

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Рецензент,

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики
к.т.н., доцент

_____ 2017 г.
« ____ » _____

_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ ОАО «ЧЕЛЯБОБЛКОММУНЭНЕРГО»
В П. ЧЕРКАССКУЛЬ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.267.10.ПЗ ВКР

Консультант по разделу
«Экономика и управление»,
старший преподаватель

_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2017 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент

_____ С.В. Пашнин
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель

_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы,
студент группы П-479

_____ П.А. Новиков
« ____ » _____ 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Новиков П.А. Техническое перевооружение котельной
ОАО «Челябоблкоммунэнерго» п. Черкаскуль Челябинской
области – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2017, 87 с., 9 ил.,
библиогр. список – 32 наим., 5 листов чертежей ф.А1, 1 лист
плаката ф.А1.

На котельной в посёлке Черкаскуль Челябинской области было принято решение перевооружить котельную: произвести замену водогрейного котла ДКВР-4-13 из-за неэффективного использования энергоресурсов.

Целью выпускной квалифицированной работы (ВКР) является предложение замены котла ДКВР -4-13 на котлы малой мощности такие как КВГМ- 0,5 и КВГМ -1,0.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 11-ти глав, заключения, библиографического списка.

Во введении представлены причины возникшей проблемы, а так же обозначены задачи, объект и предмет работы.

Во второй главе проведено сравнение отечественных и зарубежных передовых технологий и решений в области котельных агрегатов.

В следующих главах был произведён расчёт котла КВГМ, сравнение эффективности до перевооружения котельной и после перевооружения, так же составлен SWOT- анализ до и после перевооружения котельной, затронуты сильные и слабые стороны проекта, и сделан вывод по заключительному решению.

Графическая часть выполнена с применением AutoCAD – системы автоматизированного проектирования на 5 листах формата А1.

					13.03.01.2017.267.10					
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Техническое перевооружение котельной ОАО «Челябоблкоммунэнерго» п. Черкаскуль Челябинской области			Лит.	Лист	Листов
Выпол-	Новиков П.А.							В	К	Р
Руковод.	Пашнин С.В.				ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики					
Н.контр.	Алабугина Р.А.									
Зав.каф.	Осинцев К.В.									

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	8
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ	8
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	13
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ	15
4 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК.....	17
4.1 Исходные данные	17
4.2 Сезонная нагрузка	17
4.3 Круглогодичная тепловая нагрузка.....	19
4.5 Расчет тепловой схемы	22
5 Расчет котла КВГМ-1,0-115.....	26
5.1 Расчет объемных продуктов сгорания топлива	27
5.2 Расчет энтальпий продуктов сгорания.....	29
5.3 Тепловой баланс котла	31
5.4 Расчет топочной камеры.....	33
5.5 Тепловой поверочный расчет топки	33
5.6 Расчет конвективного пучка	39
6 Выбор вспомогательного оборудования	44
6.1 Выбор насоса	44
6.2 Выбор оборудования для водоподготовки	45
6.3 Выбор теплообменного оборудования	46
7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	55
8 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ.....	58
8.1 Расчет дымовой трубы.....	59
9 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА	69
10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	72
10.1 Безопасность производственных процессов и оборудования	72
10.2 Пожаровзрывобезопасность.....	73

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

10.3	Электробезопасность	73
11	ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	75
11.1	Расчет капитальных затрат.....	75
11.2	Расчет текущих затрат	76
11.3	Расчет стоимости единицы теплоты 1Гкал	78
11.4	Расчет срока окупаемости проекта.....	79
11.5	SWOT- анализ вариантов проектных решений.....	79
11.6	Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов	81
11.6	Планирование целей отопительной котельной в дереве целей.....	82
11.7	Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)...	84
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	86

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция котельных – это полная или частичная замена изношенного котельного оборудования на новое, техническое совершенствование теплового источника, оптимизация работы системы в целях повышения эффективности работы установки, снижения эксплуатационных затрат и приведения котельной в полное соответствие современным требованиям.

Реконструкция (техническое перевооружение) котельной, замена старого оборудования на новое и даже более мощное – рациональный способ повышения эффективности использования топлива, качества теплоснабжения и уровня безопасности действующей системы при возможном увеличении её тепловой мощности.

Переоборудованная котельная оснащается самыми современными системами автоматизации и диспетчеризации, более совершенными приборами учета ресурсов, новейшими средствами обеспечения безопасной и автономной работы, что в комплексе позволяет установке эффективно и безопасно функционировать без постоянного присутствия рабочего персонала.

Как правило, подобные работы проводятся на базе существующих стационарных котельных, оборудование которых изношено, физически и морально устарело, но замена оборудования возможна и при блочно-модульном исполнении установки.

Рассматриваемая котельная является двухконтурной.

Современные малые водогрейные котельные часто оборудованы несколькими водогрейными котлами, работающими на природном газе. КПД таких котлов превышает 90%. Современные системы автоматики сделали такие котельные полностью автономными, не требующими присутствия обслуживающего персонала. Также автоматика позволила сделать котельные погодозависимыми, что позволяет экономить топливо на промежуточных режимах работы. Обычно новые котельные подключаются к существующим тепловым сетям, в связи с чем для продления срока службы оборудования разделяют контуры котельной и тепловой сети. Такие реконструкции получили широкое распространение из-за быстрой окупаемости, простоты монтажа и наладки, а также из-за низкой себестоимости тепловой энергии. Часто такие котельные предлагаются в блочном исполнении, что позволяет ещё больше сократить сроки запуска.

В работе рассмотрен вопрос перевооружения котельной поселка Черкаскуль Каслинского района Челябинской области. Предусмотрена замена двух котельных установок ДКВР-4-13(переведённых в водогрейный режим) на два котельных агрегата горизонтальной компоновки КВГМ-1,0-115- для отопительного сезона и КВГМ-0,5-115 – для неотапительного.

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Указом президента Российской Федерации, к 2020 году в целях снижения энергоемкости валового продукта поставлена задача, для решения которой необходимы скоординированные действия по рациональному использованию топливно- энергетических ресурсов- от их добычи и производства и до потребления. Современное состояние дел можно охарактеризовать как период перехода от формирования идеологии повышения энергетической эффективности к применению ее на практике.

Челябинская область не остается в стороне по ликвидации не энергоэффективного использования ТЭР. Поселок Черкаскуль, хоть и не имеет такого значения как сам центр Челябинской области, все равно стал ключевым в ходе повышения энергоэффективности государственной программы. Котельная обогревает малые по площади и объему местный психоневрологический диспансер, ГРП ОАО «Газпром газораспределение Челябинск, и три многоквартирных дома.

Котлоагрегаты ДКВР-4-13 (переведены в водогрейный режим), введенные в эксплуатацию в 1997 году (срок эксплуатации 15 лет) имеют установленную мощность 7,4 Гкал/час, что существенно превышает тепловую потребность потребителей чуть выше 1 Гкал/час, в результате чего котлы работают в режиме «пуска- остановка», особенно в летний период. Результатом такого режима работы привело к преждевременному износу поверхностей нагрева, периодическому разрушению обмуровки котлов, и в результате к снижению КПД котлов, который в настоящее время не превышает 80%. Вследствие чего котлы периодически выводились в ремонт. Водогрейному котлу ст. №2 требуется 100% замена поверхностей нагрева, водогрейному котлу ст. №1 85% замена поверхностей нагрева.

Установка новых котлов КВГМ-1,0 и КВГМ-0,5-115 повысят КПД котельной до 93 % и даст возможность бесперебойно снабжать потребителей теплом.

Характеристики котла КВГМ-1,0-115 представлены в таблице 1.1.

- Котел КВГМ-1,0-115 работающий на природном газе (основное топливо) и дизельном топливе (резервное топливо) – 1 шт.[35].
- Горелка: ТРГ150Р – природный газ, дизельное топливо - 3шт;
- Насосы сетевые: WiloNL 125/200-110-2-12-50Hz G = 366 м³/час, H = 54,8м.вод.ст. – 3 шт.
- Насосы циркуляции котлов: WiloBL 125/210-7,5/4 G = 193,5 м³/час, H = 8,5 м.вод.ст. – 3 шт.
- Насосная установка подпитки сетевого контура: WiloCO-3 MVI 1607-6/СС G = 75 м³/час, H = 32 м.вод.ст. – 1 шт.
- Насосная установка подпитки котлового контура: DABAquajet 112M G = 3 м³/час, H = 34 м.вод.ст. – 2 шт.

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

Таблица 1.1- Характеристики котла КВГМ- 1,0-115

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Номинальная теплопроизводительность	Q_{max}	МВт	0,50
Номинальная температура воды	На входе	$t_{вх}$	°С
	На выходе	$t_{вых}$	°С
Температура уходящих газов	$t_{ух}$	°С	132,00
Расход воды	D	т/ч	66,00
КПД котла	η_k	%	92,60
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	F_m	м ²	26,00
Конвективная поверхность нагрева	F_k	м ²	63,80
Расчетное аэродинамическое сопротивление	R_a	Па	1 323,00
Расчетное гидравлическое сопротивление	R_z	Па	3 780,00
Масса котла	M	кг	1870,00
Водяной объем котла	V	м ³	1,27

- Подпиточные баки: емкость $V=10$ м³ - 2шт; емкость $V=2$ м³ с поплавковым выключателем – 1 шт.
- Система обработки подпиточной воды – TS91-13М.

Газорегуляторное устройство (ГРУ), для снижения и регулирования давления поступающего газа: $P_{вх.} = 6$ кгс/см², $P_{раб} = 0,4$ кгс/см²

Назначение котлов КВГМ-1,0-115.

Водогрейные котлы серии КВГМ-1,0-115 предназначены для получения горячей воды давлением 0,6 (6,0) МПа (кгс/см²) и номинальной температурой 95° или 115°С, используемой в системах отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий.

Состав и работа котлов КВГМ-1,0-115 и КВГМ-0,5-115

Котел выполнен в газоплотном исполнении, имеет горизонтальную

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Принятый 23.11.2009г. ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» направлен на реализацию мер по экономии топлива, снижению потерь и повышению эффективности использования топливных ресурсов. Этого можно достигнуть лишь применяя современное оборудование в совокупности с его правильной наладкой и современными системами автоматики. Актуальность работы заключается именно в соответствии новым требованиям по энергосбережению, т.к. в этом плане расширение котельной будет проводиться в соответствии с требованиями ФЗ №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>12</i>

нормативно-правовых актов [8, 9, 14, 15, 16, 17]. Кроме этого, был использован учебник «Безопасность жизнедеятельности» авторов Э.А. Арустамова, А.Е. Волощенко, Г.В. Гуськова[21].

Основой при написании раздела, посвященного вопросам энергосбережения, послужил Федеральный закон №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[1]. Также использован учебник для ВУЗов «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» А.В. Клименко[34].

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>14</i>

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Основное оборудование в котельной – водогрейные водотрубные котлы. Такие котлы получили большое распространение в маленьких котельных на нужды ЖКХ ввиду своей компактности, довольно высокого КПД и универсальности. Такие котлы входят в состав компактных высокоэффективных блочно-модульных котельных, готовых к установке и внедрению.

Приведем для сравнения к устанавливаемому котлу КВГМ-1,0-115 котел Buderus Logano plus SB745 [36,42]. Основные характеристики котлов сведены в таблицу 3.1.

В сравнении видно, что покупка котла КВГМ-1,0-115 обойдется дешевле, также котел имеет более высокий КПД, но гидравлическое сопротивление выше, что приведет к увеличению мощности привода питательного насоса. Котел КВГМ-1,0-115 имеет большую массу по сравнению с котлом Buderus Logano plus SB745, но за счет меньшей цены, более высокого КПД и хорошо зарекомендовавшего себя в работе, выберем для установки котел КВГМ-1,0-115.

Таблица 3.1 – Характеристики котлов

Показатель	Единица измерения	КВГМ-0,5-115	Buderus
1	2	3	4
Номинальная теплопроизводительность	МВт	1,0	1,0
Топливо		газ	
КПД	%	91,0	90,00
Температура воды на входе/выходе	°С	70/115	70/115
Рабочее давление в котле	МПа	0,60	0,60
Гидравлическое сопротивление	МПа	0,25	0,06
Температура дымовых газов	°С	155,00	132,00

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
Масса	кг	1870	1440,0
Габаритные размеры (ДхШхВ)	мм	39x1288x15 24	3200x1100 x1325
Цена	тыс. руб.	625,28	900,30

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>16</i>

4 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

В техническом перевооружении котельной входят расчеты тепловых нагрузок на отопление и горячее водоснабжение, расчет водогрейного котла, расчет теплообменного аппарата для разделения контуров.

4.1 Исходные данные

Тепловая нагрузка подразделяется на круглогодичную и сезонную. К круглогодичной нагрузке относят нагрузку на нагрев воды для горячего водоснабжения. Эта нагрузка зависит от количества населения, а именно от типа установленных устройств водопотребления и графика рабочего дня населения. Из-за переменного характера этого рабочего графика суточный график нагрузки ГВС неравномерен. Зависимость нагрузок системы горячего водоснабжения от температуры наружного воздуха выражается в изменении температуры холодной воды, поступающей на подогрев.

Исходные данные для расчета:

- расчетная температура воздуха для проектирования отопления $t_{но} = -39,5^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура воздуха для проектирования вентиляции $t_{нв} = -21^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура горячей воды у абонента $t_r = +65^{\circ}\text{C}$;
- число жителей $z = 531$ чел.
- продолжительность работы системы отопления $n_o = 264 \text{ сут} = 2,2809 \cdot 10^7 \text{ с}$.

При расчете нагрузок учитывается температура воздуха внутри помещений, которая может быть $+18^{\circ}\text{C}$ или $+20^{\circ}\text{C}$, по требованиям СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» при температуре наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_{но} \leq -30^{\circ}\text{C}$, температура воздуха внутри помещений принимается $+20^{\circ}\text{C}$, а если $t_{но} > -30^{\circ}\text{C}$, то $+18^{\circ}\text{C}$. Так как для г. Челябинска $t_{но} = -34^{\circ}\text{C}$, тогда принимаю $t_b = +20^{\circ}\text{C}$

4.2 Сезонная нагрузка

Сезонная нагрузка включает в себя нагрузки отопления и вентиляции.

При отсутствии данных о типе застройки и наружном объеме жилых и общественных зданий Строительными Нормами и Правилами (СНиП) П-36-73 рекомендуется определять расчетный расход теплоты на отопление жилых и общественных зданий по формуле (4.1):

$$Q_o = q \cdot F_{ж} \cdot (1 + k) \quad (4.1)$$

где q - укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м^2 жилой площади $\text{Вт} / \text{м}^2$;

$q = 96 \text{ Вт} / \text{м}^2$ по приложению 2.2 [2]

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

$F_{ж}$ – жилая площадь, m^2 ;

k – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий. При отсутствии более точных данных рекомендуется принимать значение $k = 0,25$.

Общую тепловую нагрузку можно рассчитать по формуле (4.2):

$$F_{ж} = f_{уд} \cdot z \quad (4.2)$$

Рассчитаем общую тепловую нагрузку по формуле (4.2):

$$F_{ж} = 12,5 \cdot 480 = 6000 m^2$$

где $f_{уд}$ – площадь застройки, приходящаяся на одного человека.

$f_{уд} = 12,5 m^2 / чел$ для зданий;

$z = 7405$ – число жителей.

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

$$Q_o = 96 \cdot 6000 \cdot (1 + 0,25) = 0,72 \text{ МВт}$$

Средняя отопительная нагрузка считается по формуле (4.3):

$$Q_o^{cp} = Q_o \cdot \frac{t_g - t_n^{cp.c}}{t_g - t_{но}} \quad (4.3)$$

где t_g – температура воздуха внутри помещения, $+20 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$t_n^{cp.c}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период,

$t_n^{cp.c} = -7,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ из приложения 1 [1];

$t_{но}$ – расчетная температура воздуха проектирования отопления $t_{но} = -34 \text{ } ^\circ\text{C}$.

По формуле (4.3) найдем среднюю отопительную нагрузку:

$$Q_o^{cp} = 0,72 \cdot \frac{(20 + 7,5)}{(20 + 39,5)} = 0,333 \text{ МВт}$$

$$t_n^{cp.c} = -7,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Текущая отопительная нагрузка находится по формуле (4.4):

$$Q_o^{cp} = Q_o \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \quad (4.4)$$

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

где t_n - температура наружного воздуха в текущем режиме.

$$t_n = t_n^{xM} = 0^\circ\text{C}.$$

Определим текущую отопительную нагрузку при $t_n = t_n^{xM} = 0^\circ\text{C}$. по формуле (4.4):

$$Q_o^{cp} = 0,72 \cdot \frac{(20+0)}{(20+39,5)} = 0,242 \text{ MBm}$$

Определим отопительную нагрузку при $t_n = 8^\circ\text{C}$ по формуле (4.4):

$$Q_o^{cp} = 0,72 \cdot \frac{(20-8)}{(20+39,5)} = 0,145 \text{ MBm}$$

При летнем режиме $t > 8^\circ\text{C}$ нагрузка отопления и вентиляции равна 0. Рассчитанные значения Q_0 сводятся в таблицу №4.1.

Расход теплоты на вентиляцию.

В контуре теплоснабжения поселка Черкаскуль применяется вытяжная вентиляция с естественным побуждением, а в зданиях без специальной приточной системы вентиляции расход теплоты $Q_v = 0$. Поэтому в расчетах расход теплоты на вентиляцию мы не учитываем.

4.3 Круглогодичная тепловая нагрузка

К круглогодичной тепловой нагрузке относится нагрузка на горячее водоснабжение. Рассчитывается для летнего и зимнего режима. [2]

Отпуск тепла с горячей водой в зимнем режиме рассчитывается по формуле (4.5):

$$Q_{ГВС}^{cp.H} = 1,2 \cdot (a_{ж} + a_{об}) \cdot m \cdot c_v \cdot \frac{(t_r - t_{хв})}{n} \quad (4.5)$$

где $a_{ж}$ и $a_{об}$ - нормы расхода тепла для жилых и общественных зданий, принимаются по приложению 10 [3] $a_{жс} = 100 \text{ л/сут}$, $a_{об} = 20 \text{ л/сут}$ на человека.

c_v - теплоемкость воды, принимается в расчетах $c_v = 4,19 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

$t_r = 65^\circ\text{C}$ - температура горячей воды.

$t_{хв} = 5^\circ\text{C}$ - температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период.

n - продолжительность суток, с.

$n = 24 \cdot 3600 = 86400 \text{ с}$.

1,2 - коэффициент, учитывающий остывание воды в трубопроводе.

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

Рассчитаем общую тепловую нагрузку на ГВС по формуле (4.5) :

$m = 7405$ чел.

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}} = 11,2 \cdot (110 + 20) \cdot 480 \cdot 4,19 \cdot \frac{(65 - 5)}{86400} = 0,218 \text{ МВт}$$

Отпуск тепла с горячей водой в летнем режиме рассчитывается по формуле (4.6):

$$Q_{\text{звс}}^{\text{л}} = \frac{t_2 - t_{\text{хв}}^{\text{л}}}{t_2 - t_{\text{хв}}^3} \cdot Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}} \cdot 0,8 \quad (4.6)$$

где $t_{\text{хв}}^{\text{л}} = 15$ °С- температура холодной (водопроводной) воды в летний период принимается .

0,8 – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период для жилищно-коммунального сектора.

По формуле (4.6) найдем отпуск тепла с горячей водой в летнем режиме:

$$Q_{\text{звс}}^{\text{л}} = \frac{(65 - 15)}{(65 - 5)} \cdot 0,218 \cdot 0,8 = 0,116 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 0,1 \text{ Гкал}$$

Расчетный максимальный годовой расход воды на бытовое горячее водоснабжение рассчитывается по формуле (4.7):

$$Q_{\text{звс}}^{\text{п}} = x_{\text{н}} \cdot x_{\text{с}} \cdot Q_{\text{звс}}^{\text{ср.н}} \quad (4.7)$$

где $x_{\text{н}}$, $x_{\text{с}}$ - коэффициент недельной и суточной неравномерности, принимается для жилых и общественных зданий.

$$x_{\text{н}} = 1,2 \quad x_{\text{с}} = 2$$

По (4.7) определим максимальный годовой расход воды на бытовое горячее водоснабжение;

$$Q_{\text{звс}}^{\text{п}} = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,218 = 0,523 \text{ МВт}$$

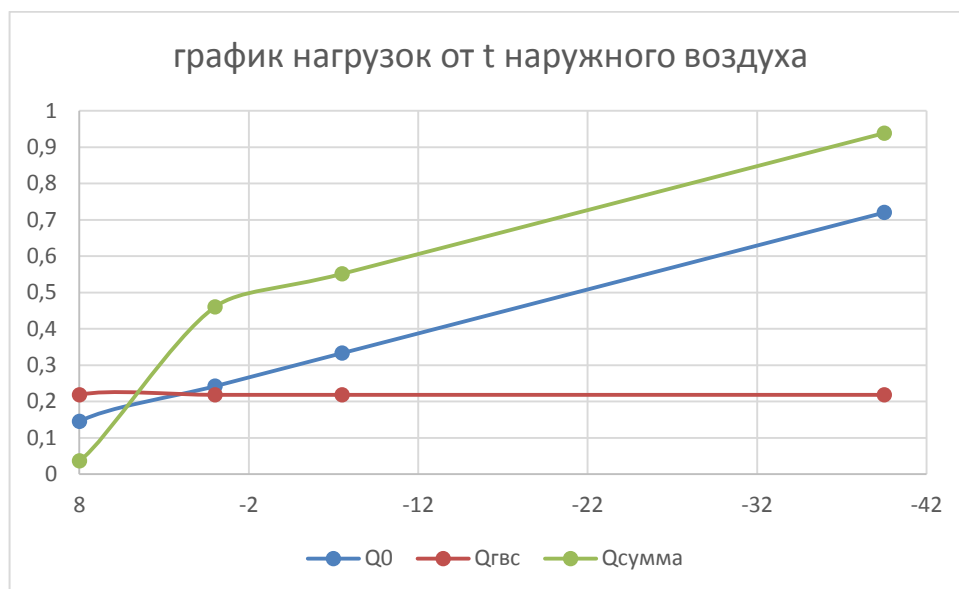
					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Рассчитанные значения $Q_{звс}$ сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Расчетные значения тепловых нагрузок

Наименование нагрузки	Температура наружного воздуха				
	$t_{но} = -39,5^{\circ}\text{C}$	$t_n^{xM} = -7,5^{\circ}\text{C}$	$t_n^{cp.c} = 0^{\circ}\text{C}$	$t_n = 8^{\circ}\text{C}$	$t > 8^{\circ}\text{C}$
Отопительная Q_o , МВт	0,72	0,333	0,242	0,145	0,0
ГВС $Q_{гвс}$, МВт	0,218	0,218	0,218	0,218	0,116
Суммарная Q_{Σ} , МВт	0,938	0,551	0,46	0,363	0,116

По полученным данным построим график нагрузок от температуры наружного воздуха.



По полученному графику мы можем регулировать нагрузку на отопление и ГВС в зависимости от t наружного воздуха.

4.5 Расчет тепловой схемы

На развернутой тепловой схеме котельной указывается с помощью условных обозначений всё оборудование, связанное линиями трубопроводов.

Тепловая схема представлена на рисунке 4.4.

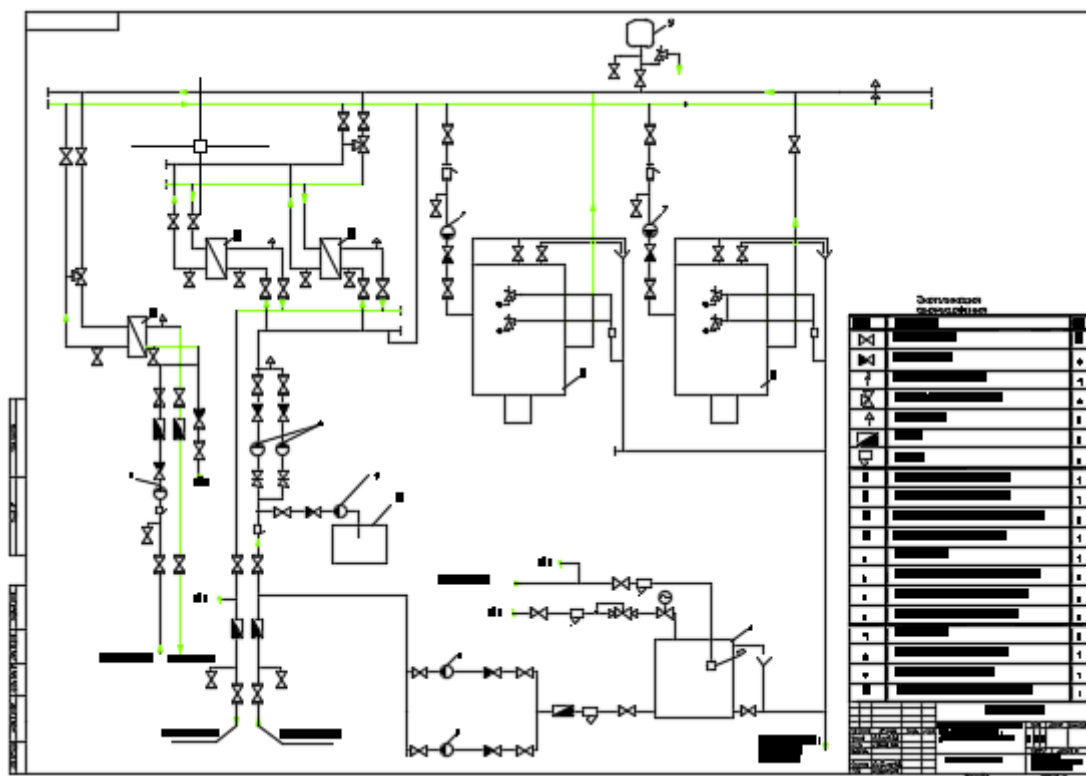


Рисунок 4.4 – Развернутая тепловая схема котельной

На развернутой тепловой схеме основными элементами являются два котла, один из которых КВГМ-1,0-115 будет обеспечивать суммарную нагрузку в отопительный сезон, а КВГМ-0,5-115 обеспечит покрытие летней тепловой нагрузки на горячее водоснабжение.

В связи с подключением нового оборудования к старым тепловым сетям предусматривается установка теплообменников для разделения системы на два контура: котельного контура и контура теплосети, что обеспечит защиту оборудования от гидравлических ударов и заноса загрязнений в новое оборудование из тепловой сети.

Контур теплосети работает по графику 95/70°C, а котельный контур – на 115/70°C. Регулирование температуры воды на входе в теплообменные аппараты осуществляется трехходовым клапаном.

Подпитка обоих контуров осуществляется умягченной и химически обработанной водопроводной водой. Запас умягченной подпиточной воды

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

обеспечивает бак объёмом 1 м^3 . Для каждого контура предусмотрена отдельная установка для коррекционной обработки воды.

Рассчитаем расходы теплоносителя для максимального зимнего режима.

Тепловая нагрузка на собственные нужды принимается равной 3% от суммы нагрузок отопления и ГВС рассчитывается по формуле (4.8) [29]:

$$Q_{CH} = 0,03 \cdot (Q_{o.в} + Q_{ГВС}) \quad (4.8)$$

где Q_{CH} – тепло, отдаваемое на собственные нужды котельной, Вт;

$Q_{o.в.}$ – нагрузка системы теплоснабжения, Вт;

$Q_{ГВС}$ – нагрузка системы ГВС, Вт;

Определим тепловую нагрузку на собственные нужды по(4.8):

$$Q_{CH} = 0,03 \cdot (0,72 + 0,218) = 0,03\text{МВт}$$

Потери с поверхности теплообменников принимаются равными 1% от их тепловой мощности рассчитывается по формуле (4.9) [29]:

$$Q_{то} = 0,01 \cdot (Q_{o.в} + Q_{ГВС}) \quad (4.9)$$

где $Q_{то}$ – потери с поверхности теплообменников, Вт;

Определим потери с теплообменника по (4.9):

$$Q_{то} = 0,01 \cdot (0,72 + 0,218) = 0,009\text{МВт}$$

Потери тепла в тепловых сетях считается по формуле(4.10):

$$Q_{тс} = 0,05 \cdot (Q_{o.в} + Q_{ГВС}) \quad (4.10)$$

где $Q_{тс}$ – тепловые потери в теплосетях, Вт;

Определим потери в тепловых сетях по (4.10):

$$Q_{тс} = 0,05 \cdot (0,72 + 0,218) = 0,05\text{МВт}$$

Общая тепловая мощность котельной рассчитывается по формуле(4.11):

$$Q_k = Q_{o.в} + Q_{ГВС} + Q_{CH} + Q_{то} + Q_{тс} \quad (4.11)$$

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

Определим общую тепловую мощность котельной по (4.11):

$$Q_k = 0,72 + 0,218 + 0,03 + 0,009 + 0,05 = 1,02 \text{ МВт}$$

Расход воды через 4 котла рассчитывается по формуле (4.12), кг/с:

$$G_k = \frac{Q_k}{c_p \cdot (\tau'_{o1} - \tau'_{o2})} \quad (4.12)$$

где c_p – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К);
 τ'_{o1}, τ'_{o2} – температуры прямой и обратной воды, °С;

Определим расход воды через котел по (4.12):

$$G_k = \frac{1022}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 5,422 \text{ кг/с}$$

Температура воды на выходе из котла рассчитывается по формуле (4.13):

$$t'' = t'_k + \frac{Q_k}{c_p \cdot G_k} \quad (4.13)$$

Определим температуру воды на выходе из котла по (4.13):

$$t'' = 70 + \frac{1022}{4,19 \cdot 5,422} = 115 \text{ °С}$$

Расход воды на собственные нужды рассчитывается по формуле (4.14):

$$G_{с.н} = \frac{Q_{с.н}}{c_p \cdot (t''_k - t'_k)} \quad (4.14)$$

Определим расход воды на собственные нужды по (4.14):

$$G_{с.н} = \frac{30}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 0,15 \text{ кг/с}$$

Аналогично рассчитаем расходы для летнего режима по формулам (4.8)–(4.14):

$$Q_{сн} = 0,03 \cdot 0,116 = 0,003486 \text{ МВт}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$Q_{mo} = 0,01 \cdot 0,116 = 0,001162 \text{ MBm}$$

$$Q_{mc} = 0,05 \cdot 0,116 = 0,00581 \text{ MBm}$$

$$Q_{\kappa} = 0,116 + 0,003486 + 0,001162 + 0,00581 = 0,12666 \text{ MBm}$$

$$G_{\kappa} = \frac{126,661}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 0,672 \text{ кг/с}$$

$$t'' = 70 + \frac{126,661}{4,19 \cdot 0,672} = 115 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Аналогично рассчитаем другие расходы при различных температурах воздуха:

Таблица 4.1 – Расчетные значения расходов

Наименование нагрузки	Температура наружного воздуха				
	$t_{ho} = -39,5^{\circ}\text{C}$	$t_n^{xM} = -7,5^{\circ}\text{C}$	$t_n^{cp.c} = 0^{\circ}\text{C}$	$t_n = 8^{\circ}\text{C}$	$t > 8^{\circ}\text{C}$
Отопительная G_o , МВт	4,604	1,62	1,001	0,200	0,0
ГВС $G_{гвс}$, МВт	0,818	0,818	0,818	0,818	0,672
Суммарная G_{Σ} , МВт	5,422	2,438	1,819	1,018	0,672

5 РАСЧЕТ КОТЛА КВГМ-1,0-115

В соответствии с исходными данными и расчетом нагрузок предполагается установка водотрубных однокотловых водогрейных котлов КВГМ-0,5-115 и КВГМ-1,0-115. Котлы работают на природном газе с данной горелкой (возможна работа на легком жидком топливе в зависимости от горелочного устройства). Характеристики топлива представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Состав топлива газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск[32]

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	N_2	d	Q_p^H
98,24%	0,29%	0,2%	0,09%	0,04%	0,14%	1%	10 г/м ³	35 МДж/м ³

Для расчета котлоагрегата необходимы его характеристики. Вынесем данные о котлоагрегате в таблицу 4.3.

Таблица 4.3- Характеристики котла КВГМ- 1,0-115

Параметр	обозначение	Единицы измерения	Значение
Номинальная теплопроизводительность	Q_{max}	МВт	1,0
Номинальная температура воды			
На входе	$t_{вх}$	°С	70,00
На выходе	$t_{вых}$	°С	115,00
Температура уходящих газов	t_{yx}	°С	155,00
Расход воды	D	т/ч	19,2
КПД котла	η_k	%	91,0
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	F_m	м ²	26,00
Конвективная поверхность нагрева	F_k	м ²	63,80
Расчетное аэродинамическое сопротивление	R_a	Па	950,00
Расчетное гидравлическое сопротивление	R_2	Па	25000,00
Масса котла	M	кг	1870,00

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Проведем расчет в соответствии с методикой [26].

5.1 Расчет объемных продуктов сгорания топлива

Принимаем коэффициент избытка воздуха природного газа $\alpha=1,1$.

Теоретически необходимый объем воздуха при $\alpha=1,1$ м³/м³ рассчитывается по формуле (4.15):

$$V_0 = 0,0476 \cdot (\sum (m + 0,25n) \cdot C_m H_n), \quad (4.15)$$

Рассчитаем теоретический объем воздуха по (4.15):

$$V_0 = 0,0476 \cdot (2 \cdot 98,24 + 3,5 \cdot 0,29 + 5 \cdot 0,2 + 6,5 \cdot 0,09 + 8 \cdot 0,04) = 9,491 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретические объёмы продуктов сгорания рассчитывается:

Трехатомных газов по формуле (4.16):

$$V_{\text{RO}_2}^0 = 0,01 \cdot (\text{CO}_2 + \sum m \cdot C_m H_n), \quad (4.16)$$

Рассчитаем теоретический объем продуктов сгорания трехатомных газов по (4.16):

$$V_{\text{RO}_2}^0 = 0,01 \cdot (0,14 + 98,24 + 2 \cdot 0,29 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,09 + 5 \cdot 0,04) = 1,001 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Двухатомных газов по формуле (4.17):

$$V_{\text{R}_2}^0 = 0,79 \cdot V_g^0 + 0,01 \cdot N_2, \quad (4.17)$$

Рассчитаем теоретический объем продуктов сгорания двухатомных газов по (4.17):

$$V_{\text{R}_2}^0 = 0,79 \cdot 9,491 + 0,01 \cdot 1 = 7,508 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Водяных паров по формуле (4.18):

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01 \cdot (\sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d) + 0,0161 \cdot V_0, \quad (4.18)$$

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

Рассчитаем теоретический объем продуктов сгорания водяных паров по (4.18):

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 0,01 \cdot (2 \cdot 98,24 + 3 \cdot 0,29 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,09 + 6 \cdot 0,04 + 0,124 \cdot 10) + 0,0161 \cdot 9,491 = 2,154 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный объем водяных паров по формуле (4.19):

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0,0161 \cdot (a - 1) \cdot V^0, \quad (4.19)$$

Рассчитаем действительный объем водяных паров по (4.19):

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 2,154 + 0,0161 \cdot (1,1 - 1) \cdot 9,491 = 2,169 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный объем дымовых газов по формуле (4.20):

$$V_2 = V_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{RO}_2}^0 + (a - 1) \cdot V^0, \quad (4.20)$$

Рассчитаем действительный объем дымовых газов по (4.20):

$$V_2 = 2,169 + 7,508 + 1,001 + (1,1 - 1) \cdot 9,491 = 11,627 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объемные доли продуктов сгорания:

Объемные доли водяных паров по формуле (4.21):

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_2}, \quad (4.21)$$

Рассчитаем объемные доли водяных паров по (4.21):

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2,169}{11,627} = 0,187 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Доля трехатомных газов по формуле (4.22):

$$r_{\text{RO}_2} = \frac{V_{\text{RO}_2}}{V_2} \quad (4.22)$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Рассчитаем объемные доли трехатомных газов по (4.22):

$$r_{\text{RO}_2} = \frac{1,001}{11,627} = 0,086 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Суммарные доли по формуле (4.23):

$$r_n = r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{RO}_2}, \quad (4.23)$$

Рассчитаем суммарные доли трехатомных газов (4.23):

$$r_n = 0,187 + 0,086 = 0,273$$

5.2 Расчет энтальпий продуктов сгорания

В общем случае энтальпию находят по формуле (4.24):

$$I_z = I_z^0 + I_e^0 \cdot (a - 1), \quad (4.24)$$

где I_z^0 и I_e^0 - теоретические теплосодержания газов и воздуха, кДж/м³;

Теплосодержание газов рассчитывается по формуле (4.25):

$$I_{\Gamma}^0 = \sum_{i=1}^n V_i^0 \cdot (c \cdot \theta)_i = V_{\text{RO}_2}^0 \cdot (c \cdot \theta)_{\text{RO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 \cdot (c \cdot \theta)_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2}^0 \cdot (c \cdot \theta)_{\text{N}_2} \quad (4.25)$$

, кДж/м³

где $(c \cdot \theta)_{\text{RO}_2}$, $(c \cdot \theta)_{\text{H}_2\text{O}}$, $(c \cdot \theta)_{\text{N}_2}$ - энтальпии трехатомных газов, водяных паров, азота при температуре θ ;

Теплосодержание воздуха рассчитывается по формуле (4.26):

$$I_e^0 = V_e^0 \cdot (c \cdot \theta)_e, \quad (4.26)$$

где $(c \cdot \theta)_e$ - энтальпия воздуха при температуре θ ;

Значения $(c \cdot \theta)_{\text{RO}_2}$, $(c \cdot \theta)_{\text{H}_2\text{O}}$, $(c \cdot \theta)_{\text{N}_2}$, $(c \cdot \theta)_e$ определяются по [26, табл.П.1].

Значения энтальпий сведены в таблицу 4.8.

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 4.8 – Энтальпии воздуха и продуктов сгорания

$\theta, ^\circ\text{C}$	$I_2^0, \text{кДж/м}^3$	$I_6^0, \text{кДж/м}^3$	$I_2, \text{кДж/м}^3$
1	2	3	4
100	1 472,846	1 259,514	1 598,798
200	2 974,780	2 534,214	3 228,202
300	4 519,044	3 825,050	4 901,549
400	6 096,950	5 144,360	6 611,386
500	7 720,315	6 501,636	8 370,479
600	9 385,983	7 877,895	10 173,773
700	11 093,105	9 292,120	12 022,317
800	12 831,018	10 715,836	13 902,602
900	14 612,538	12 177,518	15 830,289
1000	16 422,846	13 648,691	17 787,715
1100	18 251,930	15 138,847	19 765,814
1200	20 113,307	16 647,986	21 778,105
1300	21 941,404	18 166,616	23 758,065
1400	23 838,030	19 704,229	25 808,453
1500	25 754,935	21 251,334	27 880,068
1600	27 687,811	22 807,930	29 968,604
1700	29 645,319	24 364,526	32 081,772
1800	31 609,137	25 930,614	34 202,199
1900	33 579,416	27 515,685	36 330,984
2000	35 566,819	29 100,755	38 476,894
2100	37 564,884	30 695,317	40 634,416
2200	39 567,258	32 289,879	42 796,245

5.3 Тепловой баланс котла

Составление теплового баланса заключается в установлении равенства между поступившим в котел количеством тепла (располагаемым теплом Q_p^r), и суммой полезно использованного тепла q_1 и тепловых потерь q_2 , q_3 и q_5 .

В таблицу 5.1 сведены габаритные параметры котла, необходимые для расчета.

Таблица 5.1- Габаритные параметры котла

Параметр	обозначение	Единицы измерения	Значение
Объем топки	V_T	м ³	9,110
Наружный диаметр труб в конвективном пучке	d	мм	28,000
Длина топки	L	м	3,750
Ширина топки	B	м	1,430
Высота топки	H	м	1,660

Тепловой баланс составляется применительно к установившемуся, тепловому состоянию котла на 1 м³ газообразного топлива при 0 °С и 760 мм рт. Ст. Общее уравнение баланса в тепловых единицах имеет вид формулы (4.27):

$$Q_D^r = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5 \quad (4.27)$$

где Q_D^r – располагаемое тепло на рабочую массу топлива, кДж/м³;
 Q_1 -полезное тепло на нагрев сетевой воды, кДж/м³;
 Q_2 -потери тепла с уходящими газами при $t_{ух}$, кДж/м³;
 Q_3 - потери тепла с химическим недожогом топлива, кДж/м³;
 Q_5 -потери тепла в окружающую среду (через обмуровку), кДж/м³.

Определим КПД котла в удельных единицах по (4.28):

$$\eta = 100 - (q_2 + q_3 + q_5) \quad (4.28)$$

где η -КПД котла, %;

q_2, q_3, q_5 - соответственно удельные потери тепла с уходящими газами,

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

химическим недожогом топлива и в окружающую среду(через обмуровку), %.

Потери тепла с уходящими газами рассчитываются по формуле (4.29):

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha \cdot I_{xb}) \cdot 100}{Q_p^r} \quad (4.29)$$

где I_{yx} – энтальпия уходящих газов при температуре уходящих газов по табл.1.1, кДж/м³;

I_{xb} – энтальпия холодного воздуха по табл.1.1, кДж/м³;

Q_p^r – располагаемое тепло топлива, для газов принимают

$$Q_p^r = Q_p^H = 35000 \text{ кДж/м}^3$$

Определим потери тепла с уходящими газами по (4.28):

$$q_2 = \frac{(3472,612 - 1,1 \cdot 251,93) \cdot 100}{35 \cdot 10^3} = 8,925 \%$$

Принимаем потери тепла с химическим недожогом топлива $q_3 = 0,1\%$ [32]

Принимаем потери тепла через изоляцию $q_5 = 1,5\%$ [26]:

Определим КПД котла по формуле(4.28):

$$\eta = 100 - (8,925 + 0,1 + 1,5) = 89,48\%$$

B -расход топлива, определяется по формуле (4.31):

$$B \quad (4.31)$$

где G_c – расход сетевой воды через котел, кг/с;

c – теплоемкость воды, $c=4,19$ кДж/кг;

t_1 и t_2 – температуры прямой и обратной воды, °С.

Определим расход топлива по(4.31):

$$B = \frac{5,422 \cdot 4,19 \cdot (115 - 70)}{35,0 \cdot 10^3 \cdot 0,8948} = 0,033 \text{ м}^3 / \text{с}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

5.4 Расчет топочной камеры

Поверочный расчет топки заключается в определении температуры газов на выходе Θ_T'' на основании характеристики топлива и основных геометрических размеров топки. Основными параметрами, определяющими безразмерную температуру на выходе из топки Θ_T'' , являются критерии радиационного теплообмена Больцмана (Bo) и критерий поглотительной способности Бугера (Bu).

Безразмерная температура газов на выходе из топочной камеры определяется по формуле (4.32):

$$\Theta_T'' = \frac{T_T''}{T_T} \quad (4.32)$$

Теплота излучения факела в топке идет на нагрев воды в экранных трубах, поэтому температура газов на выходе из топки будет меньше температуры ядра факела.

5.5 Тепловой поверочный расчет топки

В поверочном расчете температура газов, °С, на выходе в конце топки определяется по формуле (4.33):

$$\Theta_T'' = \frac{T_a}{1 + M \cdot Bu^{0,3} \left[\frac{5,67 \cdot 10^{-11} \cdot \psi_{cp} \cdot F_{CT} \cdot T_a^3}{\varphi \cdot B \cdot (V_c)_{cp}} \right]^{-0,6}} \quad (4.33)$$

где $T_a = 2027$ -абсолютная адиабатическая температура горения топлива, определяется из табл. 4.1 (для топки) по Q_T , К [26];

M -параметр, учитывающий влияние на интенсивность теплообмена относительно уровня расположения горелок, степени забалластиванности топочных газов и других факторов;

Bu -критерий эффективности Бугера;

B -расчетный расход топлива m^3/c ;

F_{CT} -поверхность стен топки, m^2 .

$(V_c)_{cp}$ -средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания $1m^3$ топлива в интервале температур $(T_a - T_T'')$, $кДж/(m^3K)$

ψ_{cp} -среднее значение тепловой эффективности экранов;

φ -коэффициент сохранения тепла, б/р, определяется по формуле (4.34):

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta + q_5} \quad (4.34)$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Найдем коэффициент сохранения тепла по формуле (4.34)

$$\varphi = 1 - \frac{1,5}{89,48 + 1,5} = 0,98$$

где $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-11}$ -коэффициент излучения абсолютно черного тела, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \text{К}^4)$;

T_T'' -предварительно задаваемая температура газов на выходе из топки, К;
Адиабатическая температура горения θ_a , °С- определяется из табл. 4.1 (по топке) по полезному тепловыделению в топке Q_T , кДж/м³ при избытке воздуха $\alpha_T = 1,1$. Величина θ_T'' принимается в зависимости от теплопроизводительности теплоагрегатора. Так, при номинальной величине её при камерном сжигании газа или мазута $\theta_T'' = 1100 - 1200$ °С.
Полезное тепловыделение в топке найдем по формуле (4.35):

$$Q_T = Q_p^r \frac{100 - q_3}{100} \quad (4.35)$$

где $Q_p^r = 35000$ -располагаемое тепло топлива кДж/м³

q_3 -удельные потери тепла с химическим недожогом

Полезное тепловыделение в топке найдем по формуле (4.35):

$$Q_T = 35000 \cdot \frac{100 - 0,1}{100} = 34965 \text{ кДж/м}^3$$

Средняя суммарная теплоемкость продуктов сгорания сгорания 1м³ при предварительно принимаемой температуре θ_T'' , коэффициенте расхода воздуха на выходе из топки α_T , кДж/м³ определяется по формуле (4.36):

$$(V_c)_{cp} = \frac{Q_T - I_T''}{\theta_a - \theta_T''} \quad (4.36)$$

где $I_T'' = 30705,78$ - энтальпия продуктов сгорания 1 м³ топлива при предварительно принимаемой θ_T'' , кДж/м³

Рассчитаем среднюю суммарную теплоемкость продуктов сгорания 1м³ по формуле (3.36):

$$(V_c)_{cp} = \frac{34965 - 30705,78}{1754 - 1100} = 6,513 \text{ кДж/м}^3$$

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

Для камерных топок при сжигании газа или мазута параметр M рассчитывается по формуле (4.37):

$$M = M_o(1 - 0,4 \cdot \chi_\Gamma) \quad (4.37)$$

где χ_Γ -положение горелки относительно топки, м, рассчитывается по формуле (4.38):

$$\chi_\Gamma = h_\Gamma / H_T \quad (4.38)$$

Рассчитаем χ_Γ по формуле (4.38):

$$\chi_\Gamma = \frac{715}{1660} = 0,43$$

где $M_o = 0,4$ -коэффициент, b/p , принимается по нормативному методу для газомазутных горелок при настенном расположении горелок.

Рассчитаем параметр M по формуле (4.37):

$$M = 0,4 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,43) = 0,33$$

Основной радиационной характеристикой продуктов сгорания служит критерий поглощательной способности (критерий Бугера), который считается по формуле (4.39):

$$Bu = kps \quad (4.39)$$

где k -коэффициент поглощения топочной среды, $1/\text{МПа}$, рассчитывается по температуре и составу газов на выходе из топки. При его определении учитывается излучение трехатомных газов ($\text{RO}_2, \text{H}_2\text{O}$) и взвешенных в их потоке частиц сажи;

$p = 0,1$ -давление в потоке, МПа;

s - эффективная толщина излучающего слоя топки, м, определяется по формуле (4.40):

$$s = 3,6 \frac{V_T}{F_{CT}} \quad (4.40)$$

где $V_T = 9,11$ -объем топочной камеры, м^3 ;

$F_{CT} = 26$ - лучевоспринимающая поверхность топки, м^2 .

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Рассчитаем эффективную толщину излучающего слоя по формуле (4.40):

$$s = 3,6 \cdot \frac{9,11}{26} = 1,26 \text{ м}$$

Расчет коэффициента поглощения топочной среды, 1/МПа, проводится по формуле (4.41):

$$k = k_{\Gamma} + mk_c \quad (4.41)$$

где k_{Γ} - Коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания (RO_2 , H_2O), 1/МПа;

При сжигании природного газа $m = 0,1$.

Коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания (RO_2 , H_2O), 1/МПа, рассчитывается по формуле (4.42):

$$k_{\Gamma} = k_{\Gamma}^0 r_{\Pi} \quad (4.42)$$

где $r_{\Pi} = r_{\text{RO}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}} = 0,273$ – суммарная объемная доля трехатомных газов в продуктах сгорания;

$T_T'' = 1754$ °С-температура газа на выходе из топки принимается, К;

$k_{\Gamma}^0 = 2,5$ -определяется по рис. П. 3. [26].

Определим коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания (RO_2 , H_2O) по формуле (4.42):

$$k_{\Gamma} = 2,5 \cdot 0,273 = 0,686$$

Коэффициент поглощения лучей частицами сажи, 1/МПа, рассчитывается по формуле (4.43):

$$k_c = \frac{1,2}{1 + \alpha_T^2} \left(\frac{C^r}{H^r} \right)^{0,4} (1,6 \cdot 10^{-3} \cdot T_T'' - 0,5) \quad (4.43)$$

где $\alpha_T = 1,1$ - коэффициент избытка воздуха на выходе из топки;

$\frac{C^r}{H^r}$ -соотношение углерода и водорода в рабочей массе топлива.

При сжигании газа соотношение углерода и водорода в рабочей массе топлива можно найти по формуле (4.44):

$$\frac{C^r}{H^r} = 0,12 \sum \frac{m}{n} C_m H_n \quad (4.44)$$

										Лист
										36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

Определим соотношение углерода и водорода в рабочей массе топлива по формуле (4.44):

$$\frac{C^r}{H^r} = 0,12 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot 98,24 + \frac{2}{4} \cdot 29 + \frac{3}{8} \cdot 20 + \frac{4}{10} \cdot 9 + \frac{5}{12} \cdot 4 \right) = 5,6$$

Рассчитаем коэффициент поглощения лучей частицами сажи по формуле (4.43):

$$k_c = \frac{1,2}{1 + 1,1^2} \cdot (5,63)^2 \cdot (1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1754 - 0,5) = 2,95$$

Найдем коэффициент поглощения топочной среды по формуле(4.41):

$$k = 0,686 + 0,1 \cdot 2,95 = 0,97$$

Вычислим критерий поглощательной способности (критерий Бугера) по формуле(4.39):

$$Bu = 0,97 \cdot 0,1 \cdot 1,48 = 0,143$$

Для каждой стены в общем случае ψ определяется по формуле (4.46):

$$\psi = \zeta \cdot \chi \quad (4.46)$$

где $\zeta = 0,65$ -коэффициент, учитывающий тепловое сопротивление загрязнения или закрытия экрана изоляцией (определяется по табл. 6.1) [26];

$\chi = 0,97$ -угловой коэффициент экрана, зависящий от s/d (рис 6.2 [26]).

Определим значение коэффициента тепловой эффективности экранов по формуле (4.46):

$$\psi = 0,65 \cdot 0,97 = 0,63$$

Для выходного окна топки, отделяющим топку от распложенной за ним поверхности нагрева, коэффициент $\zeta_{\text{вых}}$ определяется по формуле (4.47)

$$\zeta_{\text{вых}} = \zeta \cdot \beta \quad (4.47)$$

где ζ -коэффициент, принимается по таблице таким же, как и для настенных экранов;

β -коэффициент, учитывающий взаимный теплообмен между топкой и

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

поверхностью нагрева, при размещении за окном фестона $\beta = 0,9$, котельного пучка $\beta = 1$. Для данного котла $\zeta = 0,65$.
 Рассчитаем коэффициент $\zeta_{\text{вых}}$ по формуле (4.47):

$$\zeta_{\text{вых}} = 0,65 \cdot 1 = 0,65$$

Удельное тепловое напряжение топочного объема, кВт/м³, определяется по формуле (4.48):

$$q_V = \frac{B \cdot Q_p^r}{V_T} \quad (4.48)$$

где B - расход топлива, м³/с;

Q_p^r - располагаемая теплота сгорания топлива, кДж/м³;

$V_T = 9,11$ - объем топки, м³.

Найдем удельное тепловой напряжение топочного объема по формуле (4.48):

$$q_V = \frac{0,107 \cdot 35805}{9,11} = 347,1 \text{ кВт/м}^3$$

Среднее удельное тепловое напряжение поверхности нагрева экранов, кВт/м³, определяется по формуле (4.49):

$$q_L = \frac{B \cdot Q_L}{F_{CT}} \quad (4.49)$$

Тепловосприятие топки, кДж/м³, рассчитывается по формуле (4.48):

$$Q_L = \varphi \cdot (Q_T - I_T'') \quad (4.50)$$

Рассчитаем тепловосприятие топки по формуле (4.50):

$$Q_L = 0,98 \cdot (35769 - 30705,78) = 4962 \text{ кДж/м}^3$$

Рассчитаем среднее удельное тепловое напряжение поверхности нагрева экранов по формуле (4.47):

$$q_L = \frac{0,107 \cdot 4962}{26} = 20,42 \text{ кВт/м}^3$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчетное значение q_V меньше максимально допустимого для топки по табл. 3.2 [26]

Определим температуру газов на выходе из топки по формуле (4.33)

$$\Theta_T'' = \frac{2027}{1 + 0,34 \cdot 0,145^{0,3} \left[\frac{5,67 \cdot 10^{-11} \cdot 0,44 \cdot 26 \cdot 2027^3}{0,98 \cdot 0,108 \cdot 7,44} \right]^{-0,3}} - 273 = 1662,9^\circ\text{C}$$

Т.к. $\Theta_T''_{\text{принят.}} - \Theta_T''_{\text{расч.}} = 1754 - 1662,9 = 91,1^\circ\text{C} < 100^\circ\text{C}$, то расчет топки можно считать окончанным.

5.6 Расчет конвективного пучка

Производится поверочный расчет пучка труб при известных температурах продуктов сгорания на входе в КП (Θ'), уходящих газов (Θ_{yx}) и воды на входе и на выходе из КП. Обычно пучки считаются как одна целая поверхность нагрева.

Основными уравнениями являются: уравнение теплового баланса $Q_{\bar{o}}$ и уравнение теплопередачи Q_T .

Известны все основные параметры: температура газов на выходе из топки Θ_T'' и температура уходящих газов Θ_{yx} , по ним определяют среднее значение температуры газов, а далее значения $Q_{\bar{o}}$ и Q_T .

Балансовое количество тепла передается дымовыми газами воде, протекающей в трубах конвективного пучка.

Расчет уравнения теплового баланса, кДж/м^3 , имеет вид:

$$Q_{\bar{o}} = \varphi(I' - I'') \quad (4.51)$$

где $\varphi = 0,98$ -коэффициент сохранения тепла (из расчета топки);

$I' = 28908,87 \text{ кДж/м}^3$ -теплосодержание дымовых газов на входе в конвективные пучки (на выходе из топки) при температуре Θ_T'' ;

$I'' = 1953,47 \text{ кДж/м}^3$ -теплосодержание газов на выходе из котла (конвективных пучков) при известной температуре Θ_{yx} .

По уравнению (4.51) находим значение $Q_{\bar{o}}$:

$$Q_{\bar{o}} = 0,98 \cdot (28908,97 - 1953,47) = 26416,29 \text{ кДж/м}^3$$

Расчет уравнения теплопередачи, кДж/м^3 , имеет вид:

$$Q_T = \frac{k \cdot \Delta t \cdot H}{10^3 B} \quad (4.52)$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

где k -коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воде, текущей внутри труб конвективного пучка, Вт/(м²К), определяется по формуле (4.53);
 Δt -температурный напор, °С, определяется по формуле (4.62);
 H -поверхность нагрева конвективной части, м², дается в характеристиках котла.

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле (4.53):

$$k = \psi(\alpha_k + \alpha_l) \quad (4.53)$$

где $\psi = 0,8$ -коэффициент тепловой эффективности пучка, зависит от топлива и средней температуры газов θ_{cp}^{Γ} , принимается по таблице 7.1 [26];
 $\alpha_k = 81,1$ -коэффициент теплоотдачи конвекцией (по рис. П. 5) [26] для гладких труб при продольном омывании дымовыми газами, Вт/(м²К);
 α_l -коэффициент теплоотдачи излучением трехатомных газов рассчитывается по формуле(4.57) , Вт/(м²К).

Коэффициент теплоотдачи конвекцией зависит от: расположения КП, направления движения дымовых газов, скорости газов, диаметра труб.

Расчетная скорость дымовых газов ω , м/с, в конвективном пучке рассчитывается по формуле (4.54):

$$\omega = \frac{BV_{\Gamma}(\theta_{cp}^{\Gamma} + 273)}{273 F} \quad (4.54)$$

где V_{Γ} -объем газов в конвективном пучке по табл. 2.1 [26], м³/м³;

F - живое сечение для прохода дымовых газов в пучке, м², рассчитывается по формуле (4.56);

$B = 0,108$ -расход топлива, м³/с;

θ_{cp}^{Γ} -среднее значения температуры газов в пучке, °С, рассчитывается по формуле (4.55):

$$\theta_{cp}^{\Gamma} = \frac{\theta_{\Gamma}'' + \theta_{yx}}{2} \quad (4.55)$$

Рассчитаем среднее значение температуры газов в пучке по формуле (4.55):

$$\theta_{cp}^{\Gamma} = \frac{1662,9 + 132}{2} = 897,45^{\circ}\text{C}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Найдем значение живого сечения конвективного пучка, м², по формуле (4.56):

$$F = F_{\text{газ}} - n \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \quad (4.56)$$

где $F_{\text{газ}} = 1,57$ -площадь поперечного сечения газохода, м², из паспорта котла;

$n = 306$ -количество рядов труб по глубине, шт;

$d = 0,028$ -диаметр труб в пучке, м.

Найдем значение живого сечения конвективного пучка, м², по формуле (4.56):

$$F = 1,57 - 306 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,028^2}{4} = 1,38 \text{ м}^2$$

Рассчитываем скорость дымовых газов по (4.54):

$$\omega = \frac{0,108 \cdot 11,627 \cdot (897,45 + 273)}{273 \cdot 1,38} = 3,9 \text{ м/с}$$

Расчет коэффициента теплоотдачи излучением, Вт/(м²К), по формуле (4.57):

$$\alpha_{\text{л}} = \alpha_{\text{н}} \cdot a \quad (4.57)$$

где a -степень черноты;

$\alpha_{\text{н}} = 218,6$ - коэффициент теплоотдачи дымовых газов определяется по рис.

П.7 [26], Вт/(м²К);

Степень черноты определяется по формулам (4.58), (4.59):

$$a = 1 - e^{-kps} \quad (4.58)$$

$$kps = (k_{\Gamma} \cdot r_{\Pi}) \cdot ps \quad (4.59)$$

где $r_{\Pi} = 0,273$ -суммарные доли трехатомных газов;

$k_{\Gamma} = 42,5$ - коэффициент ослабления лучей трехатомными газами, определяется по рис. П.3 [26] в зависимости от $r_{\text{H}_2\text{O}}$, комплекса

$(r_{\text{H}_2\text{O}} + r_{\text{RO}_2}) \cdot sp$ и средней температуры газов в конвективном пучке для незапыленного потока, 1/МПа;

$p = 0,1$ -давление газов в котле, МПа;

S -эффективная толщина излучающего слоя, м, определяется по формуле (4.60):

$$s = 0,9d \left(\frac{4S_1 S_2}{\pi d^2} - 1 \right) \quad (4.60)$$

									Лист
									41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

где S_1 и S_2 - продольный и поперечный шаги труб КП (определяются по характеристикам котла), м;

r_{H_2O} и r_{RO_2} -объемные доли водяных паров трехатомных газов (принимаются как дл топки).

Определим эффективную толщину излучающего слоя по формуле (4.60):

$$s = 0,9 \cdot 0,028 \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,064 \cdot 0,04}{3,14 \cdot 0,028^2} - 1 \right) = 0,079 \text{ м}$$

Рассчитаем степень черноты по формулам (4.58), (4.59):

$$k_{ps} = 42,5 \cdot 0,273 \cdot 0,1 \cdot 0,079 = 0,241$$

$$a = 1 - e^{-0,241} = 0,215$$

Рассчитаем коэффициент теплопередачи излучением по формуле (4,57):

$$\alpha_{\text{л}} = 218,6 \cdot 0,215 = 47 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Температурный напор считается по формуле(4.62):

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{г}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (4.62)$$

$$\Delta t_{\text{г}} = \theta' - t_1$$

$$\Delta t_{\text{м}} = \theta_{\text{yx}} - t_2$$

где t_1 и t_2 -температура воды перед и после конвективного пучка, °С;

θ' и θ_{yx} - температура дымовых газов перед и после конвективного пучка, °С.

Рассчитаем температурный напор по формуле (4.62):

$$\Delta t = \frac{1592,9 - 43}{\ln \frac{1592,9}{43}} = 429,1^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{г}} = 1662,9 - 75 = 1592,9^\circ \text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 132 - 89 = 43^\circ \text{C}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Рассчитаем коэффициент теплопередачи по формуле (4.53):

$$k = 0,8 \cdot (81,1 + 47) = 102,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Рассчитаем количество теплоты, переданное в конвективной части по формуле(4.52):

$$Q_T = \frac{102,5 \cdot 429,1 \cdot 63,8}{1000 \cdot 0,108} = 25982,4 \text{ кДж}/\text{м}^3$$

Расчет погрешность Δ по формуле (4.63):

$$\Delta = \frac{Q_{\delta} - Q_T}{Q_T} \cdot 100\% \quad (4.63)$$

Рассчитаем погрешность расчета по формуле (4.63):

$$\Delta = \frac{26416,29 - 25982,4}{26416,26} \cdot 100 = 1,64\%$$

Погрешность $\Delta < 2\%$, расчет можно считать окончанным.

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

6 ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В зависимости от применения выделяют несколько групп насосов. Циркуляционные обеспечивают циркуляцию теплоносителя в контуре, будь то контур котельной или же контур теплосети. Насосы линии рециркуляции подают часть горячей воды из подающего трубопровода в обратный трубопровод перед входом в котел для поддержания температуры обратной воды выше минимально допустимой. Также необходимы насосы на линию подпитки, которые будут подавать очищенную и обработанную воду в контуры.

6.1 Выбор насоса

Циркуляционные насосы для обоих контуров должны быть подобраны так, чтобы при выходе из строя любого насоса оставшиеся могли обеспечить подачу максимального расхода воды, и обеспечить требуемый напор после преодоления гидравлических сопротивлений. Также при выборе насосов необходимо учесть наличие летней нагрузки. Установка насосов осуществляется на обратном трубопроводе для обеспечения более щадящих условий работы.

Будем использовать насосы немецкой фирмы Wilo, специализирующейся на насосном оборудовании, и зарекомендовавшей себя как производителя качественных аппаратов с приемлемой ценой.

Предполагается установка относительно небольших циркуляционных насосов с мокрым ротором и встроенным частотным преобразователем. Этим требованиям удовлетворяют насосы серии TOP-S. Они применяются в системах отопления, кондиционирования, охлаждения, имеют фланцевые соединения для удобства монтажа. Возможно использование при температурах теплоносителя от -20°C до $+130^{\circ}\text{C}$.

В котловом контуре расход составляет $G_{\text{ка}} = 98 \text{ м}^3/\text{ч}$. Достаточный напор для преодоления гидросопротивлений равен 10 м. Установим насос WiloCO-3 MVI 1607-6/CC: при подаче в $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ насос развивает больше 6 метров, чего вполне достаточно. В летнем режиме насос будет работать не в полную мощность благодаря частотному преобразователю, что положительно скажется на сроке службы. Второй насос – резервный.

В наружном контуре максимальный расход составляет $G_{\text{mc}} = 162,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Требуемый напор равен 20 м. В качестве сетевых установим насос WiloNL 125/200-110-2-12-50Hz. Такой насос при подаче $170 \text{ м}^3/\text{ч}$ развивает напор 22,8 метров, что соответствует расчетам.

Для подпитки предполагается установка насосной станции с баком для сглаживания работы насоса при утечках в системе. Расход подпитки в закрытых системах теплоснабжения принимается равным 0,75% от расхода воды в системе [31], и с учетом внутреннего контура равен $G_{\text{подп}} = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$. Исходя из этого выбираем станцию DABAquajet 112M, в состав которой входят: два центробежных насоса Wilo MP 303, каждый из которых развивает при величине подачи $1 \text{ м}^3/\text{ч}$ напор 14м.

										Лист
										44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

Также для котлов необходимо установить расширительные баки. Выберем мембранный расширительный бак Reflex NG100.

6.2 Выбор оборудования для водоподготовки

Водоподготовка осуществляется в два этапа. На первом этапе производится умягчение воды, для чего предполагается применять умягчающую установку картриджного типа с ионообменной смолой Pentek WS-20BB [40]. Этот фильтр предназначен для снижения содержания солей, жесткости и удаления тяжелых металлов из воды. Ионообменная смола забирает из известковых солей ионы кальция и магния, и тяжелые металлы (например, свинец).

Промежуточным звеном процесса водоподготовки является бак подпиточной воды объемом 1м³. Предполагается установка бака Aquatech 1000 [43] с системой слежения за уровнем и автоматическом пополнении до нужного.

Следующим этапом является комплексная обработка воды. Для этого предполагается использовать две установки для коррекционной обработки воды с насосом-дозатором, водосчетчиком и баком 100л HydroTech Ds 6E1506 [41] – по одной на каждый контур. Дозирующий комплекс предназначен для подачи в обрабатываемую воду химических реагентов, с целью предотвращения коррозии оборудования и трубопроводов, накипеобразования, для связывания в воде растворенного кислорода и свободного хлора.

Подача дозы химических реагентов производится дозирующим насосом. Сигнал к началу дозирования осуществляется по внешнему сигналу подаваемого с водосчетчика с импульсным выходом при прохождении через него обрабатываемой воды. Забор реагента происходит из специальной градуированной емкости по мягкой трубке, выполненной из ПВХ. Насос оснащен датчиком уровня для остановки насоса при опустошении емкости дозирования (при этом на насосе загорается соответствующий светодиод). Напорная линия реагента выполнена из полужесткой полиэтиленовой трубки. Также на напорной линии предусмотрен обратный клапан для предотвращения попадания обрабатываемой воды в емкость дозирования.

Для коррекции уровня pH обрабатываемой воды может быть использована установка, дозирование которой осуществляется по сигналу датчика pH, устанавливаемого после точки дозирования. Датчик при измерении уровня pH обрабатываемой воды подает токовый сигнал, который обрабатывается контроллером дозирующего насоса. По данному сигналу насос корректирует производительность подачи реагента до соответствия значения pH, заданного на контроллере насоса, с фактическим значением уровня pH обрабатываемой воды.

Дозирующий комплекс может работать в одном из двух режимов:

- Пропорциональный – дозирование пропорционально расходу воды по контактному сигналу от водосчетчика (или датчика pH);

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

Для разделения контуров в схеме установлены два пластинчатых теплообменника, на половину установленной мощности котельной каждый. В летнем режиме будет работать один из них.

Проведем расчет для одного теплообменника по [21]. Аппарат набран из ленточно-поточных пластин с горизонтальными рифлями треугольной формы. Пластины имеют следующие параметры:

- $F_1 = 0,2 \text{ м}^2$,
- $S = 22,5 \text{ мм}$,
- $h = 7 \text{ мм}$,
- $d_3 = 0,0059 \text{ м}$,
- $f_1 = 0,0008 \text{ м}^2$,
- $L_n = 0,8 \text{ м}$.

Уравнение теплового баланса имеет вид формулы (6.1):

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1' - t_1'') = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2') \quad (6.1)$$

где G_1 -расход греющей воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

c_1 - теплоемкость греющей воды, $\text{кДж}/(\text{кгК})$;

t_1' -температура греющей воды на входе в теплообменник, $^{\circ}\text{C}$;

t_1'' - температура греющей воды на выходе из теплообменника, $^{\circ}\text{C}$;

G_2 -расход нагреваемой воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

c_2 -теплоемкость нагреваемой воды, $\text{кДж}/(\text{кгК})$;

t_2'' -температура нагреваемой воды на выходе из теплообменника, $^{\circ}\text{C}$;

t_2' -температура нагреваемой воды на входе в теплообменник, $^{\circ}\text{C}$.

Количество тепла, передаваемого котловой водой воде из второго контура через теплообменник в единицу времени найдем по формуле(6.1):

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1' - t_1'') \quad (6.2)$$

где G_1 -расход греющей воды через теплообменники, $\text{м}^3/\text{с}$;

c_1 -теплоемкость котловой воды, $\text{кДж}/(\text{кгК})$;

t_1' -температура воды на входе в теплообменники, $^{\circ}\text{C}$;

t_1'' -температура воды на выходе из теплообменника, $^{\circ}\text{C}$.

Рассчитаем количество тепла, передаваемого котловой водой воде из второго контура через теплообменник в единицу времени по формуле (6.2):

$$Q = 78,2 \cdot 4,2 \cdot (115 - 75) = 43400,9 \text{ кВт}$$

Схема движения потоков противоточная:

$$115^{\circ}\text{C} \longrightarrow 75^{\circ}\text{C}$$

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

$$95^{\circ}\text{C} \leftarrow 70^{\circ}\text{C}$$

Средний температурный напор:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (6.3)$$

где

$$\Delta t_{\text{б}} = 115 - 95 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 75 - 70 = 5^{\circ}\text{C}$$

Подставим эти значения в формулу (6.3):

$$\Delta t = \frac{20 - 5}{2,3 \cdot \lg \frac{20}{5}} = 10,83^{\circ}\text{C}$$

Определим рациональную скорость движения греющей воды в каналах теплообменника. Для ориентировочного расчета скорости примем коэффициент теплоотдачи $\alpha_1 = 10000$ Вт/(м²·К), среднюю температуру стенки $\bar{t}_{\text{cm}} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{2} = \frac{90 + 82,5}{2} = 86,25^{\circ}\text{C}$, и коэффициент общего гидравлического сопротивления $\xi_1 = 1,95$. Расчетная формула (6.3) для скорости имеет следующий вид:

$$\omega_1 = 2 \sqrt[3]{\frac{\alpha_1 \cdot (\bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{cm}}) \cdot \Delta P_1}{c_1 \cdot (t'_1 - t''_1) \cdot \rho_1^2 \cdot \xi_1}} \quad (6.4)$$

где ξ_1 - коэффициент общего гидравлического сопротивления;

\bar{t}_1 - средняя температура греющей воды, °С;

ΔP_1 - допустимое гидравлическое сопротивление, Н/м².

Найдем рациональную скорость движения горячей воды в каналах теплообменника по формуле (6.4):

$$\omega_1 = 2 \sqrt[3]{\frac{10000 \cdot (95 - 86,25) \cdot 200000}{4208 \cdot (115 - 75) \cdot 965,3^2 \cdot 1,95}} = 0,639 \text{ м/с}$$

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

Критерий Рейнольдса для греющей воды найдем по формуле (6.5):

$$Re = \frac{\omega_1 \cdot d_3}{v_1} \quad (6.5)$$

Рассчитаем критерий Рейнольдса по формуле (6.5):

$$Re = \frac{0,639 \cdot 0,059}{0,000000326} = 11574,425$$

Проверить принятое значение коэффициента гидравлического сопротивления можно по формуле для пластины П-2 по формуле (6.6):

$$\xi_1 = 11,2Re^{-0,25} \quad (6.6)$$

Проверяем принятое значение коэффициента гидравлического сопротивления по формуле (6.6):

$$\xi_1 = 11,2 \cdot 11574,425^{-0,25} = 1,973$$

Это достаточно близко к принятому $\xi_1=1,95$.

Критерии Прандтля Pr_1 и Pr_2 при средней температуре греющей воды и средней температуре стенки по формуле (6.7):

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1} \quad (6.7)$$

где c_1 - теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг·К);

v_1 - кинематическая вязкость рабочей среды при данной температуре, м²/с;

λ_1 - коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/(м·К).

Рассчитаем критерий Прандтля при средней температуре греющей воды и средней температуре стенки по формуле (6.6):

$$Pr_1 = \frac{4208 \cdot 0,000000326 \cdot 965,3}{0,68} = 1,9473$$

При $\overline{t_{cm}} = 86,25^\circ\text{C}$ теплофизические свойства воды характеризуются следующими данными: $\rho_{cm} = 891,35 \text{ кг/м}^3$, $c_{cm} = 4,203 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$, $\lambda_{cm} = 0,677 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $v_{cm} = 3,4 \cdot 10^{-7} \text{ м/с}$.

						13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			49

Рассчитаем критерий Прандтля для $\overline{t_{cm}}$ по формуле (6.8):

$$Pr_{cm} = \frac{c_{cm} \cdot v_{cm} \cdot \rho_{cm}}{\lambda_{cm}} \quad (6.8)$$

Рассчитаем критерий Прандтля по формуле (6.8):

$$Pr_{cm} = \frac{4203 \cdot 3,4 \cdot 10^{-7} \cdot 891,35}{0,677} = 1,833$$

Критерий Нуссельта со стороны греющей воды по формуле (6.9):

$$Nu_1 = 0,1 \cdot Re_1^{0,7} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}}\right)^{0,25} \quad (6.9)$$

Рассчитаем критерий Нуссельта по формуле (6.9):

$$Nu_1 = 0,1 \cdot 11574,425^{0,7} \cdot 1,947^{0,43} \cdot \left(\frac{1,947}{1,883}\right)^{0,25} = 93,88$$

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке, Вт/(м²·К), рассчитывается по формуле (6.10):

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_3} \quad (6.10)$$

Рассчитаем коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке по формуле (6.10):

$$\alpha_1 = \frac{93,88 \cdot 0,68}{0,0059} = 10319,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Погрешность с принятым значением:

$$\Delta = \frac{10319,9 - 10000}{10319,9} \cdot 100 = 3,09\%$$

Значение достаточно близко к принятому $\alpha_1 = 10000$ Вт/(м²·К).

Рациональная скорость движения нагреваемой воды в каналах теплообменника. Для этого примем $\alpha_2 = 15000$ Вт/(м²·К), средняя температура стенки осталась прежней $\overline{t_{cm}} = 86,25$ °С, и коэффициент общего

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

гидравлического сопротивления $\xi_2 = 1,7$:

Рассчитаем рациональную скорость движения нагреваемой среды в каналах теплообменника по (6.11):

$$\omega_2 = 2 \sqrt[3]{\frac{\alpha_2 \cdot (\bar{t}_{cm} - \bar{t}_2) \cdot \Delta P_2}{c_2 \cdot (t_2' - t_2'') \cdot \rho_2^2 \cdot \zeta_2}} \cdot \frac{m}{c} \quad (6.11)$$

где \bar{t}_2 - средняя температура нагреваемой воды, °C.

Рассчитаем рациональную скорость движения нагреваемой среды в каналах теплообменника по (6.11):

$$\omega_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{15000 \cdot (86,5 - 82,5) \cdot 500000}{4198 \cdot (95 - 70) \cdot 970,175^2 \cdot 1,7}} = 1,01 \text{ м/с}$$

Критерий Рейнольдса считается по (6.12):

$$Re = \frac{\omega_2 \cdot d_3}{\nu_2} \quad (6.12)$$

где ν_2 - кинематическая вязкость рабочей среды при данной температуре, м²/с;

Рассчитаем критерий Рейнольдса по формуле (6.13):

$$Re = \frac{1,01 \cdot 0,0059}{3,55 \cdot 10^{-7}} = 17519,64$$

Уточним принятое значение коэффициента гидравлического сопротивления по формуле (6.6):

$$\xi_2 = 11,2 \cdot 17519,64^{-0,25} = 1,651$$

Это достаточно близко к принятому $\xi_2=1,7$.

Критерий Прандтля для средней температуры нагреваемой воды рассчитывается по формуле (6.13):

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \nu_2 \cdot \rho_2}{\lambda_2} \quad (6.13)$$

где c_2 - теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг·К);

ν_2 - кинематическая вязкость рабочей среды при данной температуре, м²/с;

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

λ_2 - коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/(м·К).

Рассчитаем критерий Прандтля для средней температуры нагреваемой воды по формуле (6.13):

$$Pr_2 = \frac{4198 \cdot 3,55 \cdot 10^{-7} \cdot 970,175}{0,6755} = 2,142$$

Критерий Нуссельта для нагреваемой воды рассчитывается по формуле (6.14):

$$Nu_2 = 0,1 \cdot Re_2^{0,7} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm}}\right)^{0,25} \quad (6.14)$$

где Pr_{cm} - критерий прандтля при $\overline{t_{cm}}$ рассчитывается по формуле (6.8).

Рассчитаем критерий Нуссельта для нагреваемой воды по формуле (6.14):

$$Nu_2 = 0,1 \cdot 17519,64^{0,7} \cdot 2,142^{0,43} \cdot \left(\frac{2,142}{1,883}\right)^{0,25} = 137,958$$

Уточненный коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой воде по критерию Нуссельта рассчитывается по формуле (6.15):

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_3} \quad (6.15)$$

Рассчитаем уточненный критерий теплоотдачи от стенки к нагреваемой воде по критерию Нуссельта по формуле (6.15):

$$\alpha_2 = \frac{137,958 \cdot 0,6755}{0,0059} = 15569,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Погрешность с принятым значением:

$$\Delta = \frac{15569,5 - 15000}{15569,5} \cdot 100 = 4,8\%$$

Значение достаточно близко к принятому $\alpha_2 = 15000$ Вт/(м²·К).

Термическое сопротивление стенки пластины и загрязнений на ней [21, табл.5]:

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Термическое сопротивление загрязнений на стенке со стороны воды рассчитывается по формуле (6.16):

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} \quad (6.16)$$

Рассчитаем термическое сопротивление загрязнений на стенке со стороны воды по формуле (6.16):

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,00023 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

Термическое сопротивление стенки из стали рассчитаем по формуле (6.17):

$$\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} = 0,000063 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт} \quad (6.17)$$

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле (6.18):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.18)$$

Рассчитаем коэффициент теплопередачи по формуле (6.18):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10819,9} + 0,00023 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{15808,5}} = 6423,46 \text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Общая поверхность теплопередачи по формуле (6.19)

$$F_a = \frac{Q}{k \cdot \Delta \bar{t}}, \text{м}^2 \quad (6.19)$$

Рассчитаем поверхность теплопередачи теплообменника по формуле (6.19):

$$F_a = \frac{4,34 \cdot 10^6}{6423,46 \cdot (90 - 82,5)} = 90,7 \text{м}^2$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

В соответствии с расчетом необходимая поверхность теплообмена составила 90,7 м².

Предполагается установка двух сборных пластинчатых теплообменника типа НН№41 производителя ЗАО «Ридан» [44], характеристики данного теплообменника сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Характеристики теплообменного аппарата НН№41 [44]

Параметры	Значение	
	Гор. среда	Хол. среда
Расход, кг/с	14,0	17,0
Температура на входе, °С	115,0	70,0
Температура на выходе, °С	75,0	95,0
Тепловая нагрузка, мВт	1,1	
Общее количество пластин, шт	35,0	
Площадь поверхности теплообмена, м ²	90,7	
Расчетная температура, °С	115,0	

контура дороже, чем для теплосети, следовательно, утечки теплоносителя будут иметь плохие последствия в финансовом плане.

Предполагается установка двух пластинчатых теплообменника фирмы «Ридан». Теплообменник устанавливается для возможности бесперебойного теплоснабжения, хоть и со снижением параметров, при выходе из строя или плановой очистке одного из них. Пластинчатые теплообменники компактнее используемых сейчас кожухотрубных, имеют более высокий по сравнению с ними коэффициент теплопередачи, меньшую металлоемкость, проще обслуживание.

Примененные в проекте технологии позволяют снизить расход топлива и использовать теплоту сгорания этого топлива более рационально. Снижение расхода топлива положительно скажется на окупаемости проекта.

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

8 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

При сжигании органического топлива образуются оксиды углерода, серы, азота, соединения свинца, сажа, углеводороды, в том числе канцерогенные, например бенз(а)пирен, и другие вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии [30].

Необходимо удаление во внешнюю среду и рассеивание продуктов сжигания топлива, для этого необходимо установить дымовую трубу, которая бы позволяла достигать допустимой концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы. Для определения диаметра и высоты трубы необходимо провести соответствующие расчеты для зимнего режима работы котельной и для летнего. Для начала необходимо определить выброс вредных веществ, образующихся при горении топлива [24].

При сжигании природного газа в топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокси азота NO₂ за счет окисления NO происходит при низких температурах и требует значительного времени. При техническом перевооружении котельной придется снести старую и построить новую дымовую трубу.

В результате расширения котельной трубу демонтировали.

Проведем расчет высоты дымовой трубы на летний и зимний режимы работы по методике, изложенной в [24].

Выброс окислов азота, г/с, рассчитывается по NO₂ [24].

Для котлов малой мощности (8.1):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_n^p \cdot K_{NO_2} \cdot (1 - \beta) \quad (8.1)$$

где B – расход топлива, м³/с;

Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, МДж/м³;

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество окислов азота,

образующихся на МДж теплоты, кг/МДж. Этот параметр определяется по графику в зависимости от мощности котла.

β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов окислов азота в результате применяемых технических решений, примем равным 0.

Для определения расхода и параметра K_{NO_2} необходимо знать расчетную температуру наружного воздуха и требующуюся нагрузку на отопительную котельную.

Расчет дымовой трубы должен выполняться с учетом работы котельной при ее максимально возможной мощности с учетом расширения. Расчет концентрации должен выполняться при работе котельной с тепловыми нагрузками, соответствующими средней температуре наиболее холодного месяца и летнему режиму.

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

8.1 Расчет дымовой трубы

Для Каслинского района п. Черкаскуль средняя температура самого холодного месяца (января) равна $t_n = -15,5^\circ\text{C}$ [12] средняя температура самого жаркого месяца (июль) $t_n = 22,9^\circ\text{C}$. Из расчета котла: действительный объем продуктов сгорания при нормальных условиях $V_2^H = 11,627 \text{ м}^3/\text{м}^3$; расход топлива на один котёл $B = 0,033 \text{ м}^3/\text{с}$ – для зимнего режима $B = 0,004 \text{ м}^3/\text{с}$. Зная нагрузку, по рисунку 1.1 [24] определим значение параметра $K_{\text{NO}_2} = 0,095 \text{ кг/МДж}$.

Тогда по формуле (8.1) выброс окислов азота составит:

В зимнем режиме:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 1 \cdot 0,033 \cdot 35000 \cdot 0,095 \cdot (1 - 0) = 0,108 \text{ г/с}$$

В летнем режиме:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 1 \cdot 0,004 \cdot 35000 \cdot 0,095 \cdot (1 - 0) = 0,013 \text{ г/с}$$

Расчетный объем продуктов сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$, считается по формуле (8.2):

$$V_p = \frac{P_{ny} \cdot V_{\Gamma}^H \cdot T_p}{P_p \cdot T_{ny}} \quad (8.2)$$

где $P_{ny} = 760 \text{ мм рт. ст.}$ - атмосферное давление при нормальных условиях;

$T_p = 155^\circ\text{C} = 428\text{K}$ - температура дымовых газов на выходе из котла;

$P_p = 740 \text{ мм рт. ст.}$ - атмосферное давление;

$T_{ny} = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$ - температура при нормальных технических условиях

Рассчитаем объем продуктов сгорания по формуле (8.2):

$$V_p = \frac{760 \cdot 11,627 \cdot 428}{740 \cdot 293} = 17,44 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Объемный расход продуктов сгорания, $\text{м}^3/\text{с}$, считается по формуле (8.3):

$$V_p = B \cdot n \cdot V_p \quad (8.3)$$

где n – число котлов.

Рассчитаем объем продуктов сгорания по формуле (8.3):

В зимнем режиме:

$$V_p = 0,033 \cdot 1 \cdot 17,44 = 0,57 \text{ м}^3 / \text{с}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

В летнем режиме:

$$V_p = 0,004 \cdot 1 \cdot 17,44 = 0,07 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Минимальная высота дымовой трубы рассчитывается из соображений рассеивания выбросов. Труба должна обеспечить такое рассеивание, при котором максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое не превосходит значения максимальной разовой ПДК вещества в атмосферном воздухе.

Рассчитаем минимальную высоту трубы для зимнего режима.

Зададимся скоростью газов на выходе из устья трубы $w = 20 \text{ м/с}$, тогда диаметр устья трубы, м, рассчитывается по формуле (8.4):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} \quad (8.4)$$

Рассчитаем диаметр устья трубы по формуле (8.4):

Для зимнего режима:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,57}{3,14 \cdot 20}} = 0,19 \text{ м}$$

Для летнего режима:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,07}{3,14 \cdot 20}} = 0,067 \text{ м}$$

Выберем ближайший стандартный диаметр для металлической труб
 $D = 0,2 \text{ м}$

Тогда реальная скорость дымовых газов на выходе, м/с, рассчитывается по формуле (8.5):

$$\omega_o = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_o^2} \quad (8.5)$$

Рассчитаем реальную скорость дымовых газов по формуле (8.5):

Для зимы:

$$\omega_o = \frac{4 \cdot 0,57}{3,14 \cdot 0,2^2} = 18,13 \text{ м/с}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Для лета:

$$\omega_o = \frac{4 \cdot 0,07}{3,14 \cdot 0,2^2} = 2,248 \text{ м/с}$$

Высота дымовой трубы, м, рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \frac{M}{\text{ПДК}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{V \cdot \Delta T}}}, \text{ м} \quad (8.6)$$

где A – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется климатической зоной, для Южного Урала $A = 160$;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для газообразных примесей $F = 1$;

M – расход выбрасываемого в атмосферу вещества, г/с;

ПДК – предельно допустимая разовая концентрация окислов азота NO_2 , составляет $0,085 \text{ мг/м}^3$;

Z – число труб;

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха, °С;

m и n – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой. Значения этих коэффициентов определяются по вспомогательным величинам:

$$\Delta T_{\text{зим}} = (t_{\text{ух}} - t_{\text{нв.з}}) = (155 - (-15,5)) = 170,5^\circ\text{С}$$

$$f = \frac{10^3 \cdot \omega_o^2 \cdot D_o}{h^2 \cdot \Delta T} \quad (8.7)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{h}} \quad (8.8)$$

Коэффициенты m и n рассчитываются по формулам (8.9), (8.10), (8.11), (8.12): при $f < 100$:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad (8.9)$$

при $f > 100$:

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad (8.10)$$

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

при $v_m \geq 2: n = 1$;

при $0,5 < v_m < 2$:

$$n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13 \quad (8.11)$$

при $v_m \leq 0,5$:

$$n = 4,4 \cdot v_m \quad (8.12)$$

При расчете минимальной высоты трубы воспользуемся графоаналитическим методом [25]. Для этого зададимся тремя высотами труб:

$$h'_3 = 1,5 \text{ м}$$

$$h''_3 = 3 \text{ м}$$

$$h'''_3 = 5 \text{ м}$$

Проведем расчет для зимы:

При $h'_3 = 1,5$

Произведем расчет для первой высоты, по формуле (8.7) найдем:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 18,13^2 \cdot 0,2}{5^2 \cdot 170,5} = 171,4$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9) :

$$m' = \frac{1,47}{\sqrt[3]{171,4}} = 0,26$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,57 \cdot 170,5}{1,5}} = 2,618$$

Тогда $n=1$

Высота трубы рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,26 \cdot \frac{0,108}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,57 \cdot 170,5}}} = 3,42 \text{ м}$$

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

При $h'_3 = 3$

Произведем расчет для второй высоты, по формуле (8.7) найдем:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 18,13^2 \cdot 0,2}{3^2 \cdot 170,5} = 42,84$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{42,84} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{42,84}} = 0,40$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,57 \cdot 170,5}{3}} = 2,07$$

Тогда $n = 1$.

Высота трубы рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,40 \cdot 1 \cdot \frac{0,108}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,57 \cdot 170,5}}} = 4,2 \text{ м}$$

При $h'_3 = 5$

Произведем расчет для третьей высоты, по формуле (8.7) найдем:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 18,3^2 \cdot 0,2}{5^2 \cdot 170,5} = 15,42$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9) :

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{15,42} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{15,42}} = 0,52$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,57 \cdot 170,5}{5}} = 1,75$$

Рассчитаем значение n по формуле (8.11):

$$n = 0,532 \cdot 1,75^2 - 2,13 \cdot 1,75 + 3,13 = 1,03$$

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

Высота трубы рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1,03 \cdot 0,52 \cdot 1 \cdot \frac{0,108}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,57 \cdot 170,5}}} = 4,89 \text{ м}$$

Расчетные высоты сведем в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Значения расчета высоты дымовой трубы для зимы

Параметр	Ед. измер.	1	2	3
h_3	м	1,50	3,00	5,00
f	-	171,4	42,84	15,42
m	-	0,26	0,40	0,52
v_m	м/с	2,62	2,07	1,75
n	-	1,00	1,00	1,03
h_p	м	3,42	4,2	4,89

Проведем расчет для лета:

$$\Delta T_{\text{лет}} = t_{\text{ух}} - t_{\text{нв.л}} = 132 - 22,9 = 132,1^\circ\text{C}$$

При $h'_3 = 1,5$

Произведем расчет для первой высоты, по формуле (8.7) найдем:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 2,25^2 \cdot 0,2}{1,5^2 \cdot 132,1} = 3,4$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9) :

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{3,4} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{3,4}} = 0,73$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,07 \cdot 132,1}{1,5}} = 1,19$$

Рассчитаем значение n по формуле (8.11):

$$n = 0,532 \cdot 1,19^2 - 2,13 \cdot 1,19 + 3,13 = 1,35$$

Высота трубы считается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1,35 \cdot 0,732 \cdot \frac{0,013}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,07 \cdot 132,1}}} = 3,39_m$$

При $h'_3 = 3$

Произведем расчет для второй высоты, по формуле (8.7) найдем:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 2,25^2 \cdot 0,2}{3^2 \cdot 132,1} = 0,85$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9) :

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,85} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,85}} = 0,92$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,07 \cdot 132,1}{3}} = 0,95$$

Значение n считается по формуле (8.11):

$$n = 0,532 \cdot 0,95^2 - 2,13 \cdot 0,95 + 3,13 = 1,59$$

Высота трубы считается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 1,59 \cdot \frac{0,013}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,07 \cdot 132,1}}} = 4,14_m$$

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

При $h'_3 = 5$

Произведем расчет для третьей высоты, по формуле (8.7) найдем:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 2,25^2 \cdot 0,2}{5^2 \cdot 132,1} = 0,306$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9) :

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,306} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,306}} = 1,05$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,07 \cdot 132,1}{5}} = 0,798$$

Значение n считается по формуле (8.11):

$$n = 0,532 \cdot 0,798^2 - 2,13 \cdot 0,798 + 3,13 = 1,77$$

Высота трубы считается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1,77 \cdot \frac{0,013}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,07 \cdot 132,1}}} = 4,65 \text{ м}$$

Расчетные значения для лета внесем в таблицу 8.2.

Таблица 8.2 – Значения расчета высоты дымовой трубы для лета

Параметр	Ед. измер.	1	2	3
h_3	м	1,50	3,00	5,00
f	-	3,4	0,85	0,31
m	-	0,73	0,92	1,05
v_m	м/с	1,19	0,95	0,79
n	-	1,35	1,59	1,77
h_p	м	3,39	4,14	4,65

По полученным значениям построим график и найдем минимальную высоту дымовой трубы для разрабатываемой котельной (рисунок 8.1).

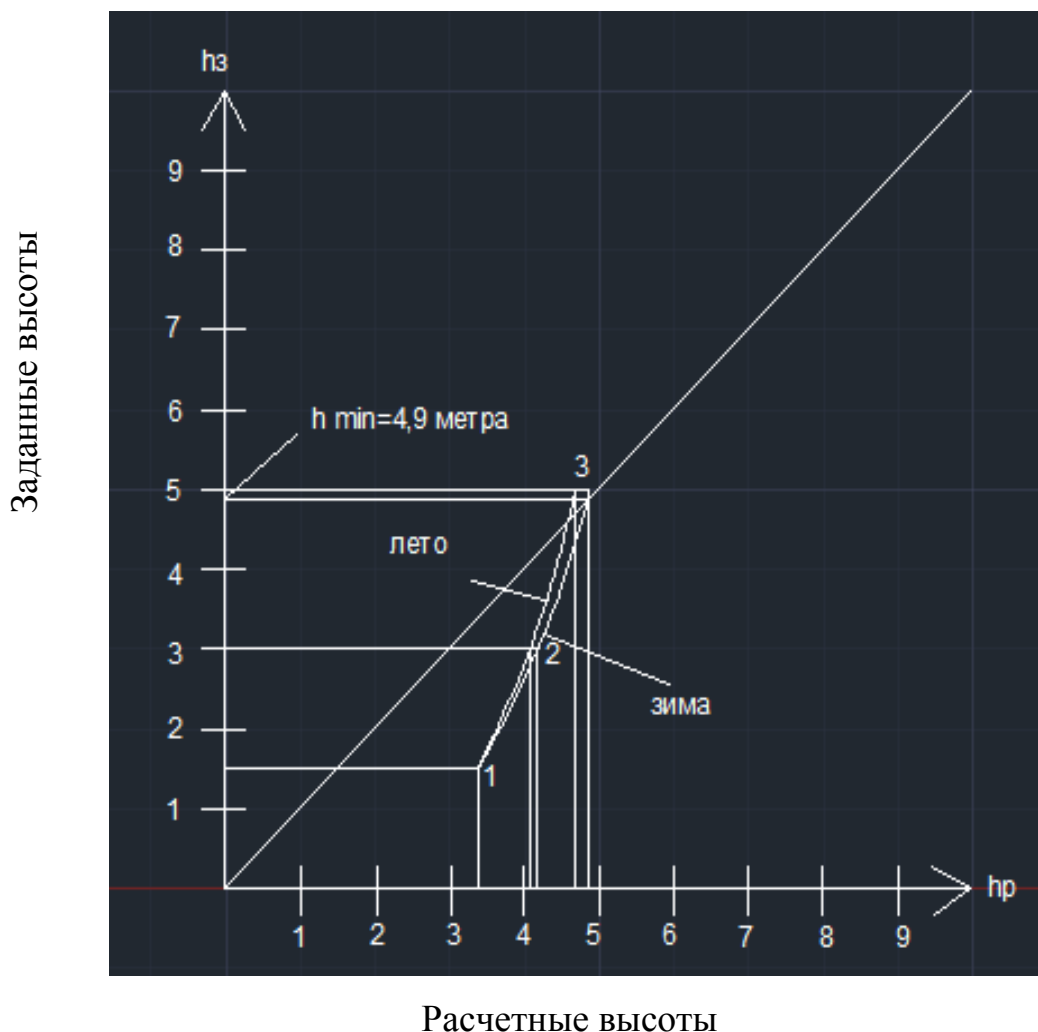


Рисунок 8.1 – Определение минимальной высоты дымовой трубы

Из рисунка видно, что она составляет $h_{min} = 4,7$ м. Выберем высоту дымовой трубы из стандартных, при этом необходимо учесть соответствие санитарным нормам: труба должна быть на 5 и более метров выше высоты конька на кровле любого строения, находящегося в радиусе 25 метров от котельной. Исходя из этого выберем дымовую трубу высотой 15 м. Проверим, соответствует ли эта высота поддержанию концентрации вредных веществ в приземном слое не выше ПДК. Максимальная приземная концентрация для зимы от источника составит, мг/м^3 , рассчитывается по формуле (8.13):

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{h_{min}^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \quad (8.13)$$

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

В этой формуле все величины рассчитываются известным способом по формулам (8.8) – (8.13):

$$f' = \frac{10^3 \cdot 18,13^2 \cdot 0,2}{15^2 \cdot 162,5} = 1,798$$

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,798} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,798}} = 0,82$$

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,57 \cdot 162,5}{15}} = 1,193$$

$$n = 0,532 \cdot 1,193^2 - 2,13 \cdot 1,193 + 3,13 = 1,347$$

Приземная концентрация окислов азота зимой:

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,108 \cdot 1 \cdot 0,821 \cdot 1,347}{15^2 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot 162,5}} = 0,02 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Максимальная концентрация выбросов не превышает ПДК, следовательно, выбранная дымовая труба обеспечит требуемое рассеивание в зимнем режиме.

Аналогично проверим рассеивание этой трубой выбросов в летнем режиме:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 2,25^2 \cdot 0,2}{15^2 \cdot 132,1} = 0,034$$

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,034} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,034}} = 1,252$$

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,57 \cdot 132,1}{15}} = 1,113$$

$$n = 0,532 \cdot 1,113^2 - 2,13 \cdot 1,113 + 3,13 = 1,42$$

Приземная концентрация окислов азота летом:

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,013 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,42}{30^2 \cdot \sqrt[3]{1,78 \cdot 112}} = 0,004 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Максимальная концентрация выбросов не превышает ПДК, следовательно, выбранная дымовая труба обеспечит требуемое рассеивание.

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для учета вырабатываемой теплоты установлен вычислительный блок «Эльф», который принимает сигналы с расходомера и двух термопреобразователей сопротивления, установленных на подающем и обратном трубопроводах внутреннего контура.

Все оборудование котельной связано в единую систему, которая обеспечивает комплексное взаимодействие модулей. Управляет системой контроллер Vitotronic 300, поддерживающий возможность управления каскадом из 6 котлов, обеспечивая их экономичную работу. Он анализирует сигналы с каждого блока, и по заданным алгоритмам отправляет управляющие сигналы на соответствующее оборудование.

Аварийная и предупредительная сигнализация в котельном зале выполнена на местном щите автоматизации, в блоке котловой автоматики и на щите диспетчера.

На щит автоматизации и сигнализации котельной выводятся аварийные сигналы:

- о наличии напряжения в схемах сигнализации и управления главным отсекающим клапаном;
- об аварийном срабатывании отсечного клапана;
- о пожаре в котельном зале,
- о несанкционированном входе в котельный зал,
- аварийной концентрации окиси углерода и метана в котельном зале,
- общий сигнал аварии в котельном зале;
- об аварии приточной вентиляции;
- об аварии насосов;
- об аварии котлоагрегатов.

Сигнал о возникновении пожара и несанкционированном входе подается с соответствующих приборов пожарно-охранной сигнализации (смотри раздел ОПС).

Щит диспетчера установлен в комнате охраны. Для подачи звукового сигнала предусмотрен звонок. Звуковой сигнал снимается оператором, а световой горит до устранения причины аварийной ситуации. На щите диспетчера отражается информация:

- о пожаре в котельной;
- о несанкционированном входе в котельную;
- общий сигнал аварии в котельном зале;
- об аварийном срабатывании отсечного клапана;
- аварийной концентрации метана воздуха котельной;
- аварийной концентрации оксида углерода воздуха котельной.

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В разрабатываемой котельной предусматривается установка водогрейного котлов КВГМ-1,0-115 и КВГМ-0,5-115 теплопроизводительностью соответственно 1,0 и 0,5 МВт. В качестве топлива используется природный газ. Максимальная температура нагрева воды составляет 115°C. Кроме котлов также предусмотрена установка пластинчатых теплообменников для разделения контуров, насосного оборудования и оборудования водоподготовки.

Котельная полностью автоматизирована и автономна, поэтому постоянного обслуживающего персонала в ней нет. Показания приборов и сигналы о сбоях или неполадках в работе поступают на удаленный пульт оператора. Ремонтно-обслуживающий персонал находится в помещении котельной только при обходах либо при устранении неисправностей.

Возможными причинами получения работником травм могут быть [22]:

- нагретые поверхности оборудования (котла, теплообменников, подающего трубопровода);
- электрический ток;
- опасные химические вещества (природный газ);
- повреждения, полученные при падении.

Возможными аварийными ситуациями могут быть:

- утечка топлива;
- поступление угарного газа в котельную;
- пожар;
- взрыв котла.

10.1 Безопасность производственных процессов и оборудования

Для обеспечения безопасности работников предусматриваются различные устройства. На котлах находятся предохранительные клапаны, срабатывающие при превышении допустимого давления. Устанавливаются термометры и манометры на прямой и обратной линиях трубопроводов. Для предупреждения пожаров вследствие утечки газа устанавливаются газоанализаторы непрерывного действия, место их расположения выбирается в наиболее вероятном месте утечек газа. На вводе газопровода в котельную расположен запорный клапан, который прекращает подачу газа в котельную при превышении загазованности помещения и при отключении электроэнергии. Также предусмотрены манометры на газопроводах перед каждой горелкой. Предусмотрена система автоматического извещения о пожаре. Трубопроводы окрашены по [9]: газопровод – желтый, вода – зеленый. В помещении вывешивается план эвакуации, и плакаты, показывающие основные безопасные методы работы.

При проведении работ на ключах управления электроприводами отключающей арматуры должны быть вывешены таблички: «Не включать!»

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

Работают люди»; на самой отключающей арматуре: «Не открывать! Работают люди» [6].

Запрещается загромождать проходы для обеспечения безопасного передвижения работников [6].

В соответствии с [6] для предотвращения травмирования персонала от падений предусмотрены мероприятия:

- ровные негладкие нескользящие полы с устройствами для отвода воды;
- ограждения опасных зон по периметру с вывешиванием предупреждающих табличек;

Для безопасного обслуживания и ремонта оборудования по [14] предусматривается совмещенное освещение. Естественное освещение обеспечивается за счет оконных проемов в стенах.

Оборудование должно располагаться так, чтобы обеспечить свободный доступ персонала к любой его части для беспрепятственного проведения ремонтных работ или демонтажа.

10.2 Пожаровзрывобезопасность

Основными источниками пожара могут быть:

- утечка топлива (природного газа);
- короткое замыкание электропроводки.

В качестве топлива в котельной используется природный газ, поэтому в соответствии с [17] категория помещения по взрывопожароопасности – Г. Здание представляет из себя обшитый сэндвич-панелями, состоящими из наружных листов стали с минеральноплитным утеплителем между ними, каркас из металлического швеллера. Потеря целостности наружных стен наступает не менее чем через 15 минут, а несущей способности основания – не менее, чем через 45 мин. В соответствии с [2] по степени огнестойкости здание относится к III категории. Горящими веществами и материалами являются природный газ и оборудование под напряжением. Соответственно, устанавливаются классы пожара «С» и «Е». На основе этого выбираются средства пожаротушения. В соответствии с классами пожара нужно укомплектовать котельную порошковыми и углекислотными огнетушителями: огнетушитель порошковый ОП-10 массой заряда порошка 10кг и два углекислотных огнетушителя ОУ-5 массой заряженной углекислоты по 5 кг каждый.

10.3 Электробезопасность

Котельная включает в себя следующие возможные источники поражения электрическим током:

- электродвигатели насосов и вентиляторов горелок;
- щиты управления котлов;
- кабели сетей;

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

- рабочее и аварийное освещение;

Для электропитания применяется трехфазный переменный ток напряжением 220/380 В с частотой 50 Гц.

В котельной находятся токопроводящие железобетонные полы, а также присутствует возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей с одной стороны, и к токопроводящим частям оборудования с другой. Поэтому категория помещения по электробезопасности – особо опасные помещения[16].

В целях предупреждения электротравм предполагаются следующие меры:

- использование заземления оборудования по схеме с заземленной разделенной нейтралью TN-S;
- установка молниезащиты и отдельного контура заземления дымовых труб;
- использование изоляции токоведущих частей, выдерживающей все возможные воздействия в процессе эксплуатации[16];
- прокладку кабелей питающих и распределительных сетей в коробах, трубах или открыто по конструкциям, в проводов – только в коробах[11];
- предусмотреть средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током: диэлектрические перчатки, обувь, коврики.

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

11 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Разработка управленческого решения – один из наиболее важных управленческих процессов. От его эффективности в значительной степени зависит успех всей организации. Для принятия решения перевооружения отопительной котельной п. Черкаскуль Каслинского района необходимо провести оценку работы объекта после перевооружения и без перевооружения

Необходимые расчеты проведем по методике, изложенной в [20].

11.1 Расчет капитальных затрат

Капитальные затраты включают в себя затраты на разработку варианта проекта, стоимость оборудования, затраты на его монтаж. Капитальные вложения на перевооружения котельной приведены в ценах мая 2017 года. Цены на оборудование взяты по каталогам производителей [31]. Цены на монтажные работы взяты из каталога фирмы, занимающейся монтажными работами на котельных [48]. Цены на транспорт взяты с сайта фирмы, занимающейся перевозками [47]. Цена проектных работ задана фирмой, занимающейся созданием проектов котельных [46]. Структура капитальных затрат представлена в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Капитальные затраты на перевооружение котельной

Наименование	Цена, тыс. руб.	Кол-во	Величина, тыс. руб.
Проектные работы	-	-	500,00
КВ-ГМ-1,0-115	625,28	1	979,34
КВ-ГМ-0,5-115	354,06	1	
Запорная арматура с комплектом автоматики	109,52	-	214,56
	105,04		
Горелка Ecoflam	485,60	1	787,10
	301,50		
Монтажные работы	360,60	-	642,10
	281,50		
Транспортные расходы	150,00	-	300,00
Итого	-	-	3423,12

Капитальные затраты на расширение котельной рассчитаем по формуле (11.1):

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6 \text{ тыс. руб} \quad (11.1)$$

									Лист
									75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.267.10 ПЗ

Продолжение таблицы 11.2

1	2	3	4	5
Ремонтный фонд	тыс. руб./год	-	20% от амортизационных отчислений	0,30
Общепроизводственные и прочие расходы	тыс. руб./год	-	10% от суммы вышестоящих статей	1857,36
Всего затрат	тыс. руб./год	-	-	11684,17

Смета текущих затрат по работе котельной после перевооружения представлены в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Текущие затраты после перевооружения котельной

Статья затрат	Ед. изм-я	Кол-во	Стоимость ед. изм, руб.	Сумма, тыс.руб./год
Топливо	м ³ /год	1525,33 тыс.м ³	4,86 руб./ м ³	7413,12
Электрическая энергия	кВт·ч	110,70	2,92 руб./кВт·ч	323,24
Сырая вода	т/год	350,00	3 руб./т	1,05
Амортизация	тыс. руб./год	-	6,33% от стоимости оборудования	7,83
Ремонтный фонд	тыс. руб./год	-	20% от амортизационных отчислений	1,05
Общепроизводственные и прочие расходы	тыс. руб./год	-	10% от суммы вышестоящих статей	774,63
Всего затрат	тыс. руб./год	-	-	8520,92

11.3 Расчет стоимости единицы теплоты 1Гкал

Стоимость единицы теплоты отпущенное котельной до перевооружения можно рассчитать по формуле (11.1):

$$C_1 = \frac{Z_1}{Q_1} \quad (11.2)$$

где Z_1 - текущие затраты до перевооружения котельной тыс. руб/год;
 Q_1 - теплота, отпущенная котельной за год до её перевооружения Гкал/год;

Стоимость единицы теплоты отпущенное котельной после перевооружения можно рассчитать по формуле (11.3):

$$C_2 = \frac{Z_2}{Q_2} \quad (11.3)$$

где Z_2 - текущие затраты после перевооружения котельной тыс. руб/год;
 Q_2 - теплота, отпущенная котельной за год после её перевооружения Гкал/год;

Найдем стоимость единицы теплоты до перевооружения котельной по формуле (11.2):

$$C_1 = \frac{11684,168}{7603,2} = 1,54 \text{ тыс.руб./Гкал}$$

Найдем стоимость единицы теплоты после перевооружения котельной по формуле (11.3):

$$C_2 = \frac{8520,923}{6336} = 1,34 \text{ тыс.руб./Гкал}$$

Величину прибыли от реализации проекта можно найти по формуле (11.4):

$$\Delta\Pi = (Q_2 - Q_1) \cdot C_2 \text{ тыс. руб./год} \quad (11.4)$$

где Q_2 - количество теплоты, отпущенное котельной за год, после перевооружения

Q_1 - количество теплоты, отпущенное котельной за год, до перевооружения;

$$Q_2 = 6336 \text{ Гкал/год}$$

$$Q_1 = 7603,2 \text{ Гкал/год}$$

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Найдем величину прибыли от реализации проекта по формуле (11.4):

$$\Delta\Pi = (7603,2 - 6336) \cdot 1,34 = 1700,12 \text{ тыс.руб./год}$$

11.4 Расчет срока окупаемости проекта

Срок окупаемости проекта можно найти по формуле (11.5):

$$T = \frac{K}{\Delta\Pi} \quad (11.5)$$

где K - капитальные затраты на реализацию проекта, тыс. руб.;

$\Delta\Pi$ - прибыль от реализации проекта, тыс.руб./год.:

Рассчитаем срок окупаемости проекта по формуле (11.4):

$$T = \frac{3423,1}{1703,12} = 2 \text{ года}$$

Исходя из получившегося срока окупаемости, можно сделать вывод, что реализация проекта целесообразна т.к. $T < 5$ лет.

11.5 SWOT- анализ вариантов проектных решений

SWOT-анализ – это инструмент стратегического анализа и планирования, применяемый для оценки явлений и факторов, оказывающих влияние на компанию или проект.

SWOT-анализ предполагает возможность оценки фактического положения и стратегических перспектив компании, получаемых в результате изучения сильных и слабых сторон компании, ее рыночных возможностей и факторов риска. SWOT-анализ имеет управленческую и стратегическую ценность, если связывает воедино факторы внутренней и внешней среды и сообщает, какие ресурсы и возможности понадобятся компании в будущем.

Название анализа – это первые буквы четырех критериев, по которым проводится анализ:

Strengths – сильные стороны – преимущества решения;

Weaknesses – слабые стороны – недостатки решения;

Opportunities – возможности – факторы внешней среды, использование которых создаст преимущество;

Threats – угрозы – факторы, которые могут ухудшить положение.

Суть анализа заключается в составлении 2 матриц, в которых приводятся все эти факторы. В результате анализа должны быть сделаны выводы о наиболее предпочтительном проектном решении, а также меры по укреплению слабых мест и усилению сильных сторон.

										Лист
										79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

В таблице представлен вариант SWOT- анализа после перевооружения котельной [44].

Таблица 11.4

<p>S:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Срок окупаемости не более 5 лет • Увеличение межремонтного периода • Наиболее низкая себестоимость 1 Гкал тепловой энергии • Соответствие оборудования современным стандартам качества • Полностью автоматизированное оборудование • Минимум обслуживающего персонала • Экономия топлива 	<p>W:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Капитальные затрат на разработку проекта, строительство, покупка и монтаж оборудования
<p>O:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Спрос на тепловую энергию • Существование новых технологий и оборудования • Наличие широкого ассортимента оборудования и запасных частей на рынке • Наличие субсидий у государства для реализации энергоэффективного проекта (ФЗ «об энергосбережении») 	<p>T:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рост тарифов на газ • Нестабильный курс валют

В таблице представлен вариант SWOT- анализа без перевооружения котельной [44].

Таблица 11.5

<p>S:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие капитальных затрат • Возможность мгновенного реагирования ремонтного персонала • Отсутствие необходимости подготовки нового рабочего персонала 	<p>W:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение текущих затрат на ремонт изношенного оборудования • Возможное возникновение аварий, остановка оборудования • Неэффективное использование тепла сгораемого топлива • Высокая себестоимость 1Гкал тепловой энергии
---	--

Продолжение таблицы 11.5

<p>О:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Существование новых технологий и оборудования • Большие запасы топлива в регионе • Высокий спрос на тепловую энергию 	<p>Т:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рост тарифов на газ • Нестабильный курс валют
--	--

В результате проведения SWOT– анализа определены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы внешней среды предприятия при различных источниках теплоснабжения. Таким образом, можно сделать вывод, что перевооружения отопительной котельной целесообразно.

11.6 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов

Такую оценку ситуации в виде анализа поля сил описал Курт Левин. Он предложил рассматривать ситуацию, как находящуюся в своеобразном равновесии – с одной стороны на объект изменения воздействуют движущие силы, с другой препятствуют сдерживающие, поле сил на рисунке 11.1.

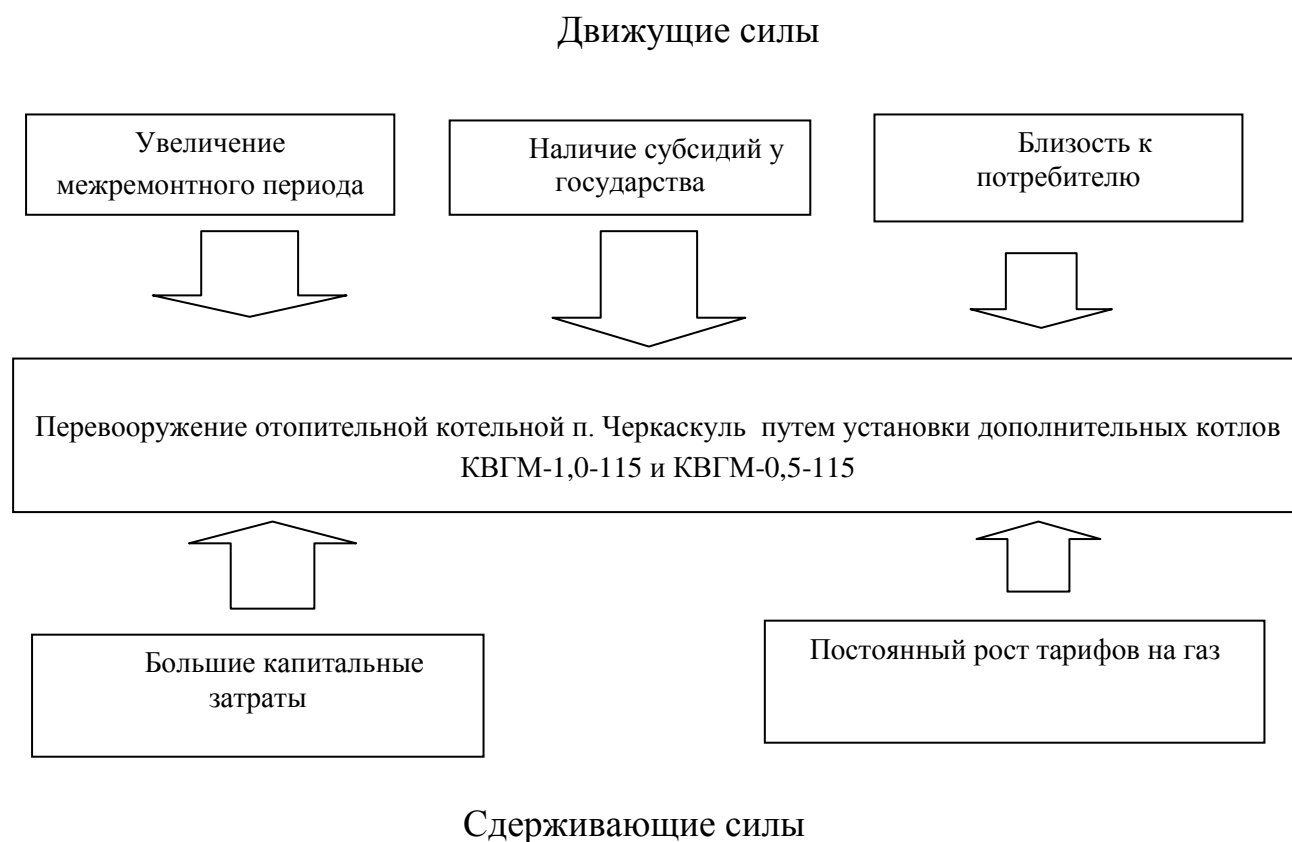


Рисунок 11.1 – Анализ поля сил Курта Левина

Движущие силы:

Увеличение межремонтного периода связано с тем, что старое котельное оборудование практически полностью изношено. Тем самым оно приводило к постоянным ремонтам и перебойным отпускам тепла, а следовательно больших затрат на их реализацию.

Наличие субсидий у государства, покрывающие все капитальные затраты на перевооружение котельной поселка Черкаскуль Челябинской области (Федеральный закон «об энергосбережении и энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ) (влияние сильное)

Близость к потребителю (минимальные потери через теплоизоляцию). Котельная находится вблизи поселка, поэтому потери теплоты через изоляцию минимальны (влияние среднее).

Сдерживающие силы:

Большие капитальные затраты (влияние среднее).

Постоянный рост тарифов на газ. После перевооружения котельной есть вероятность повышения себестоимости тепловой энергии (влияние малое).

Проанализировав поле сил, можно сделать вывод, что движущие силы преобладают над сдерживающими. Это значит, что проект по перевооружению котельной поселка Черкаскуль Челябинской области может быть реализован и после окончания строительства государственное учреждение «Психоневрологический диспансер» а так же и 3 жилых дома будут обеспечены теплом и горячим водоснабжением.

11.6 Планирование целей отопительной котельной в дереве целей

Дерево целей представляет собой структурную модель, показывающую соподчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. Для его построения сверхзадача высшего уровня, или миссия предприятия делится на простые цели его подразделений и операционные цели его исполнителей. Цели составляются по принципу SMART.

Таким образом, «умная» цель должна быть конкретной, измеримой, значимой, достижимой и соотноситься с определенным сроком.

Дерево целей проекта технического перевооружения котельной представлено на демонстрационном плакате.

Метод «дерева целей» ориентирован на получение полной и относительно устойчивой структуры целей, проблем, направлений, т.е. такой структуры, которая на протяжении какого-то периода времени мало изменялась при неизбежных изменениях, происходящих в любой развивающейся системе. Для достижения этого при построении вариантов структуры следует учитывать закономерности целеобразования и использовать принципы и методики формирования иерархических структур целей и функций[46]

Дерево целей проекта показано на рисунке 11.2.

									Лист
									82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ				

Миссия:
 Качественное и бесперебойное теплоснабжение населения



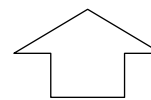
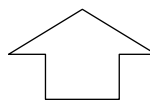
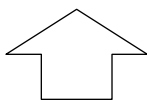
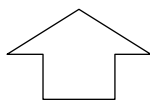
Цель проекта:
 Запустить отопительную котельную для п. Черкаскуль к 01.09.2017 г.



Цели отделов:

1.1 Проектный отдел: К 20.04.17 разработать проект перевооружения котельной.	1.2 Экономический отдел: К 15.05.17 подготовить обоснование тарифов по разработанному проекту.	1.3 Отдел снабжения: К 01.06.17 закупить оборудование.	1.4 Строительно - монтажное управление: К 01.09.17 сдать котельную.
---	---	---	--

Цели исполнителей:



1.1.1 К 15.04.17 подготовить полный комплект проектной документации. 1.1.2 К 20.04.17 согласовать и утвердить проект.	1.2.1 К 25.04.17 рассчитать капитальные затраты с учетом возможного изменения экономической ситуации. 1.2.2 К 30.04.17 рассчитать тарифы для населения. 1.2.3 К 15.05.17 согласовать тарифы с ЕТО.	1.3.1 К 01.05.17 завершить анализ поставщиков и сроков поставки оборудования. 1.3.2 К 1.06.17 закупить и получить оборудование.	1.4.1 К 01.07.17 установить котлы 1.4.2 К 01.08.17 произвести монтаж вспомогательного оборудования. 1.4.3 К 01.09.17 произвести наладку и испытания оборудования.
--	---	--	--

Рисунок 11.2- Дерево целей проекта

11.7 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

Диаграмма даёт возможность решить одну из основных задач и показать персоналу, над чем следует работать, какие ресурсы применять в процессе и с какой скоростью выполнять те или иные задачи.

В таблице представлен график Ганта, заключающий в себе этапы работ по техническому перевооружению котельной [44].

Таблица 11.6 – График Ганта

Этапы работ	2017																			
	04.17				05.17				06.1				07.17				08.17			
Разработка проекта	■																			
Расчет капитальных затрат	■				■															
Анализ поставщиков	■				■															
Расчет и согласование тарифов	■				■															
Закупка и получение оборудования	■				■															
Проведение строительных работ	■				■				■											
Монтаж оборудования	■				■				■				■							
Испытание и наладка оборудования	■				■				■				■				■			

Чтобы показать комплекс работ по реализации проекта, можно составить ленточный график работ, представленных в дереве целей. Этот график носит название графика Ганта. Он наглядно демонстрирует последовательность поставленных целей, их продолжительность и протяженность во времени реализации проекта в целом.

График Ганта представлен на плакате формата А.1.

					13.03.01.2017.267.10 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен вариант перевооружения отопительной котельной п. Черкаскуль Каслинского района Челябинской области путем установки дополнительного котла КВГМ-1,0-115 и КВГМ-0,5-115

Расчетом тепловых нагрузок определена максимальная нагрузка систем отопления и горячего водоснабжения, которая составила $Q_{сумм} = 0,938$ МВт.

Расчет тепловой схемы определил необходимую мощность котельной с учетом потерь тепла и собственных нужд, которая составила $Q_{кот} = 1,02$ МВт.

На основе расчета тепловой схемы выбран водотрубные котлы КВГМ-1,0-115 и КВГМ-0,5-115 теплопроизводительностью 1 и 0,5 МВт соответственно. Расход природного газа по расчету на максимальный зимний режим составил $0,03$ м³/с.

На основе расчетов тепловой схемы и теплообменника было выбрано вспомогательное оборудование производителей Wilo, Hydrotech, Pentek.

В разделе энергосбережения описана нормативно-правовая база и рассмотрены основные энергосберегающие технологии, примененные в работе.

В вопросах экологии рассчитан массовый выброс окислов азота, который составил для одного котла $0,108$ г/с. Для котельной выбрана дымовая труба высотой 15 м., и при данной высоте трубы рассчитаны значения приземных концентраций окислов азота, составившие соответственно в летнем и зимнем режимах $0,00388$ мг/м³ и $0,019$ мг/м³.

В разделе автоматики рассмотрены основные требования, предъявляемые к автономным источникам теплоснабжения. Разработана и описана функциональная схема автоматики котельной.

В разделе безопасность жизнедеятельности выявлены опасные и вредные производственные факторы, рассмотрены вопросы безопасности производственных процессов и оборудования.

В экономико-управленческой части произведено обоснование расширения котельной. Произведен расчет срока окупаемости, он составил 2 года.

										Лист
										85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.267.10 ПЗ					

					<i>13.03.01.2017.267.10 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89