоотдачи	α_n	По графику 2 [34]	$\text{Вт/м}^2\text{К}$	140
Коэффициент теплоотдачи излучением для незапыленного	α_l	$\alpha_n \cdot a \cdot C_2$	$\text{Вт/м}^2\text{К}$	41,0

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

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

40

потока				
Теплопроводность	λ	По таблице ПЗ [34]	Вт/мК	$9,99 \cdot 10^2$
Кинематическая вязкость	ν	По таблице ПЗ [34]	м ² /с	$146 \cdot 10^6$
Критерий Прандтля	Pr	По таблице ПЗ [34]	–	0,58
Коэффициент теплоотдачи конвекцией	α_{κ}^{om}	$0,023 \cdot \frac{\lambda}{d_{om}} \cdot \left(\frac{\varpi \cdot d_{om}}{\nu} \right)^{0,8} Pr^{0,4}$	Вт/м ² К	151
Коэффициент тепловой эффективности	Ψ	По таблице 5 [34]	–	0,8

Окончание таблицы 4.14

1	2	3	4	5
Коэффициент теплопередачи	k	$\Psi \cdot (\alpha_{\kappa}^{om} + \alpha_{\pi})$	Вт/м ² К	154
Теплопередача	Q_{om}	$\frac{k \cdot \Delta t \cdot H_n}{B}$	кДж/кг	7952112
Суммарное тепловосприятие газохода	Q_{om}	$Q_{om} + Q_n$	МДж/кг	14050
Баланс тепла в дымогарных трубах	Q_{σ}	$\varphi(I' - I'')$	кДж/кг	14239
Невязка баланса	ΔQ	$\frac{Q_{\sigma} - Q_m}{Q_{\sigma}} \cdot 100$	%	1,3

Невязка теплового баланса составила 1,3%, расчет считается верным.

Аэродинамический расчет газового тракта

Тепловая мощность котла $Q = 4,15$ МВт. КПД котла брутто $\eta_{бр} = 0,933$. Температура уходящих газов $t_{yx} = 150$ °С. Низшая теплота сгорания $Q_n = 38,47$ МДж/кг. Плотность дымовых газов при нормальных условиях ($t = 0$ °С, $P = 760$ мм рт. ст.) $\rho_{\Gamma} = 1,31$ кг/м³.

Расход природного газа на котел (4.35):

$$B_1 = \frac{N}{Q_n \cdot \eta}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.35)$$

$$B_1 = \frac{4,15}{38,47 \cdot 0,933} = 0,115 \text{ м}^3/\text{с} = 414 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объемный расход дымовых газов (4.36):

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ				

$$V_{\partial.z} = V_z \cdot B_p \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.36)$$

где V_z – суммарный объем продуктов сгорания, $V_z = 13,71 \text{ м}^3/\text{кг}$.

$$V_{\partial.z} = 13,71 \cdot 0,115 = 1,6 \text{ м}^3/\text{с} = 5760 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Объем газов при температуре 150°C (4.37):

$$V_{\partial.z} = \frac{V_z \cdot (273 + t_{yx})}{273}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.37)$$

$$V_{\partial.z} = \frac{13,71 \cdot (273 + 150)}{273} = 21,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

Плотность продуктов сгорания при 150°C (4.38):

$$\rho = \frac{\rho_{\Gamma} \cdot 273}{(273 + t_{yx})}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.38)$$

$$\rho = \frac{1,31 \cdot 273}{(273 + 150)} = 0,845 \text{ кг/м}^3$$

Сечения газохода (4.39):

$$F = 2\pi r^2, \text{ м}^2 \quad (4.39)$$

$$F = 2 \cdot 3,14 \cdot (0,3)^2 = 0,6 \text{ м}^2$$

Средняя скорость продуктов сгорания по тракту (4.40):

$$\omega = \frac{V_{\partial.z}}{F}, \text{ м/с} \quad (4.40)$$

$$\omega = \frac{21,2}{0,6} = 35,3 \text{ м/с}$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений:

- поворот на 150° : $f = 1,3$;
- выход в дымовую трубу: $f = 1,1$;
- $\Sigma f = 4,4$.

Потери напора в местных сопротивлениях (4.41):

$$\Delta h_{мест} = \frac{\sum f \cdot \omega}{2} \cdot \rho, \text{ Па} \quad (4.41)$$

$$\Delta h_{мест} = \frac{4,4 \cdot 35,3}{2} \cdot 0,9 = 69,8 \text{ Па}$$

Высота дымовой трубы: $H_{mp} = 20 \text{ м}$.

Скорость газов в дымовой трубе: $\omega_{mp} = 25 \text{ м/с}$.

Внутренний диаметр устья дымовой трубы: $d_y = 0,610 \text{ м}$.

Средний диаметр дымовой трубы: $d_{осн} = d_y$; $d_{осн} = 0,610 \text{ м}$.

Потеря напора на трение в дымовой трубе (4.42):

$$\Delta h_{mp} = \frac{f \cdot H}{d_{cp}} \cdot \frac{\omega^2}{2\rho}, \text{ Па} \quad (4.42)$$

$$\Delta h_{mp} = \frac{0,02 \cdot 20}{0,610} \cdot \frac{(25)^2}{2 \cdot 0,9} = 227,7 \text{ Па}$$

Сопротивление котлоагрегата: $\Delta h_k = 900 \text{ Па}$.

Самотяга в дымовой трубе (4.43):

$$\Delta h_{сам} = H \cdot (\rho_g - \rho_z) \cdot g, \text{ Па} \quad (4.43)$$

$$\Delta h_{сам} = 20 \cdot (1,16 - 0,903) \cdot 9,81 = 50,4 \text{ Па}$$

Полное аэродинамическое сопротивление тракта продуктов сгорания (4.44):

$$\Delta h = \Delta h_{мест} + \Delta h_{mp} + \Delta h_k - \Delta h_{сам}, \text{ Па} \quad (4.44)$$

$$\Delta h = 69,8 + 227,7 + 900 - 50,4 = 1147,2 \text{ Па}$$

4.4 Выбор вспомогательного оборудования

Таким образом, на основании расчетов тепловой схемы котельной предусматривается установка трех стальных водогрейных котлов серии RIELLO RTQ 4150. На двух котлах установлено газовые модуляционные горелки серии

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- максимальная производительность по подаче рабочего раствора – 1,6 л/час;
- устанавливается для обработки подпиточной воды с максимальным расходом – до 15 м³/час;
- емкость бака – 100 л;
- максимальное давление – 63 кгс/см² при производительности до 1,6 л/час;
- электродвигатель трехфазный асинхронный АИР 63 А4, мощность 0,25 кВт;
- потребляемая мощность 0,26 кВт;
- габаритные размеры установки: длина×ширина×высота, не более:
725×550×1365 мм;
- масса, не более 35 кг.

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- модернизацию схем горячего водоснабжения путем установки контактно-газового экономайзера;
- использование теплоты пара, вторичного вскипания конденсата;
- применение теплового насоса с использованием низкопотенциальных источников (нагретого воздуха, горячей воды, конденсата);
- использование аккумулированной теплоты при останове котла;
- когенерация: совместная выработка тепловой и электрической энергии;
- реконструкция котельной в мини-ТЭЦ с надстройкой ГТУ;
- частотное регулирование.

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						48
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

В качестве вторичных приборов использованы: ТРМ151; САУ-М6; ВРСГ-1; контроллеры РС-165D и РС-365D – устанавливаются на местном щите КИПиА.

Комплектом средств управления обеспечивается безопасность работы котла путем прекращения подачи топлива при:

- повышении температуры в подающем трубопроводе Т1 выше 115°C;
- понижении температуры в обратном трубопроводе Т2 ниже 55°C;
- повышении температуры отходящих газов выше 180 °С
- повышения или понижения давления газа;
- понижения давления воздуха на горелку;
- понижения разрежения в газоходе за котлом;
- погасания пламени горелки;
- превышения содержания оксида углерода до 10 мг/м³ в рабочей зоне;
- превышения содержания метана до 10 НКПР;
- повышении температуры в помещении котельной свыше 100°C;
- отсутствия напряжения в цепях защиты.

При отсечке газа по любому из перечисленных параметров срабатывает звуковая и световая сигнализация с определением первопричины аварии.

Операции по пуску и останову котла происходят автоматически «от кнопки». Аварийный сигнал остановки котла вынесен на щит КИП.

Схемой автоматики предусмотрен контроль следующих параметров:

Параметры теплоносителя:

- температура исходной воды для подпитки системы теплоснабжения;
- температура в подающем трубопроводе Т1;
- температура в обратном трубопроводе Т2;
- давление исходной воды для подпитки системы теплоснабжения;
- давление в подающем трубопроводе Т1;
- давление в обратном трубопроводе Т2;
- узел учета тепла;
- узел учета расхода холодной воды котельной;
- узел учета расхода горячей воды на больничный комплекс;
- узел учета расхода горячей воды на поселок.

Параметры системы газоснабжения

- коммерческий узел учета расхода газа;
- давление газа на входе в котельную;
- давление газа перед котлом;
- разрежение в газоходе за котлом;
- температура воздуха в помещении;
- содержание в воздухе рабочей зоны оксида углерода и метана;
- контроль наличия пламени горелки;
- контроль температуры отходящих газов.

Проектом предусматривается подключение электродвигателей оборудования и щитов КИП от распределительных щитов котельной кабелями.

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ					

Прокладка питающих кабелей осуществляется в металлических водогазопроводных трубах по ГОСТ 3262-75 в конструкции пола, или по ограждающим конструкциям здания и оборудования. Подвод кабелей к исполнительным механизмам, датчикам выполнить в металлическом рукаве РЗ-Ц-Х. Для питания приборов кип в сборном щите устанавливаются вводные автоматические выключатели ВА-47-29 ЗР С10, ВА-47-29 1Р С2. Для коммутации цепей электродвигателей устанавливаются магнитные пускатели ПМЕ 112 с тепловым реле РТЛ-4а. Кабели, прокладываемые в водогазопроводных трубах, проложено в полу на отметке -0,100 с последующим бетонированием пола. Заземление электрических сетей осуществляется к существующему заземляющему контуру.

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						51
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

температурного уровня в топке, так и за счет уменьшения концентрации свободного кислорода.

Защита воздушного бассейна от загрязнений регламентируется предельно допустимыми концентрациями вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в воздухе является критерием санитарной оценки среды.

Под предельно допустимой концентрацией следует понимать такую концентрацию различных веществ и химических соединений, которая при ежедневном воздействии на организм человека не вызывает каких – либо патологических изменений или заболеваний.

ПДК атмосферных загрязнений устанавливается в двух показателях: максимально – разовой и среднесуточной.

Для двуокиси азота (NO_2) – основного загрязняющего вещества при работе котельной на природном газе, предельно допустимая максимально – разовая концентрация равна $0,085 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная – $0,04 \text{ мг/м}^3$.

При одновременном совместном присутствии в выбросах веществ однонаправленного вредного действия их безразмерная суммарная концентрация не должна превышать единицы (7.1).

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (7.1)$$

где C_1, C_2, C_3, C_n – фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 .

Главным фактором, влияющим на рассеивание токсичных веществ, является ветер.

Основным мероприятием по снижению концентраций загрязняющих веществ в атмосфере является выброс дымовых газов на максимально возможную высоту. Для этого проектом предусмотрен расчет минимальной высоты дымовой трубы которая обеспечит требуемые параметры концентрации загрязняющих веществ в приземном слое.

При высоких температурах в ядре факела топок происходит частичное окисление азота, содержащегося в воздухе и топливе, поэтому при работе котельной на природном газе уходящие газы содержат вредные вещества – оксиды азота. По сложившейся методике расчет выбросов ведется в пересчете на диоксид азота NO_2 .

Котлы работают на покрытие тепловых нагрузок в течение года. В котельной предусмотрено установки одной дымовой трубы. Установленная теплопроизводительность котельной – $9,6 \text{ Гкал/ч}$.

Основным топливом является природный газ, $Q_p^H = 38,47$ МДж/кг – низшая теплота сгорания; $\rho_H = 0,7492$ кг/м³ – плотность газа при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ и давлении $P = 0,10132$ МПа. При правильной эксплуатации котлов основными токсичными примесями, содержащимися в дымовых газах, являются окислы азота. Максимальный расход газа на котел составит 488 м³/ч.

Расчет объемов продуктов сгорания

Состав газа: $\text{CH}_4 - 84,01\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 - 4,4\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 - 1,6\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} - 0,7\%$; $\text{C}_5\text{H}_{12} - 1,8\%$; $\text{N}_2 - 3,5\%$; $\text{CO}_2 - 0,5\%$; $\text{H}_2 - 1,49\%$; $\text{O}_2 - 2,0\%$; $Q_H^P = 38,47$ МДж/кг.

Теоретический необходимый объем воздуха (7.2):

$$V_g^o = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot (\text{CO} + \text{H}_2) + 1,5 \cdot \text{H}_2\text{S} + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - \text{O}_2 \right], \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.2)$$

где: m и n – число атомов углерода и водорода в химической формуле углеводородов, входящих в состав топлива.

$$V_g^o = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot (0 + 1,49) + 1,5 \cdot 0 + \left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 84,01 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) \cdot 4,4 + \right. \\ \left. + \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 1,6 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 0,7 + \left(5 + \frac{12}{4} \right) \cdot 1,8 - 2 \right] = 9,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретические объемы продуктов сгорания топлива:

а) Объем трехатомных газов (7.3):

$$V_{RO_2}^o = 0,01 \cdot (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{S} + \sum m C_m H_n), \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.3)$$

$$V_{RO_2}^o = 0,01 \cdot (0,5 + 0 + 0 + 84,01 + 2 \cdot 4,4 + 3 \cdot 1,6 + 4 \cdot 0,7 + 5 \cdot 1,8) = 1,09 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

б) объем двухатомных газов (7.4):

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V_g^o + 0,01 \cdot N_2, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.4)$$

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot 9,95 + 0,01 \cdot 3,5 = 7,89 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

в) объем водяных паров (7.8):

$$V_{H_2O}^o = 0,01 \cdot (\text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + 0,5 \cdot \sum n C_m H_n + 0,124 \cdot d) + 0,0161 \cdot V^o, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.8)$$

где d – влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м^3 сухого газа, $d = 10 \text{ г/м}^3$.

$$V_{H_2O}^o = 0,01 \cdot [1,49 + 0 + 0,5 \cdot (4 \cdot 84,01 + 6 \cdot 4,4 + 8 \cdot 1,6 + 10 \cdot 0,7 + 12 \cdot 1,8) + 0,124 \cdot 10] + 0,0161 \cdot 9,95 = 2,21 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем дымовых газов (7.9):

$$V_2^o = V_{R_2O}^o + V_{N_2}^o + V_{H_2O}^o, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.9)$$

$$V_2^o = 1,09 + 7,89 + 2,21 = 11,19 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Полный объем продуктов сгорания за котлом при нормальных условиях при сжигании 1 м^3 природного газа с $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_2 = 1,09 + 7,89 + 2,21 + 1,0161 \cdot (1,105 - 1) \cdot 9,95 = 12,25 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Расчет выбросов окислов азота

В топочной камере образуется окись азота NO (более 95 %). Образование двуокиси азота NO₂ за счет окисления NO происходит при низких температурах. Определим потребность тепловой нагрузки при работе одним котлом RIELLO RTQ 4150:

Выброс окислов азота рассчитывается по NO₂ (7.10):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H^p \cdot K_{NO_2} (1 - \beta) \quad (7.10)$$

где β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов окислов азота в результате применяемых технических решений, $\beta = 0,01$;

B – расход топлива, $\text{м}^3/\text{с}$: для одного водогрейного котла RIELLO RTQ 4150: ($B = 488 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,135 \text{ м}^3/\text{с}$);

Q_H^p – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг, ($Q_H^p = 38,47 \text{ МДж/кг}$);

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на МДж теплоты, кг/МДж.

Значение K_{NO_2} определяется по графикам для различных видов топлива в зависимости от номинальной нагрузки котлов, $K_{NO_2} = 0,095$. При нагрузке котла, отличающейся от номинальной, K_{NO_2} нужно умножить на $(Q_{\Phi} / O_H)^{0,25}$:

$$K_{NO_2} = 0,095 \cdot \left(\frac{3,56}{3,86} \right)^{0,25} = 0,09$$

Выброс окислов азота:

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 0,135 \cdot 10^3 \cdot 38,47 \cdot 0,09 \cdot (1 - 0,01) = 0,46 \text{ г/с}$$

Приведем объем продуктов сгорания при нормальных условиях к рабочим условиям (7.11):

$$V_{np} = \frac{P_H \cdot V_z \cdot T_z}{P_z \cdot T_H}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.11)$$

$$V_{np} = \frac{760 \cdot 12,25 \cdot 423}{740 \cdot 273} = 19,49 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объемный расход выбрасываемых газов для одного котла (7.12):

$$V_1 = B \cdot V_{np}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.12)$$

$$V_1 = 0,135 \cdot 19,49 = 2,63 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Концентрация окислов азота (7.13):

$$C_{NO_2} = \frac{M_{NO_2}}{V_1}, \text{ г/м}^3 \quad (7.13)$$

$$C_{NO_2} = \frac{0,46}{2,63} = 0,17 \text{ г/м}^3$$

В зимний период нагрузка максимальна, поэтому работают все три котла. Для трех водогрейных котлов RIELLO RTQ 4150:

$$B = 3 \cdot 488 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,40 \text{ м}^3/\text{с}$$

Значение K_{NO_2} определяется по графикам для различных видов топлива в зависимости от номинальной нагрузки котлов, $K_{NO_2} = 0,11$. При нагрузке котла, отличающейся от номинальной, K_{NO_2} нужно умножить на $(Q_{\Phi} / Q_H)^{0,25}$

$$K_{NO_2} = 0,11 \cdot \left(\frac{3,56}{3,86} \right)^{0,25} = 0,1$$

Выброс окислов азота:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 0,40 \cdot 10^3 \cdot 38,47 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,01) = 1,52 \text{ г/с}$$

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ					

Объемный расход выбрасываемых газов для трех котлов:

Концентрация окислов азота: $V_1 = 0,40 \cdot 19,49 = 7,79 \text{ м}^3/\text{м}^3$

$$C_{NO_2} = \frac{1,52}{7,79} = 0,19 \text{ г}/\text{м}^3$$

Расчет дымовой трубы

Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через высокие дымовые трубы. Из дымовых труб поток газов выбрасывается в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом, за счет чего концентрация вредных веществ на уровне дыхания снижается до нормативного значения.

Зададимся высотой трубы $H_1 = 10 \text{ м}$, $H_2 = 20 \text{ м}$, $H_3 = 30 \text{ м}$ для NO_2 . Скорость выхода газов из устья трубы $w = 25 \text{ м}/\text{с}$. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки г. Орска составляет $T_g = -29 \text{ }^\circ\text{C}$ (СНиП-23-01-99).

Определим (предварительно) диаметр трубы (7.13):

$$V_1 = w \frac{\pi d^2}{4}; \quad d^2 = \frac{V_1 \cdot 4}{w \cdot \pi}, \text{ м} \quad (7.13)$$

$$d = \sqrt{\frac{7,79 \cdot 4}{25 \cdot 3,14}} = 0,630 \text{ м}$$

принимая стандартную стальную трубу диаметром 0,630 метра.

Вычислим реальную скорость газов:

$$w = \frac{4 \cdot 7,79}{(0,630)^2 \cdot 3,14} = 25,0 \text{ м}/\text{с}$$

Для расчета коэффициентов m и n необходимы вспомогательные величины: f (7.14):

$$f^{NO_2} = \frac{10^3 \cdot w^2 \cdot d}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (7.14)$$

Параметр v_m рассчитаем по выражению (7.15):

$$v_m^{NO_2} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V_p \cdot \frac{\Delta T}{H}} \quad (7.15)$$

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Параметр v' рассчитаем по выражению (7.16):

$$v'^{NO_2} = 1,3 \cdot w \cdot \frac{d}{\dots} \quad (7.16)$$

Для NO_2 рассчитаем коэффициенты m и n (7.17):

$$m^{NO_2} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (7.17)$$

1. Высота трубы $H_1 = 10$ м:

Разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха (7.18):

$$\Delta T = T_2 - T_г = 150 - (-29) = 179 \quad (7.18)$$

где T_2 – температура уходящих газов, $T_2 = 150$ °С.

$$f_1^{NO_2} = \frac{10^3 \cdot 25,0^2 \cdot 0,630}{10^2 \cdot 179} = 22,0$$

$$v_{m1}^{NO_2} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{7,79 \cdot \frac{179}{10}} = 3,37$$

$$v_{.m1}^{NO_2} = 1,3 \cdot 25,0 \cdot \frac{0,630}{10} = 2,04$$

$$m_1^{NO_2} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{22,0} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{22,0}} = 0,5$$

при $v_{.m1} = 3,37$, т.е. > 2 $n_3 = 1$.

2. Высота трубы $H_2 = 20$ м:

$$f_2^{NO_2} = \frac{10^3 \cdot 25,0^2 \cdot 0,630}{20^2 \cdot 179} = 5,49$$

$$v_{m2}^{NO_2} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{7,79 \cdot \frac{179}{20}} = 2,67$$

$$v_{.m2}^{NO_2} = 1,3 \cdot 25,0 \cdot \frac{0,630}{20} = 1,02$$

$$H_{\min 2}^{NO_2} = \sqrt{180 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot \frac{1,52}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{7,79 \cdot 179}}} = 14,0 \text{ м}$$

$$H_{\min 3}^{NO_2} = \sqrt{180 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1 \cdot \frac{1,52}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{7,79 \cdot 179}}} = 14,9 \text{ м}$$

На рисунке 7.1 представлено графическое определение высоты дымовой трубы.

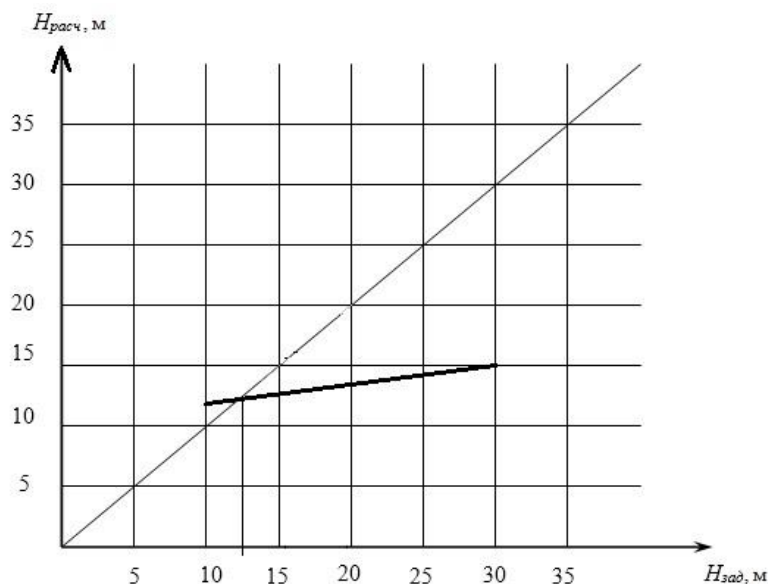


Рисунок 7.1 – Расчет высоты дымовой трубы

Минимальная высота дымовой трубы $H = 13$ м. Исходя из построенного графика выбираем трубу стандартной высотой $H = 20$ м.

Определим количество и концентрацию NO_2 для стандартной трубы:

$$f^{NO_2} = \frac{10^3 \cdot 25,0^2 \cdot 0,630}{20^2 \cdot 179} = 5,49$$

$$v_m^{NO_2} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{2,63 \cdot \frac{179}{20}} = 1,86$$

при $v_m = 1,86$, т.е. $0,5 < v_m < 2$, тогда коэффициент n определяют по формуле (7.20):

$$n = 0,532v_m^2 - 2,13v_m + 3,13 \quad (7.20)$$

$$n = 0,532 \cdot (1,86)^2 - 2,13 \cdot 1,86 + 3,13 = 1,01$$

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

$$m^{NO_2} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{5,49} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{5,49}} = 0,66$$

Максимальная приземная концентрация вредных веществ при выбросе из одиночного источника определяется по формуле (7.21):

$$C_m = \frac{AMFmn}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3 \quad (7.21)$$

$$C_{M_{NO_2}} = \frac{180 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 1,01}{20^2 \cdot \sqrt[3]{2,63 \cdot 179}} = 0,017 \text{ мг/м}^3$$

Так как тепловая нагрузка для летнего режима составляет 45% от тепловой нагрузки зимнего режима, рассчитанная для зимнего режима высота дымовой трубы будет обеспечивать допустимую концентрацию выбросов и при летнем режиме.

Сточные воды котельной

В данной работе по реконструкции производственно-отопительной котельной предусматривается выпуск сточных вод, загрязненными солями жесткости от установки дозирования комплексоната и бытовых сточных вод в городские сети бытовой канализации.

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является частью управления промышленной безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Объектом выпускной квалификационной работы является производственно-отопительная котельная с установленной теплопроизводительностью 11,13 МВт. Основным топливом для котельной служит природный газ.

Подача газа в котельную осуществляется по подземному газопроводу Ду57×3,5 высокого давления II категории, от наружного газопровода города.

Производственно-отопительная котельная предназначена для теплоснабжения поселка «Щебзавод» – потребитель II категории и областную психиатрическую больницу – потребитель I категории.

Система теплоснабжения – закрытая, двухтрубная (подающий и обратный трубопроводы сетевой воды).

Здание котельной расположено отдельно от других зданий. В помещении котельной расположено 3 устанавливаемых водогрейных котлов RIELLO RTQ 4150. Для отвода дымовых газов предусмотрена металлическая дымовая труба, высотой 20 метров с диаметром устья 0,630 метров. Резервным топливом котельной является дизельное топливо, который храниться в 2-х стальных вертикальных резервуарах, емкостью 15 м³ каждый.

Котельная работает при постоянном присутствии обслуживающего персонала. К эксплуатационному персоналу котельной относятся пять дежурных операторов, которые работают по двухсменному графику по 12 часов.

Дежурный оператор на протяжении смены проводит осмотр оборудования как минимум два раза (при приеме и сдачи смены).

В обязанности дежурного оператора также входит:

- слежение за ходом технологического процесса, а именно, фиксация или, при необходимости, регулирование параметров для поддержания заданных характеристик;
- введение технической документации;
- охранная функция, наблюдение, т.е. дежурный оператор, несет как административную функцию, так и уголовную ответственность.

Рабочее место оператора оборудовано столом, стулом, ящиком для хранения технической документации, телефоном.

При эксплуатации котлоагрегатов оператором основными вредными производственными факторами являются:

1) Физические факторы:

- повышенная температура воздуха, повышенная температура поверхностей

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ					

- удушье от вдыхания воздуха с низким содержанием кислорода;
- отравление окисью углерода или другими продуктами сгорания в воздухе;
- попадание брызг гидразина и его производных на кожу может вызвать проникающие ожоги и сильный дерматит;
- вредное воздействие химических веществ.

Возможные аварийные ситуации:

- взрыв в топке котла с повреждением обмуровки и возникновением пожара;
- взрыв трубопроводов газа или других агрегатов котельной;
- короткое замыкание электропроводки;
- прекращение подачи воды или электроэнергии;
- стихийные бедствия и другие случаи, не связанные с работой котла;
- возгорание и взрыв топлива.

Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса.

Микроклимат рабочей зоны определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения. Если сочетание этих параметров не являются оптимальными для организма человека, причем это будет сопровождаться напряжением реакции терморегуляции, ухудшением самочувствия.

В таблице 8.1 приведены параметры микроклимата в рабочей зоне обслуживающего персонала котельной.

Таблица 8.1 – Показатели микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ	Оптимальная температура, °С	Допустимая температура, °С	Оптимальная температура поверхностей, °С	Допустимая температура поверхностей, °С	Оптимальная влажность, %	Допустимая влажность, %	Скорость движения воздуха оптимальная, м/с	Скорость движения воздуха допустимая, м/с
Холодный	Легкая 1Б	21-23	20-24	20-24	18-25	40-60	15-75	0,1	≤ 0,2
Теплый	Легкая 1Б	22-24	21-28	21-25	19-29	40-60	15-75	0,2	0,1-0,3

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

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

64

Продолжение таблицы 8.3

1	2	3
Площадки и лестницы котлов, проходы за котлами	VIII	75
Местные щиты управления котлами	VI	200
Диспетчерская	VI	200

Для создания наилучших условий работы зрения человека в процессе труда освещение должно обеспечить:

- освещенность на рабочих местах в соответствии с характером зрительной работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности;
- отсутствие резких теней;
- отсутствие блескости;
- обеспечение пожарно-, взрыво- и электробезопасности.

В помещении котельного цеха предусмотрено естественное освещение, а в вечернее и ночное время – искусственное.

Естественное боковое освещение обеспечивается за счет оконных проемов. Искусственное освещение осуществляется комбинацией общего освещения цеха с местным освещением рабочих мест. В качестве источников света применяются люминесцентные лампы и лампы накаливания. Для обеспечения требуемого направления светового потока электрические лампы заключены в арматуру, которая обеспечивает защиту глаз от слепящего действия и предохраняет лампы от загрязнения. Для освещения котельного цеха применяются светильники напряжением 220 В и мощностью 40-1000 Вт.

В случае аварийной ситуации предусмотрено аварийное освещение, которое составляет 10% рабочего освещения. Аварийное освещение обеспечивает работу на пультах управления, а также осмотр фронтальной части котлов, проход по обслуживающим площадкам.

Для осмотра оборудования у дежурного и оперативного персонала предусмотрены аккумуляторные светильники и переносные электрические фонари. Переносные ручные электрические светильники питаются от сети напряжением 12 В.

Виброакустические факторы

Работа оборудования промышленных установок сопровождается колебаниями фундаментов, элементов конструкций, сотрясениями, которые называются вибрацией. К такому оборудованию относятся дробилки, мельницы, вентиляторы, дымососы, насосы. Выбор нормирования определяется в зависимости от интенсивности вибрации. В котельном цехе вибрация общая, технологическая.

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое колебание.

На оператора котельной в производственных условиях действует общая вибрация 3А категории (на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий).

Длительное воздействие вибрации приводит к различным нарушениям здоровья человека и, в конечном счете, к «вибрационной болезни». Общая вибрация оказывает неблагоприятное воздействие на нервную систему, наступают изменения в сердечнососудистой системе, вестибулярном аппарате, нарушается обмен веществ.

Величина вибраций на рабочем месте оператора соответствует гигиеническим нормам вибраций, воздействующим на организм человека ГОСТ 12.1012-96.

В таблице 8.4 представлены нормы вибрационной нагрузки на машиниста котельной.

Таблица 8.4 – Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на машиниста котла

Среднестатистические частоты активных полос, Гц	Нормативные значения в направлениях Х ₀ , Y ₀							
	Виброускорение				Виброскорость			
	м.с ⁻²		дБ		м.с ⁻¹ x 10 ⁻²		дБ	
	В 1/3 окт.	В 1/1 окт.	В 1/3 окт.	В 1/1 окт.	В 1/3 окт.	В 1/1 окт.	В 1/3 окт.	В 1/1 окт.
1,6	0,09		99		0,9		105	
2,0	0,08	0,14	98	103	0,64	1,3	102	108
2,5	0,071		97		0,46		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,1	95	100	0,23	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12	0,22	87	93
10,0	0,071		97		0,12		87	
12,5	0,09		99		0,12		87	
16	0,112	0,20	101	106	0,12	0,20	87	92
20	0,140		103		0,12		87	
25	0,18		105		0,12		87	
31,5	0,22	0,40	107	112	0,12	0,20	87	92
40,0	0,285		109		0,12		87	
50,0	0,355		111		0,12		87	
63,0	0,445	0,80	113	118	0,12	0,20	87	92
80,0	0,56		115		0,12		87	

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» основным способом обеспечения вибробезопасности должно быть создание и применение вибробезопасных машин.

Повышенный уровень шума

Работа оборудования промышленных установок сопровождается механическими, аэродинамическими и гидродинамическими шумами. К такому оборудованию относятся котлы, вентиляторы, дымососы, насосы, трубопроводы. Аэродинамический и гидродинамический шумы возникают в результате течения жидкости, пара и газа. В котельном цехе шум постоянный, широкополосный. Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, способствующие снижению работоспособности и эффективности труда, мешает восприятию речи, ослабляет внимание. В таблице 8.5 приведены показатели уровня шума.

Таблица 8.5 – Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах и территории предприятий

Уровни звукового давления, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
63	125	250	1000	2000	4000	8000	500	
94	98	96	93	92	89	90	85	80

При эксплуатации оборудования применяют метод снижения аэродинамического шума в источнике его образования путем уменьшения скорости течения газа за счет снижения давления. Другим методом является снижение шума на пути его распространения. Он реализуется применением кожухов, экранов и звукоизолирующих перегородок, которыми закрывают вышеперечисленное оборудование. В качестве индивидуальных средств защиты используют вкладыши.

Тяжесть и напряженность трудового процесса

Стресс под действием жары; общая усталость в результате физической работы в шумном, теплом и влажном помещении. Эксплуатационный персонал должен соблюдать режим труда и отдыха, которые даются в нормах организации труда. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы было исключено возникновение стрессов. Появление стресса в аварийной обстановке становится причиной неправильных действий оператора, зачастую усугубляю-

щих производственную ситуацию. Эффективным средством профилактики стрессов при экстремальных условиях являются профессиональная подготовка на тренажерах имитирующих, аварийные ситуации.

Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных, технических мероприятий, а также средств защиты от поражений человека электрическим током.

Организационные мероприятия включают в себя выбор рациональных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрического тока.

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм и профзаболеваний.

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели дымососов, вентиляторов.

Напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать значения, указанные в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Напряжения прикосновения и токи при нормальных режимах работы электроустановок

Род тока	Напряжение	Сила тока
50 Гц переменный	Не более 2В	Не более 0,3 мА
Продолжительность воздействия, сек	Нормируемая величина	
	Напряжение, В	Сила тока, мА
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
1,0	25	25
> 1	12	12

Для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, следует использовать защитное заземление.

В качестве индивидуальных средств защиты от электрического тока применяются экранирующие комплекты (костюмы, перчатки, обувь), коврики, подставки, контактные выводы и переключки, проводники с зажимами и т.д.

К коллективным методам защиты относятся плакаты, ограждения и знаки безопасности.

Производственно – отопительная котельная относится к третьему классу помещения по электроопасности.

Пожаровзрывобезопасность

Так как технологический процесс связан со сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива из газопровода и образование взрывоопасной газовой смеси.

Проектируемая котельная по пожарной безопасности относится к категории "Г", по огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания котельной II, класса В – 1А. Категория "Г" означает негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии. Класс В – 1А – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуются. Источниками пожара могут быть утечка и скопление газа в котельной; неисправности электрооборудования, осветительных приборов; выход из строя приборов автоматики. При нарушении целостности газопроводов уходящих газов, или при разрушении обшивки и обмуровки котла, уходящие газы, имеющие высокую температуру, могут послужить причиной пожара (таблица 8.7).

Таблица 8.7 – Перечень помещений котельной цеха с указанием категорий о взрывопожарной и пожарной опасности.

Наименование помещения	Условия производства, характеристика веществ и материалов в помещении	Категория помещения
Котельное отделение	Горючие газы и жидкости вещества сжигаются в качестве топлива	Г
Помещение газораспределительного пункта (ГРУ)	Горючие газы	А
Насосное помещение	Горение установок и оборудования, находящихся под электрическим напряжением	Е

Для предупреждения образования взрывоопасных газовой смеси большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения. Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных по-

6. Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать такие физические нагрузки на работающего, при которых энергозатраты организма в течение рабочей смены не превышали бы 1046,7 кДж ч (250 ккал ч).

7. Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать возможность организации трудового процесса, исключаяющей монотонность труда, путем ограничения частоты повторения простых трудовых действий и длительности непрерывного пассивного наблюдения за ходом производственного процесса или его части.

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Экономическая часть раздела включает в себя расчетные оценки сравниваемых вариантов технических решений на основе сравнения приведенных затрат. Управленческая часть раздела выполняется с применением комплекса аналитических и планово-организационных моделей для создания условий реализации лучшего варианта решения.

9.1 Технико-экономический расчет

В технико-экономическом расчете сравниваются два варианта расширения тепломеханической части котельной. Первый вариант – расширение котельной с установкой трех котлов Riello RTQ 4150. Второй вариант – расширение котельной с установкой трех котлов Viessmann Vitomax 200 HW M234.

Годовая выработка тепловой энергии определяется потребностью в ней промышленных и коммунально-бытовых потребителей (9.1).

$$Q' = [Q_o + Q_v + (Q_{гвс}^p)_3] \cdot h_p, \text{ Гкал/год} \quad (9.1)$$

В таблице 9.1 приведены исходные данные для технико-экономического расчета.

Таблица 9.1 – Исходные данные

Величина	Обозначение	Единица измерения	Значение
Расчетный расход тепла на отопление	Q_o'	Гкал/ч	8,6
Расчетный расход тепла на вентиляцию	Q_v'	Гкал/ч	0,95
Расчетный расход тепла на ГВС для зимнего периода	$(Q_{гвс}^p)_3$	Гкал/ч	3,02
Суммарная расчетная тепловая нагрузка	Q'	Гкал/ч	12,57
Расход сетевой воды	$G_{св}$	тыс.м ³ /год	1008,3
Расход топлива на водогрейный котел газ	B_g	м ³ /с	488
Загрузка оборудования	h_p	ч/год	4890

$$Q' = [8,6 + 0,95 + 3,02] \cdot 4890 = 61467,3 \text{ Гкал/год}$$

Расчет капитальных затрат на расширение котельной

Капитальные затраты на расширение котельной включают в себя стоимость оборудования и монтажных работ, стоимость услуг при транспортировке и складирования оборудования, стоимость разработки проекта.

I вариант – расширение котельной с установкой котлов **Riello RTQ 4150**

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту завода-изготовителя и сведена в таблицу 9.2 [51, 53].

Таблица 9.2 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
Котел Riello RTQ 4150	3	3970,00	1191,00	11910,00	3570,00
Горелка GAS 10P/M	2	390,00	120,00	780,00	240,00
Горелка GT/EMME 4500	1	430,00	130,00	430,00	130,00
Комплект насосного оборудования	1	840,00	250,00	840,00	250,00
Теплообменный аппарат ТИЖ-0,18-7,92-1	2	120,00	40,00	240,00	80,00
Комплект автоматики	1	934,00	186,00	934,00	186,00
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	1234,00	246,00	1234,00	246,00
Дымовая труба	1	350,00	70,00	350,00	70,00
Комплект ХВО	1	600,00	135,00	600,00	135,00
ИТОГО:				17318,00	4907,00

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования (9.2):

$$K_m = 0,05 \cdot K_{об} \quad (9.2)$$

где $K_{об}$ – итоговая стоимость оборудования, тыс. руб.;

0,05 – расходы на грузовые перевозки 5 % (по данным ООО «Автотрейдинг»).

$$K_m = 0,05 \cdot 17318,00 = 866,00 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 850,00 тыс. руб. (по данным ООО «Автономные теплосистемы»).

Общие капитальные вложения в расширение котельной (9.3):

$$K = K_{об} + K_m + K_{пр} \quad (9.3)$$

где K_m – итоговая стоимость монтажных работ, тыс. руб.;

$K_{пр}$ – стоимость проектных работ, тыс. руб.

$$K_1 = 17318,00 + 4907,00 + 866,00 + 850,00 = 23941,00 \text{ тыс.руб.}$$

II вариант – расширение котельной с установкой котлов Viessmann Vitomax 200 HW M234

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту завода-изготовителя и сведена в таблицу 9.3 [52, 53].

Таблица 9.3 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
1	2	3	4	5	6
Котел Viessmann Vitomax 200 HW	3	4100,00	1230,00	12300,00	3690,00
Горелка Viessmann Vitoflame 200	3	450,00	120,00	1350,00	240,00
Комплект насосного оборудования	1	840,00	250,00	840,00	250,00
Теплообменный аппарат ТИЖ-0,18-7,92-1	2	120,00	40,00	240,00	80,00

Комплект автоматики	1	934,00	186,00	934,00	186,00
---------------------	---	--------	--------	--------	--------

Продолжение таблицы 9.3

1	2	3	4	5	6
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	1234,00	246,00	1234,00	246,00
Дымовая труба	1	350,00	70,00	350,00	70,00
Комплект ХВО	1	600,00	135,00	600,00	135,00
ИТОГО:				17848,00	4897,00

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования:

$$K_m = 0,05 \cdot 17848,00 = 892,00 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 850,00 тыс. руб. (по данным ООО «Автономные теплосистемы»).

Общие капитальные вложения в расширение котельной:

$$K_2 = 17848,00 + 4897,00 + 892,00 + 850,00 = 24487,00 \text{ тыс.руб.}$$

Расчет текущих затрат обслуживания котельной

После реализации проекта расширения котельной начинается ее эксплуатация, которая требует ежегодных затрат материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов. Рассмотрим два варианта расчета текущих затрат на строительство проектируемой тепломеханической части котельной:

1. Первый вариант – расширение котельной с установкой трех котлов Riello RTQ 4150.

2. Второй вариант – расширение котельной с установкой трех котлов Viessmann Vitomax 200 HW M234.

I вариант – расширение котельной с установкой котлов Riello RTQ 4150

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:

– топливо (9.4):

										Лист
										76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.379.02 ПЗ					

$$I_m = C_m \cdot G_{год}, \text{ тыс.руб.} \quad (9.4)$$

где C_t – тарифная ставка на газовое топливо, $C_t = 2745,0 \text{ руб./м}^3$ (по данным ПАО «Новатек»);

$G_{год}$ – годовой расход газа, м^3 .

$$I_m = 2745,0 \cdot 143179,2 = 3923110,1 \text{ тыс.руб.}$$

– вода (9.5):

$$I_B = C_B \cdot G_{год}, \text{ тыс.руб.} \quad (9.5)$$

где: $C_e = 11 \text{ руб./м}^3$ (по данным МУП «ПОВВ»);

$G_{год}$ – годовой расход воды, м^3 .

$$I_B = 11 \cdot 30354 = 333894,0 \text{ тыс.руб.}$$

– электроэнергия (9.6):

$$I_э = C_э \cdot G_э, \text{ тыс.руб.} \quad (9.6)$$

где: $C_э = 3,3 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч}$ (по данным ПАО «Оренбургэнергообл»);

$G_{год}$ – годовой расход электроэнергии, кВт ч.

$$I_э = 3,3 \cdot 149515 = 493,4 \text{ тыс.руб./год}$$

– амортизационные отчисления (9.7):

$$I_A = 0,024 \cdot K, \text{ тыс.руб.} \quad (9.7)$$

где: 0,024 – расходы на амортизацию 2,4 %.

$$I_A = 0,024 \cdot 23886,40 = 573,3 \text{ тыс.руб.}$$

– издержки на проведение текущего ремонта (9.8):

$$I_A = 0,1 \cdot I_a, \text{ тыс.руб.} \quad (9.8)$$

где: 0,1 – расходы на текущий ремонт 10 %.

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_A = 0,1 \cdot 573,3 = 57,3 \text{ тыс.руб.}$$

Полученные текущие затраты сводим в таблицу 9.4.
Таблица 9.4 – Калькуляция текущих затрат на котельную с котлами Riello

Показатели и статьи затрат	Величина, тыс. руб./год
Годовой расход топлива	3 923 110,1
Сырая вода	333 894,0
Электроэнергия	493,4
Амортизационные отчисления	573,3
Издержки на проведение текущего ремонта	57,3
ИТОГО	4 258 128,10

II вариант – работа котельной с тремя котлами Viessmann Vitomax 200 HW M234

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:
– топливо:

$$I_m = 2745,0 \cdot 144851,3 = 3968925,6 \text{ тыс.руб.}$$

– вода:

$$I_B = 11 \cdot 30354 = 333894,0 \text{ тыс.руб.}$$

– электроэнергия:

$$I_э = 3,3 \cdot 149515 = 493,4 \text{ тыс.руб./год}$$

– амортизационные отчисления:

$$I_A = 0,024 \cdot 24432,40 = 586,4 \text{ тыс.руб.}$$

– издержки на проведение текущего ремонта:

$$I_A = 0,1 \cdot 586,4 = 58,6 \text{ тыс.руб.}$$

Полученные текущие затраты сводим в таблицу 9.5.

Таблица 9.5 – Калькуляция текущих затрат на котельную с котлами Viessmann

Показатели и статьи затрат	Величина, тыс. руб./год
1	2
Годовой расход топлива	3 968 925,6

Продолжение таблицы 9.5

1	2
Сырая вода	333 894,0
Электроэнергия	493,4
Амортизационные отчисления	586,4
Издержки на проведение текущего ремонта	58,6
ИТОГО	4 303 985,00

Текущие затраты:

I вариант (котельная с котлами Riello) – $I_1 = 4258128,10$ тыс.руб./год

II вариант (котельная с котлами Viessmann) – $I_2 = 4303958,00$ тыс.руб./год

Расчет приведенных затрат

Приведенные затраты рассчитываем по выражению (9.9):

$$Z_i = E_n K_i + I_i \text{ тыс.руб./год} \quad (9.9)$$

где K_i – единовременные (капитальные) затраты по i -му варианту технического решения, руб.;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, 1/год;

I_i – годовые (текущие) затраты по i -му варианту технического решения, руб./год.

$$Z_1 = 0,15 \cdot 23886,40 + 4258128,10 = 4261711,10 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_2 = 0,15 \cdot 24432,40 + 4303985,00 = 4307649,86 \text{ тыс.руб./год}$$

Вывод: на основе сравнения приведенных затрат получили, что I вариант – расширение котельной с установкой трех котлов Riello RTQ 4150 экономически выгоднее. Основная экономия приведенных затрат достигается за счет снижения затрат на стоимости приобретаемого оборудования, а также его обслуживания.

9.2 SWOT-анализ для реализации проекта расширения котельной

					13.03.01.2018.379.02 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

SWOT-анализ – это метод первичной оценки реализации проекта, основанный на рассмотрении его с четырёх сторон:

- Strengths – сильные стороны;
- Weaknesses — слабые стороны;
- Opportunities – возможности;
- Threats – угрозы.

SWOT-анализ помогает составить структурированное описание конкретного варианта технического решения. SWOT-анализ принято использовать, начертив таблицу, её часто называют SWOT-матрицей. В нашей работе мы рассматриваем SWOT-анализ для двух вариантов:

- расширение котельной с установкой котлов Riello RTQ 4150 (таблица 9.6):

Таблица 9.6 – SWOT-анализ для варианта «Расширение котельной с установкой котлов Riello»

S: сильные стороны	W: слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> - возможность покупки оборудования с лучшими характеристиками; - положительный опыт эксплуатации персоналом данного оборудования; - отсутствие затрат на строительство дополнительных площадей под новый котел; 	<ul style="list-style-type: none"> - затраты на разработку и реализацию проекта
O: внешние благоприятные факторы	T: внешние угрозы предприятию
<ul style="list-style-type: none"> - существование устойчивого спроса на тепловую энергию; - хорошие деловые связи с поставщиками оборудования и комплектующих. 	<ul style="list-style-type: none"> - низкая платежеспособность потребителей; - высокая стоимость проекта.

- расширение котельной с установкой котлов Viessmann 200 HW M234 (таблица 9.7):

Таблица 9.7 – SWOT-анализ для варианта «Расширение котельной с установкой котлов Viessmann»

S: сильные стороны	W: слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> - большой межремонтный период устанавливаемого оборудования; - отсутствие затрат на строительство дополнительных площадей под новый котел; 	<ul style="list-style-type: none"> - большие затраты на топливо (большой расход топлива) - высокая трудоемкость; - затраты на разработку и реализацию проекта;
O: внешние благоприятные факторы	T: внешние угрозы предприятию

- существование устойчивого спроса на тепловую энергию;

- низкая платежеспособность потребителей;
- высокая стоимость проекта.

Рассмотрев SWOT-анализ двух вариантов целесообразности реконструкции производственно-отопительной котельной г. Орска по наличию сильных и слабых сторон, а также благоприятных возможностей предприятия и внешних угроз ему, можно сделать вывод, что вариант «Котельная с котлами Riello» является более целесообразной. Поэтому дальнейшие расчеты будут производиться только для этого варианта.

9.3 Планирование целей предприятия и проекта

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую подчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. При построении дерева целей используются такие их свойства, как соподчиненность, развертываемость и соотносительная важность.

Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не разделяются и дают конечные результаты, определенные главной целью. На рисунке 9.2 представлено планирование целей проекта расширения котельной.

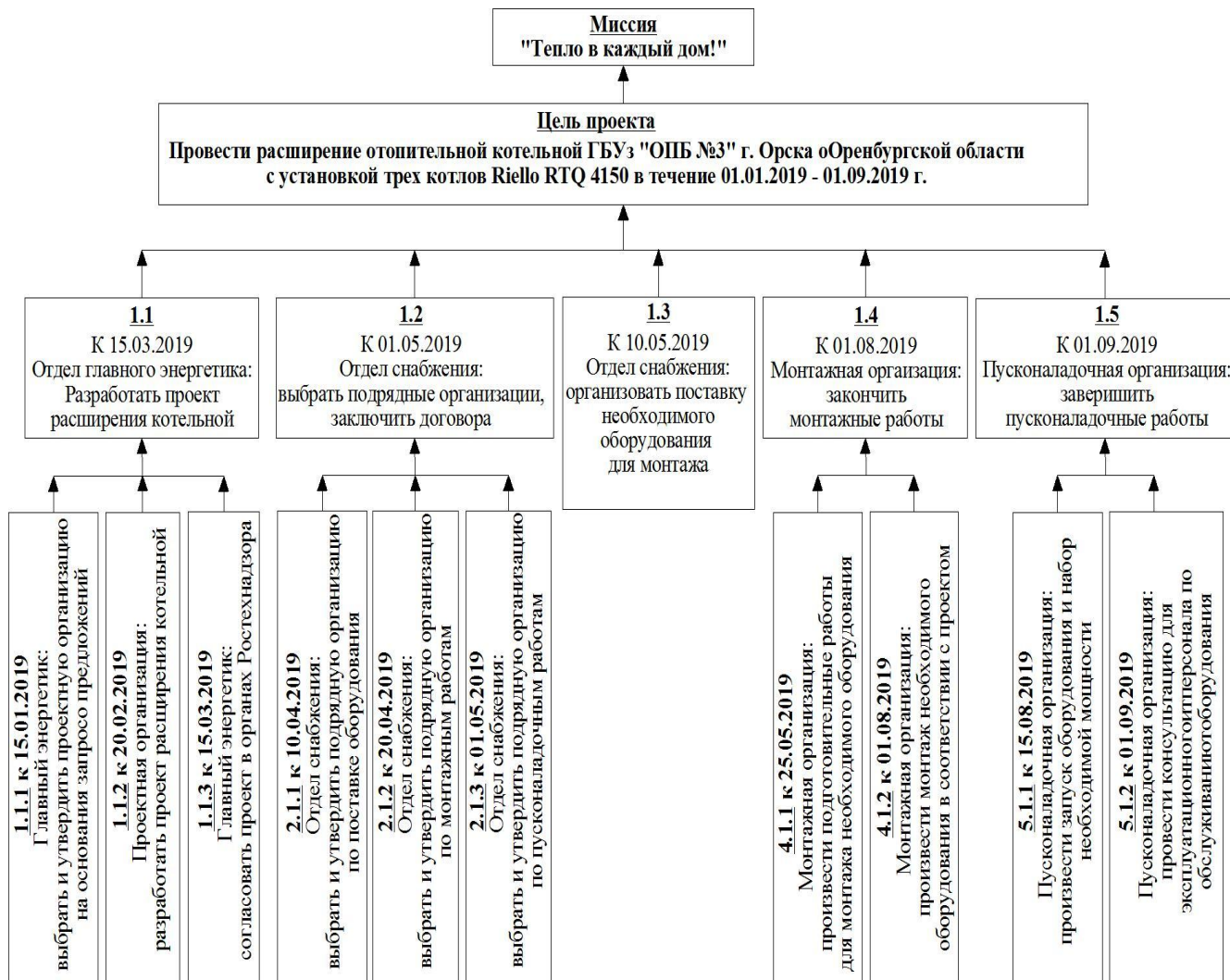


Рисунок 9.2 – Дерево целей проекта расширения котельной
9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

Небольшой комплекс работ может быть показан в виде ленточного графика по этапам проектных работ. График отражает примерное распределение процессов во времени и их логическую последовательность, должен быть скорректирован и дополнен при детальной проработке проекта изменений.

График Ганта позволяет:

- визуально оценить последовательность задач, их относительную длительность и протяженность проекта в целом;
- сравнить планируемый и реальный ход выполнения задач;
- детально проанализировать реальный ход выполнения задач; на графике отображаются интервалы времени, в течение которых задача: выполнялась, была приостановлена, возвращалась на доработку и т.д.

График отображен в таблице 9.3.

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

Таблица 9.3 – График Ганта

Этапы работы	Исполнитель	Продолжительность этапов 01.01.2019 г. по 01.09.2019 г.							
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
Выбор и утверждение проектной организации	Главный энергетик								
Разработка проектной документации	Проектная организация								
Согласование проекта в органах Ростехнадзора	Главный энергетик								
Выбор и утверждение подрядных организаций по поставке оборудования, монтажных и пусконаладочных работ	Ведущий инженер отдела снабжения								
Организация поставки оборудования в котельную	Логист отдела снабжения								
Производство монтажных работ	Монтажная организация								
Производство пусконаладочных работ	Пусконаладочная организация								

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.379.02 ПЗ

Лист

83

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был предложен вариант реконструкции производственно-отопительной котельной ГБУЗ «ОПБ №3» г. Орска.

В ходе выполнения работы был произведен расчет тепловых нагрузок по климатическим данным г. Орска по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Выполнен расчет температурного графика и расход сетевой воды, расчет тепловой схемы котельной, основной целью которого является: определение общих тепловых нагрузок и определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок тепла, годовых расходов топлива и др.), а также тепловой и аэродинамический расчеты котла.

На основе произведенных расчетов выполнен выбор основного и вспомогательного оборудования. К установке выбраны три котла Riello RTQ 4150, укомплектованные горелками GAS 10P/M (2 шт.) и GT/EMME 4500 (1 шт.), а также теплообменный аппарат ТИЖ-0,18-7,92-1, комплект автоматики на основе контроллеров «SIEMENS».

В разделе автоматизации выполнено описание функциональной схемы котельной.

В разделе экологии были рассмотрены вопросы защиты окружающей среды, произведен расчет выбросов вредных веществ в атмосферу и выполнен расчет дымовой трубы. К установке принимается металлическая дымовая труба Ду630мм и высотой 20 м.

Также в работе были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала и предусмотрены мероприятия по технике безопасности, охране труда, электро- и противопожарной безопасности.

В экономической части проекта рассмотрены два варианта «Расширение котельной с установкой котлов Riello» и «варианта «Расширение котельной с установкой котлов Viessmann», а также определены основные технико-экономические показатели котельной. Капитальные затраты проекта расширения составят 458128,10 тыс.руб., а текущие затраты на обслуживание котельной – 23886,40 тыс.руб./год.

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

50 Фокин, В.М. Энергосбережение в производственных и отопительных котельных / В.М. Фокин. – М.: Машиностроение-1, 2009. – 288 с.;

51 Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: справочник / А.И. Ящура. – М.: Издательство НЦ ЭНАС. 2006. – 504 с.;

52 Официальный сайт «Riello» – <http://riello-gorelki.ru>;

53 Официальный сайт «Viessman» – <https://www.viessmann.ru>;

54 Официальный сайт ООО «Компания Рэмэкс-Энерго» – <http://turboterm.ru>.

					<i>13.03.01.2018.379.02 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88