

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент
должность

_____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент

Д.В. Ульрих

_____ 2018 г.

Теплоснабжение поселка Еткуль от блочной газовой котельной
мощностью 1,2 МВт, Челябинская область

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.03.01.2018.242.03. ПЗ ВКР

Консультанты:

Раздел «Автоматизация»

к.т.н., доцент

_____ С.В. Панфёров

_____ 2018 г.

Руководитель проекта:

Ст.преподаватель

_____ С.Л.Дегтярь

_____ 2018 г.

Автор проекта:

студент группы АС-432

_____ А.В. Буцкая

_____ 2018 г.

Нормоконтролер:

старший преподаватель

_____ Ю.В. Дорофеева

_____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Буцкая А.В. Теплоснабжение поселка Еткуль от блочной газовой котельной мощностью 1,24 МВт, Челябинская область. – Челябинск: ЮУрГУ, АСИ, 2018, с., илл.. Библиографический список – 21 наименований. 6 листов чертежей формата А1.

В дипломном проекте запроектирована закрытая система теплоснабжения и запроектирована газовая котельная мощностью 1,24 МВт, являющаяся источником теплоснабжения.

Определены тепловые нагрузки для микрорайона, по результатам расчетов построен годовой график потребления теплоты, а так же рассчитана мощность тепловых агрегатов в котельной.

Произведен гидравлический расчет сети теплоснабжения, расчет П-образных компенсаторов.

Произведен гидравлический расчет трубопроводов котельной, подобрано основное оборудование котельной, рассчитаны теплотери помещения котельной, по результатам чего подобрано оборудование для подогрева приточного воздуха.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Зав. каф.		Ульрих Д.В.			Теплоснабжение поселка Еткуль от блочной газовой котельной мощностью 1,24 МВт, Челябинская область	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.		Дорофеева Ю.В.				ДП	3	
Руководит.		Дегтярь С.Л.				ЮУрГУ ГИСиС		
Консультант		Дегтярь С.Л.						
Дипломник		Буцкая А.В.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
1.1 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха	7
1.2 Характеристика системы теплоснабжения	7
1.3 Характеристика застройки района	8
1.4 Характеристика источника теплоснабжения	8
1.4.1 Температурный график	8
1.4.2 Отопление и вентиляция котельной	9
1.4.3 Обеспечение котельной топливом	13
2 РАСЧЁТ СРЕДНЕЧАСОВЫХ И ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛА	15
2.1 Теплопроизводительность котельной	21
3 РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГОДОВОГО ГРАФИКА РАСХОДА ТЕПЛОТЫ	24
4 ТЕПЛОВАЯ СХЕМА КОТЕЛЬНОЙ	26
5 ПОДБОР ТЕПЛОАГРЕГАТОВ	27
5.1 Котел	27
5.2 Горелочные устройства	29
6 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ	33
6.1 Определение расходов теплоносителя	33
6.2 Гидравлический расчет тепловой схемы	36
7 СОСТАВ ТОПЛИВА И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ	37
7.1 Состав топлива	37
7.2 Расчет объемов продуктов сгорания топлива	37
8 РАСЧЕТ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ	42
9 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ	48
9.1 Подбор трехходовой клапан	48
9.2 Подбор фильтров	49
9.3 Подбор насосного оборудования	50
10 ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МИКРОРАЙОНА	53
10.1 Описание тепловой сети, разработка монтажной схемы	53
10.2 Гидравлический расчет тепловой сети	54
10.3 Построение пьезометрического графика системы теплоснабжения	60
10.4 Расчет П-образного компенсатора	61

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

11 АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ А	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ В	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	69

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Снабжение потребителей теплом создает комфортные условия для существования людей. Теплоснабжение абонентов должно быть надежным, чтобы создавать необходимый температурный режим помещения постоянно.

В крупных городах распространено центральное теплоснабжение, однако основным его недостатком являются большие потери теплоты во время транспортировки теплоносителя от источника до потребителя. На сегодняшний день актуальны децентрализованные источники теплоты, такие как местные котельные.

Основным преимуществом данного вида источника теплоты является снижение потерь во время транспортировки, так как зачастую котельные располагаются в непосредственной близости к снабжаемым районам. Не маловажным фактором является индивидуальная проектировка источника для каждого случая с учетом особенностей характера потребления.

В данном дипломном проекте разработанная система теплоснабжения микрорайона поселка Еткуль Челябинской области от блочной газовой котельной.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха

Рассматриваемые объекты территориально расположены в с.Еткуль Челябинской области (54° с.ш.). Параметры местности:

– расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления: $t_{от} = -34^{\circ}\text{C}$, принимается по [1, таблица1];

– расчетная температура наружного воздуха начала и окончания отопительного периода: $t_{от.пер.нач} = +8^{\circ}\text{C}$, принимается по [1, таблица1];

– расчетная температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях: $t_{в} = +21^{\circ}\text{C}$, принимается по [2, таблица1];

– расчетная средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода: $t_{от.пер.} = -6,5^{\circ}\text{C}$, принимается по [1, таблица1];

– максимальная скорость ветра за январь: $w = 4,5$ м/с, принимается по [1, таблица1];

– продолжительность отопительного периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более $+8^{\circ}\text{C}$: $z = 218$ суток, принимается по [1, таблица1];

– зона влажности территории строительства №3 – сухая, принимается по [3, приложение В];

– таблица 1.1- Таблица часов стояния наружных температур, принимается по [4, таблица 1.3];

Таблица 1.1- Таблица часов стояния наружных температур.

Продолжительность стояния температур п,ч	Температура наружного воздуха,										Всего
	-40 / -35	-35 / -30	-30 / -25	-25 / -20	-20 / -15	-15 / -10	-10 / -5	-5 / 0	0 / +5	+5 / +8	
n	7	31	147	369	573	814	942	893	860	596	5232
Σn	7	38	185	554	1127	1941	2883	3776	4636	5232	

1.2 Характеристика системы теплоснабжения

Система теплоснабжения двухтрубная, закрытая, одноконтурная.

Источником теплоснабжения является новая блочная газовая котельная, автоматизированная.

Категория потребителей тепла по надежности теплоснабжения – вторая.

В качестве теплоносителя используется вода с параметрами $T_1 = 95^{\circ}\text{C}$ – температура в подающем трубопроводе, $T_2 = 70^{\circ}\text{C}$ – температура в обратном трубопроводе. Давление в подающем трубопроводе до 0,42 МПа.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

1.3 Характеристика застройки района

К рассмотрению принят существующий микрорайон с.Еткуль, Челябинской области.

Таблица 1.2 – Характеристики застройки

№	Адрес	Объем, м3	Этажность
1	Дом жилой,ул.Горный тупик,д.12	158,8	1
2	Дом жилой,ул.Горный тупик,д.13	148,5	1
3	Дом жилой,ул.Ленина,д.1	2822	2
4	Дом жилой,ул.Ленина,д.3	4184	2
5	Дом жилой,ул.Ленина,д.4а	3048	2
6	Дом жилой,ул.Ленина,д.5	3536	2
7	Дом жилой,ул.Ленина,д.5а	2783	2
8	Дом жилой,ул.Ленина,д.6	154,4	1
9	Дом жилой,ул.Ленина,д.11	214,2	1
10	Дом жилой,ул.Ленина,д.12	132	1
11	Дом жилой,ул.Ленина,д.16	96,9	1
12	Дом жилой,ул.Набережная,д.8	3433	2
13	Дом жилой,ул.Переулок 3-й,д.2а	5512	2
14	Дом жилой,ул.Переулок 3-й,д.3-1	70,9	1
15	Дом жилой,ул.Переулок 3-й,д.4	3390	2
16	Дом жилой,ул.Северная,д.26	2848	2
17	Дом жилой,ул.Северная,д.26а	91,2	1

1.4 Характеристика источника теплоснабжения

Источником теплоснабжения является новая газовая котельная установленной мощностью 1,24 МВт.

1.4.1 Температурный график

Температурный график строится с целью расчета минимально необходимой температуры теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети для обеспечения заданной температуры внутреннего воздуха у потребителя для соответствующей температуры наружного воздуха. Построен в программе «Zulu Termo». Результаты расчета представлены на рисунке 1.4 – Температурный график.

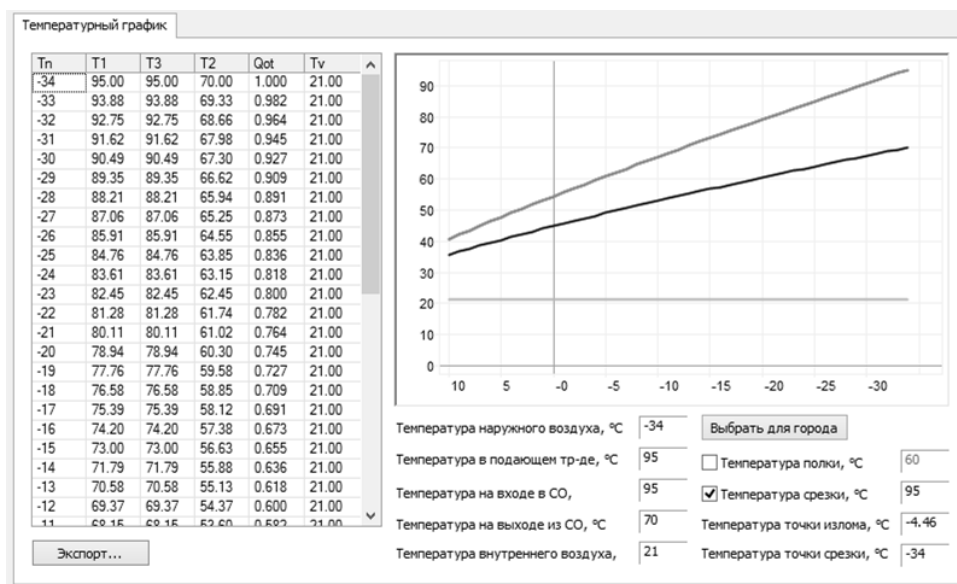


Рисунок 1.4 – Температурный график

В программу заносятся исходные данные:

1. $t_n = -34^\circ\text{C}$ – расчетная температура наружного воздуха для расчета СО;
2. $T_1 = 95^\circ\text{C}$ – температура подающего трубопровода СО;
3. $T_2 = 70^\circ\text{C}$ – температура обратного трубопровода СО;
4. $T_3 = 95^\circ\text{C}$ – температура на выходе из котла;
5. $t_b = +21^\circ\text{C}$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещения;

Температура срезки – максимальная температура теплоносителя в подающем трубопроводе для поддержания заданные температуры внутреннего воздуха в помещении для периода с $t_n = -34^\circ\text{C}$, в нашем случае 95°C .

В результате расчета получаем:

Диапазон качественного регулирования, в котором указана температура теплоносителя в подающем трубопроводе, соответствующая каждой температуре наружного воздуха с интервалом в 1°C .

1.4.2 Отопление и вентиляция котельной

Помещение котельной без постоянного присутствия персонала. Согласно [5] температура внутреннего воздуха помещения котельной не ниже $+5^\circ\text{C}$, в нашем случае по проекту принимается $+12^\circ\text{C}$ для нормального протекания процесса горения и работы оборудования водоподготовки, относительная влажность воздуха в котельной 60%.

Для определения расходов тепла на нужды отопления котельной составляем баланс теплоступлений и теплопотерь.

Теплопоступления:

- от воздухонагревателя Q_{CO} ;
- от горячих трубопроводов и оборудования котельной $Q_{об}$.

Теплопотери:

- потери через наружные ограждающие конструкции $Q_{НОК}$;
- тепло на нагрев приточного воздуха необходимого для горения топлива и однократного воздухообмена $Q_{вент}$.

Мощность системы отопления определяется по формуле

$$Q_{CO} = Q_{НОК} + Q_{вент} - Q_{об} \quad (1.1)$$

Определим теплопотери через наружные ограждающие конструкции:

$$Q_i = A_i \cdot K_i \cdot (t_B - t_H) \cdot n_i \cdot (1 + \Sigma \beta_i), \quad (1.2)$$

где A_i – расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

K_i – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$;

t_B – расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ C$;

t_H – расчетная температура наружного воздуха, $^\circ C$, принимается согласно [1];

n_i – коэффициент, учитывающий фактическое понижение разности температуры для ограждения, которое отделяет отапливаемое помещение от неотапливаемого;

β_i – коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери.

Теплопотери через стены и кровлю:

Материал стены – трехслойная сэндвич-панель стеновая с утеплением из пенополиуретана, толщина 100 мм, сопротивление теплопередаче $R_{ст} = 4,17 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$;

Материал кровли – трехслойная сэндвич-панель кровельная с утеплением из пенополиуретана, толщина 100 мм, сопротивление теплопередаче $R_{пок} = 4,17 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$.

Теплопотери через окна:

В котельной суммарная площадь окон равная площади легкобросываемых конструкций согласно [5] принимается не менее $0,03 m^2$ на $1 m^3$ объема котельной. Объем котельной равен $135,7 m^3$. Суммарная площадь остекления $4,1 m^2$. К установке принимаем окна ПВХ с толщиной стекла 3 мм. Количество окон: 3 шт размером $1,25m \times 1,25m$. Сопротивление теплопередаче $R_{ок} = 0,65 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$.

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР				

Теплопотери через двери:

Наружная дверь – стальная утепленная, открывается наружу, размер 2м x 0,8 м, сопротивление теплопередаче $R_{дв} = 0,9 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$.

Теплопотери через пол:

Расчет пола по грунту производится с помощью деления поверхности пола на полосы шириной 2м вдоль наружных стен. Так как ширина пола котельной равна 3,2м, то вся поверхность пола принадлежит к первой зоне с сопротивлением теплопередаче неутепленного пола $R_{нп} = 2,1 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$. Для установки блочно-модульной котельной предварительно готовится фундамент из бетона с прокладкой арматуры для придания жесткости. Бетон заливается на попеременно уложенные слои щебня и песка, покрытые гидроизоляцией. Блочная котельная имеет многослойный пол, состоящий из листа стали толщиной 2мм, негорючих полужестких плит из минеральной ваты толщиной 150мм, листа стали толщиной 5 мм. Тогда сопротивление теплопередаче пола будет равно сумме сопротивления теплопередаче слоев и пола по грунту.

$$R_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}, \quad (1.3)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$.

Тогда

$$R_{п} = 2,1 + \frac{0,002}{45} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,005}{45} = 4,1 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}, \quad (1.4)$$

Таким образом, $Q_{НОК} = 2415$ Вт.

Расчеты тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции представлены в приложении Б.

Теплопотери на нагрев приточного воздуха.

В котельной предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция с естественным побуждением. Расход приточного воздуха определяется согласно [6] из расчета одинарного воздухообмена для компенсации вытяжки и воздуха необходимого для горения. Приточный воздух поступает через решетки ПЕ (по проекту 2 шт 350x950,

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$L=1820,8 \text{ м}^3/\text{ч}$). Согласно [6] размер решеток принимается исходя из обеспечения скорости в живом сечении не более $1,5 \text{ м/с}$. Вытяжка обеспечивается через дефлектор ВЕ (диаметр 160, $L=135,7 \text{ м}^3/\text{ч}$).

$$L_{\text{гор}} = V_{\text{в}}^0 \cdot \alpha \cdot \frac{Q \cdot 860}{Q_{\text{р}}^{\text{н}} \cdot \eta}, \quad (1.5)$$

где $V_{\text{в}}^0$ – теоретический объем воздуха на горение, $V_{\text{в}}^0=10,922 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

α – коэффициент избытка воздуха, $\alpha = 1,15$;

$Q_{\text{р}}^{\text{н}}$ – низшая теплота сгорания газового топлива, $\text{ккал}/\text{м}^3$, $Q_{\text{р}}^{\text{н}}=8640 \text{ ккал}/\text{м}^3$;

$$L_{\text{гор}} = 10,922 \cdot 1,15 \cdot \frac{1240 \cdot 860}{8640 \cdot 0,92} = 1685,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расход воздуха на однократный воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по следующей формуле

$$L_{\text{н}} = K \cdot V_{\text{п}}, \quad (1.6)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем котельного зала, принимается по исходным данным: $V_{\text{п}}=135,7 \text{ м}^3$;

K – кратность воздухообмена, $1/\text{ч}$.

$$L_{\text{н}} = 1 \cdot 135,7 = 135,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Суммарный расход воздуха:

$$L = 1685,1 + 135,7 = 1820,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Тогда, количество теплоты $Q_{\text{вент}}$, Вт, необходимое для нагрева приточного воздуха определяется по формуле

$$Q_{\text{вент}} = 0,287 \cdot c \cdot (L_{\text{гор}} + L_{\text{н}}) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot \rho, \quad (1.7)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, для теплотехнических расчетов принимается равной $1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$;

ρ – плотность воздуха, для теплотехнических расчетов принимается равной $1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °C ;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, °C , принимается согласно [1].

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР				

$$Q_{\text{вент}} = 0,287 \cdot 1,005 \cdot 1820,8 \cdot (12 - (-34)) \cdot 1,2 = 28991 \text{ Вт}$$

Теплопоступления от горячих труб и оборудования.

Теплопоступления от трубопроводов и котельного оборудования согласно [7] принимаются в размере 1% от мощности котельной при $t_{\text{н}}$.

$$Q_{\text{об}} = 0,01 \cdot Q_{\text{сумм}} \quad (1.8)$$

$$Q_{\text{об}} = 0,01 \cdot 1006 = 10 \text{ Вт}$$

Таким образом,

$$Q_{\text{со}} = 2415 + 28991 - 10 = 31386 \text{ Вт}$$

Таким образом, для поддержания заданной температуры в помещении котельной к установке принимаются водяные тепловентиляторы КЭВ-49Т3,5W2 2 шт тепловой мощностью 23,3 КВт при температурном графике 95/70 °С. Располагаются вдоль потока воздуха, поступающего из приточных решеток.

1.4.3 Обеспечение котельной топливом.

Газоснабжение котельной

Источником газоснабжения является существующий стальной надземный газопровод высокого давления (0,6 МПа) диаметром 57 мм.

Проектом предусматривается проектирование газопровода высокого давления с пропускной способностью природного газа 134,2 нм³/ч, газопровод относится ко второй категории.

Протяженность проектируемого газопровода в границах участка составляет 60м. Строительство газопровода принято открытым способом из полиэтиленовой трубы ПЭ 100 ГАЗ SDR 11 диаметром 63x5,8 мм по ГОСТ Р 50838-2009(подземная часть) и стальных труб диаметром 57x3,5 мм по ГОСТ 10704-9(выход из земли).

На месте врезки запроектирован кран шаровый КШ Ду50, на вводе в котельную – задвижка 30с41Нж Ду50.

Вдоль трассы газопровода в соответствии с [6] устанавливается охранная зона по 2 м в каждую сторону от газопровода.

Трасса внутреннего проектируемого стального газопровода предусматривает:

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

- внутренний стальной газопровод Г3 высокого давления $P < 0,6 \text{ МПа}$;
- коммерческий узел учета природного газа;
- газорегуляторную установку с регулятором давления газа RG/2MB;
- внутренний стальной газопровод Г2 среднего давления;
- продувочные стальные трубопроводы Г5.

На вводе газопровода в помещение котельной запроектирован термозапорный клапан (КТЗ), предназначенный для автоматического перекрытия подачи газа в случае пожара ($t_{\text{ср}} = 80\text{--}100^\circ\text{C}$).

После КТЗ устанавливается газовый фильтр и электромагнитный клапан, входящий в комплект системы автоматического контроля загазованности, предназначенный для отключения газа при превышении концентрации метана в воздухе котельной (10% НКПР), при превышении оксида углерода в помещении («порог 1» - 20 мг/ м^3 и «порог 2» - 100 мг/ м^3 и при отключении электроэнергии).

Аварийное топливо

В качестве основного топлива используется природный газ с $Q_{\text{нр}} = 8640 \text{ ккал/м}^3$, в качестве аварийного топлива – дизельное топливо с $Q_{\text{нр}} = 10500 \text{ ккал/кг}$. Подача дизельного топлива обеспечивается из находящейся в котельной расходной емкости объемом 1000л. Ее заполнение предусмотрено от автозаправочных цистерн или из переносных бочек емкостью 200 л, который доставляются на площадку котельной специализированным транспортом.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2 РАСЧЁТ СРЕДНЕЧАСОВЫХ И ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛА

Расчет максимальных часовых расходов тепла на отопление.

При отсутствии проектных данных максимальный тепловой поток Q_o^{\max} , МВт, может быть определен методом укрупненных показателей:

$$Q_o^{\max} = \alpha \cdot q_0 \cdot V \cdot (t_b - t_n) \cdot (1 + K_{и.р.}), \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \quad (2.1)$$

где α – поправочный коэффициент, принимается для $t_n = -34^\circ\text{C}$, по [7, таблица 2];

q_0 – удельная отопительная характеристика здания для $t_n = -30^\circ\text{C}$, принимается по [8, таблица 3];

V – объем здания по наружному обмеру, м^3 ;

t_b – расчетная температура воздуха в отапливаемом помещении, $^\circ\text{C}$, принимается по [2, таблица 1];

t_n – расчетная температура воздуха для проектирования отопления, $t_n = -34^\circ\text{C}$;

$K_{и.р.}$ – расчетный коэффициент инфильтрации, обусловленный тепловым и ветровым напором, применяется при отсутствии механической приточно-вытяжной вентиляции:

$$K_{и.р.} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot \left(1 - \frac{273 + t_n}{273 + t_b}\right) + w^2}, \quad (2.2)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

L – свободная высота здания, м ;

w – расчетная для данной местности скорость ветра в отопительный период, м/с , принимается по [9, приложение 8], $w = 4,8 \text{ м/с}$.

Расчет годовых расходов тепла на отопление.

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot Q_o^{\max} \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_n} \cdot n, \frac{\text{кДж}}{\text{ч}} \quad (2.3)$$

где $t_{ср.о}$ – средняя температура воздуха в отопительный период, $t_{ср.о} = -6,5^\circ\text{C}$, принимается по [1, таблица 1];

n – продолжительность отопительного периода, $n = 218$ суток, принимается по [1, таблица 1].

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ул. Горный тупик, д.12

$$V=158,8 \text{ м}^3, q_0=2,9 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=3,0 \text{ м}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2} = 0,058$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 2,9 \cdot 158,8 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,058) = 25\,276 \text{ кДж/ч} = 0,007 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,007 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 18,3 \text{ МВт}$$

ул. Горный тупик, д.13

$$V=148,5 \text{ м}^3, q_0=2,94 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=3,0 \text{ м}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2} = 0,058$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 2,94 \cdot 148,5 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,058) = 24\,389 \text{ кДж/ч} = 0,0068 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,0068 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 17,8 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.1

$$V=2822 \text{ м}^3, q_0=1,81 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=6,0 \text{ м}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 1,81 \cdot 2822 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 28\,776 \text{ кДж/ч} = 0,08 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,08 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 209,3 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.3

$$V=4184 \text{ м}^3, q_0=1,66 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=6,0 \text{ м}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 1,66 \cdot 4184 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 39\,128,4 \text{ кДж/ч} = 0,108 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,108 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 282,5 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.4

$$V=3048 \text{ м}^3, q_0=1,8 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=6,0 \text{ м}$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$K_{и.р.} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_o^{\max} = 0,96 \cdot 3048 \cdot 1,8 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 309091 \text{ кДж/ч} = 0,086 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,086 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 225 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.5

$$V = 3536 \text{ м}^3, q_0 = 1,76 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 6,0 \text{ м.}$$

$$K_{и.р.} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_o^{\max} = 0,96 \cdot 3536 \cdot 1,76 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 350609 \text{ кДж/ч} = 0,097 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,097 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 253,8 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.5а

$$V = 2783 \text{ м}^3, q_0 = 1,82 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 6,0 \text{ м.}$$

$$K_{и.р.} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_o^{\max} = 0,96 \cdot 2783 \cdot 1,82 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 285353 \text{ кДж/ч} = 0,079 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,079 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 206,7 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.6

$$V = 154,4 \text{ м}^3, q_0 = 2,92 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 3,0 \text{ м.}$$

$$K_{и.р.} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,058$$

$$Q_o^{\max} = 0,96 \cdot 154,4 \cdot 2,92 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,058) \cdot 10^{-6} = 25334 \text{ кДж/ч} = 0,007 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot 0,007 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 18,3 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.11

$$V = 214,2 \text{ м}^3, q_0 = 2,76 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 3,0 \text{ м.}$$

$$K_{и.р.} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,058$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$Q_0^{\max} = 0,96 \cdot 214,2 \cdot 2,76 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,058) = 32994,6 \text{ кДж/ч} = 0,009 \text{ МВт}$$

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,009 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 23,5 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.12

$$V = 132 \text{ м}^3, q_0 = 2,99 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 3,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,058$$

$$Q_0^{\max} = 0,96 \cdot 132 \cdot 2,99 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,058) = 22048 \text{ кДж/ч} = 0,006 \text{ МВт}$$

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,006 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 15,7 \text{ МВт}$$

ул. Ленина, д.16

$$V = 96,88 \text{ м}^3, q_0 = 3,1 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 3,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,058$$

$$Q_0^{\max} = 0,96 \cdot 96,88 \cdot 3,1 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,058) = 16763 \text{ кДж/ч} = 0,0046 \text{ МВт}$$

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,0046 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 12 \text{ МВт}$$

ул. Набережная, д.8

$$V = 3433 \text{ м}^3, q_0 = 1,77 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 6,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_0^{\max} = 0,96 \cdot 3433 \cdot 1,77 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 342330 \text{ кДж/ч} = 0,095 \text{ МВт}$$

$$Q_0^{\text{год}} = 24 \cdot 0,095 \cdot \frac{21 - (-6,5)}{21 - (-34)} \cdot 218 = 248,5 \text{ МВт}$$

Переулок 3-й, д.2а

$$V = 5512 \text{ м}^3, q_0 = 1,57 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L = 6,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}} = 10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273 + (-34)}{273 + 21}\right) + 4,8^2} = 0,067$$

$$Q_0^{\max} = 0,96 \cdot 5512 \cdot 1,57 \cdot (21 - (-34)) \cdot (1 + 0,067) = 487537 \text{ кДж/ч} = 0,135 \text{ МВт}$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,135 \cdot \frac{21-(-6,5)}{21-(-34)} \cdot 218=353,2 \text{ МВт}$$

Переулок 3-й, д.3-1

$$V=70,9 \text{ м}^3, q_0=3,1 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=3,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2}=0,058$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 70,9 \cdot 3,1 \cdot (21-(-34)) \cdot (1+0,058)=12278 \text{ кДж/ч}=0,0034 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,0034 \cdot \frac{21-(-6,5)}{21-(-34)} \cdot 218=8,9 \text{ МВт}$$

Переулок 3-й, д.4

$$V=3390 \text{ м}^3, q_0=1,77 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=6,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2}=0,067$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 3390 \cdot 1,77 \cdot (21-(-34)) \cdot (1+0,067)=338042 \text{ кДж/ч}=0,094 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,094 \cdot \frac{21-(-6,5)}{21-(-34)} \cdot 218=246 \text{ МВт}$$

ул. Северная, д.26

$$V=2848 \text{ м}^3, q_0=1,82 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=6,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2}=0,067$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 2848 \cdot 1,82 \cdot (21-(-34)) \cdot (1+0,067)=292018 \text{ кДж/ч}=0,081 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,081 \cdot \frac{21-(-6,5)}{21-(-34)} \cdot 218=212 \text{ МВт}$$

ул. Северная, д.26а

$$V=91,2 \text{ м}^3, q_0=3,1 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}, L=3,0 \text{ м.}$$

$$K_{\text{и.р.}}=10^{-2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot \left(1 - \frac{273+(-34)}{273+21}\right) + 4,8^2}=0,058$$

$$Q_o^{\text{max}}=0,96 \cdot 91,2 \cdot 3,1 \cdot (21-(-34)) \cdot (1+0,058)=15793 \text{ кДж/ч}=0,0044 \text{ МВт}$$

$$Q_o^{\text{год}}=24 \cdot 0,0044 \cdot \frac{21-(-6,5)}{21-(-34)} \cdot 218=11,5 \text{ МВт}$$

											Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР						

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.1 – Сводная таблица часовых расходов тепла.

Таблица 2.1 – Сводная таблица часовых расходов тепла

№	Наименование потребителя	Расход тепла в МВт				Температура воздуха	Время работы системы Z, час
		Отопление	Вентиляция	ГВС	Технология		
1	Дом жилой, ул. Горный тупик д. 12	0,007	-	-	-	21	24
2	Дом жилой, ул. Горный тупик д. 13	0,0068	-	-	-	21	24
3	Дом жилой, ул. Ленина д. 1	0,08	-	-	-	21	24
4	Дом жилой, ул. Ленина д. 3	0,108	-	-	-	21	24
5	Дом жилой, ул. Ленина д. 4а	0,086	-	-	-	21	24
6	Дом жилой, ул. Ленина д. 5	0,097	-	-	-	21	24
7	Дом жилой, ул. Ленина д. 5а	0,079	-	-	-	21	24
8	Дом жилой, ул. Ленина д. 6	0,007	-	-	-	21	24
9	Дом жилой, ул. Ленина д. 11	0,009	-	-	-	21	24
10	Дом жилой, ул. Ленина д. 12	0,006	-	-	-	21	24
11	Дом жилой, ул. Ленина д. 16	0,0046	-	-	-	21	24
12	Дом жилой, ул. Набережная д. 8	0,095	-	-	-	21	24
13	Дом жилой, ул. Переулок 3-й д. 2а	0,135	-	-	-	21	24
14	Дом жилой, ул. Переулок 3-й д. 3-1	0,0034	-	-	-	21	24
15	Дом жилой, ул. Переулок 3-й д. 4	0,094	-	-	-	21	24
16	Дом жилой, ул. Северная д. 26	0,081	-	-	-	21	24
17	Дом жилой, ул. Северная д. 26а	0,0044	-	-	-	21	24
	Сумма	0,9032	-	-	-		
	Сумма с учетом 5% потерь в тепловых сетях	0,948	-	-	-		

Таким образом, расход тепла на нагрев теплоносителя для системы отопления с учетом 5% потерь в тепловых сетях равен $Q_{CO}=0,948$ МВт.

Затраты теплоты на собственные нужды котельной складываются из затрат на подогрев питательной воды и теплоснабжения установки А1.

$$Q_{\text{собств.н.}} = Q_{\text{подпит}} + Q_{A1} \quad (2.4)$$

Затраты теплоты на подогрев питательной воды принимаем $Q_{\text{подпит}}=0,035$ МВт.

Затраты теплоты на теплоснабжение установки А1:

Установка А1 представляет собой два водяных тепловентилятора для подогрева воздуха в котельной до $+12^{\circ}\text{C}$. Подключается к сети с параметрами 95/70 $^{\circ}\text{C}$. $Q_{A1}=0,047$ МВт.

$$Q_{\text{собств.н.}} = 0,035 + 0,047 = 0,082 \text{ МВт}$$

2.1 Теплопроизводительность котельной

Теплопроизводительность котельной складывается из теплотрат на систему отопления и собственные нужды котельной:

$$Q_{\text{сумм}} = Q_{\text{СО}} + Q_{\text{собст.н.}} \quad (2.5)$$

$$Q_{\text{сумм}} = 0,948 + 0,082 = 1,03 \text{ МВт}$$

Теплопроизводительность котельной согласно [5, пункт 4.15], должна определяться для трех режимов:

- максимального – при температуре наружного воздуха в наиболее холодную пятидневку с обеспеченностью 0,92 (расчетная для отопления);
 - среднего – при средней температуре наружного воздуха наиболее холодного месяца (расчетная для вентиляции);
 - минимального – при минимальной нагрузке горячего водоснабжения (в нашем случае затраты на систему горячего водоснабжения отсутствуют);
- Помимо обязательных режимов рассмотрим теплопроизводительность при средней температуре наружного воздуха за отопительный период и при температуре начала отопительного периода.

Теплопроизводительность котельной Q' , МВт определяется для нескольких расчетных режимов работы котельной:

Максимальный зимний режим – $t_{\text{н}} = -34^{\circ}\text{C}$;

При температуре наиболее холодного месяца (январь) – $t_{\text{н}} = -15,8^{\circ}\text{C}$;

При средней температуре отопительного периода – $t_{\text{н}} = -6,5^{\circ}\text{C}$;

При температуре начала отопительного периода – $t_{\text{н}} = +8^{\circ}\text{C}$;

Определим расход теплоты на систему отопления для разных режимов:

$$Q' = \frac{Q \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{макс}})} \quad (2.6)$$

где Q – теплопроизводительность котельной в максимальном зимнем режиме при $t_{\text{н}} = -34^{\circ}\text{C}$, $Q = 0,948 \text{ МВт}$;

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха в помещении, $t_{\text{в}} = +21^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха для рассчитываемого режима, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{н}}^{\text{макс}}$ – температура наружного воздуха для максимального зимнего режима, $t_{\text{н}}^{\text{макс}} = -34^{\circ}\text{C}$.

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$Q = 0,948 \text{ МВт};$$

$$Q' = \frac{0,948 \cdot (21 - (-15,8))}{(21 - (-34))} = 0,634 \text{ МВт};$$

$$Q' = \frac{0,948 \cdot (21 - (-6,5))}{(21 - (-34))} = 0,474 \text{ МВт};$$

$$Q' = \frac{0,948 \cdot (21 - 8)}{(21 - (-34))} = 0,224 \text{ МВт};$$

Определим расход теплоты на собственные нужды котельной для каждого периода:

$$Q'_{\text{собств.н.}} = Q_{\text{подпит.}} + \frac{Q_{A1} \cdot (t_B - t_H)}{(t_B - t_H^{\text{макс}})} \quad (2.7)$$

$$Q'_{\text{собств.н.}} = 0,082 \text{ МВт}$$

$$Q'_{\text{собств.н.}} = 0,035 + \frac{0,047 \cdot (21 - (-15,8))}{(21 - (-34))} = 0,067 \text{ МВт}$$

$$Q'_{\text{собств.н.}} = 0,035 + \frac{0,047 \cdot (21 - (-6,5))}{(21 - (-34))} = 0,0585 \text{ МВт}$$

$$Q'_{\text{собств.н.}} = 0,035 \text{ МВт, так как не требуется теплоснабжение установки A1.}$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.2 – Теплопроизводительность котельной при разных режимах работы.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 2.2 – Теплопроизводительность котельной при разных режимах работы

Расчетный режим	Теплопроизводительность котельной, МВт			
	Расход теплоты на СО	Расход теплоты на ГВС	Расход теплоты на собственные	Общий расход теплоты
Максимально-зимний режим $t_n = -34^\circ\text{C}$	0,948	-	0,082	1,030
При средней температуре наиболее холодного месяца $t_n = -15,8^\circ\text{C}$	0,634	-	0,067	0,701
Средняя температура отопительного периода $t_n = -6,5^\circ\text{C}$	0,474	-	0,059	0,533
Температура начала отопительного периода $t_n = +8^\circ\text{C}$	0,224	-	0,035	0,259

3 РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГОДОВОГО ГРАФИКА РАСХОДА ТЕПЛОТЫ

График, построенный графоаналитическим способом, состоит из двух частей: вспомогательной (левой, строится в осях $Q-t_n$) и основной (правой, строится в осях $Q-\sum n$). Так как в нашем случае нагрузки на вентиляцию и горячее водоснабжение нет, то график строится только для отопления, а суммарная нагрузка будет равна нагрузке на отопление. Во вспомогательной части строится график зависимости часовых расходов теплоты на отопление от наружной температуры. График является прямой, а значит строится через две точки:

1) значение тепловой нагрузки для $t_n = -34^\circ\text{C}$ соответствует суммарному расчетному значению с учетом потерь, определяется по таблице 2.2 и равно $Q_o^{\max} = 0,948\text{МВт}$.

2) значение расчетной нагрузки на СО для $t_n = +8^\circ\text{C}$ определим по таблице 2.2 $Q_{\text{CO}} = 0,224\text{МВт}$

Для построения основной части графика необходимо определить продолжительность стояния различных температур для г. Челябинска во время отопительного периода по [4, таблица 1.3].

Таблица 3.1– Продолжительность стояния температур

Продолжительность стояния температур п,ч	Температура наружного воздуха,										Всего
	-40 / -35	-35 / -30	-30 / -25	-25 / -20	-20 / -15	-15 / -10	-10 / -5	-5 / 0	0 / +5	+5 / +8	
n	7	31	147	369	573	814	942	893	860	596	5232
$\sum n$	7	38	185	554	1127	1941	2883	3776	4636	5232	

Значение повторяемости температур откладываются по оси абсцисс, соответствующее значение ординаты для каждой точки определяются с помощью графика $Q_{\text{сумм}} = f(t_n)$. Соединяя полученные точки плавной кривой линией, получаем график отпуска теплоты в течение отопительного сезона. Так как в летний период нагрузка на отопление нулевая, то опускаем из точки, соответствующей нагрузке на 5232ч, вертикальную линию вниз до нуля.

Площадь фигуры, ограниченной осями координат и графиком, выражает в масштабе годовой расход теплоты, ГДж/год:

$$Q_{\text{год}} = f \cdot M, \quad (3.1)$$

где f – количество масштабных клеток под линией графика мм^2 или см^2 ;

М – масштабный коэффициент, выражающий количество теплоты в ГДж, приходящееся на принятую единицу площади (масштабную клетку);

В нашем случае площадь фигуры, ограниченной осями и графиком, равна 22437 мм²;

За масштабную клетку примем квадрат со стороной 5 мм, по вертикальной оси 5 мм будут соответствовать 0,025 МВт, по горизонтальной оси 5 мм будет соответствовать 125 ч. Тогда клетка имеет площадь 25 кв мм, что соответствует 3,125 МВт·ч. Соответственно 1 масштабная клетка площадью 25 мм², соответствует 3,125 МВт. М=3,125 МВт.

Определим показатели для нанесения их на график:

Среднечасовой расход теплоты, МВт/ч:

$$Q_{\text{ср.ч}} = \frac{Q_{\text{год}}}{Z_{\text{год}}}, \quad (3.2)$$

где $Q_{\text{год}}$ - годовой расход теплоты, МВт/год;

$Z_{\text{год}}$ – количество часов в году, $Z_{\text{год}}=365 \cdot 24=8760$ ч.

$$Q_{\text{ср.ч}} = \frac{2770}{8760} = 0,32 \text{ МВт}$$

Число часов сжигания максимума:

$$Z_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{год}}}{Q_{\text{max}}^{\text{сумм}}} \quad (3.3)$$

$$Z_{\text{max}} = \frac{2770}{0,966} = 2868 \text{ ч}$$

Итоговый график приведен в Приложении А.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

4 ТЕПЛОВАЯ СХЕМА КОТЕЛЬНОЙ

В котельной устанавливается водогрейный котел REX DUAL, состоящий из двух блоков, каждый из которых может работать отдельно. Для каждого блока подобрана горелка, одна из которых обеспечивает работу блока на газовом топливе, вторая – комбинированная, обеспечивается работу котла на газовом топливе, а в случае невозможности использования газа на аварийном топливе (дизельном топливе). Вторая горелка посредством трубопровода соединена с баком для аварийного топлива. В котельной установлена расходная емкость для дизельного топлива объемом 1000л. Для поддержания температуры на входе в котел не менее 75°C предусмотрен циркуляционный насос фирмы «Wilо». Для циркуляции теплоносителя в контуре отопления предусмотрены два сетевых насоса (основной и резервный) фирмы «Wilо». Качественное регулирование в котельной осуществляется с помощью трехходового клапана, установленного на подающем трубопроводе. Ввод воды для подпитки осуществляется из водопровода (для зимнего периода $t_{\text{исх}}=5^{\circ}\text{C}$,для летнего периода $t_{\text{исх}}=15^{\circ}\text{C}$). Для подготовки подпиточной воды в котельной устанавливается водоподготовительная установка, включающая в себя автоматическую установку умягчения периодического действия, где из воды удаляются соли жесткости, фильтр – осветитель и установка дегазации воды. Подготовленная воды поступает в бак объемом 2 м^3 , из которого с помощью повысительного насоса (предусмотрено два: основной и резервный) подается в сеть. Для учета тепла в котельной установлен теплосчетчик фирмы «Карат». Трубопровода в котельной прокладываются с уклоном не менее $0,002$ в сторону движения теплоносителя.

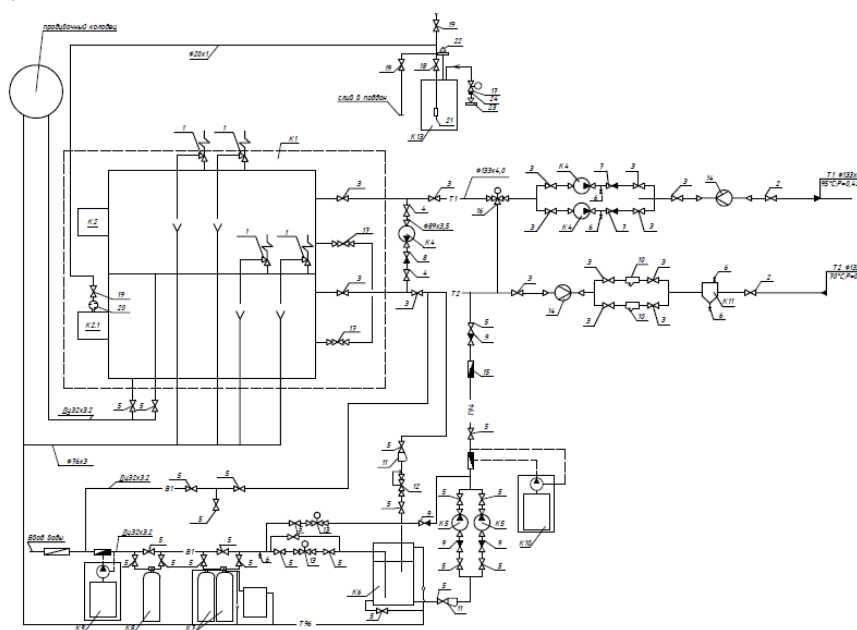


Рисунок 4 – Тепловая схема котельной

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

5 ПОДБОР ТЕПЛОАГРЕГАТОВ

5.1 Котел

Суммарная требуемая мощность котельной равна сумме затрат теплоты на нагрев воды для системы отопления и воды на собственные нужды котельной в зимний период при $t_n = -34^\circ\text{C}$:

$$Q_{\text{сумм}} = Q_{\text{СО}} + Q_{\text{подпит}} \quad (5.1)$$

$$Q_{\text{сумм}} = 0,948 + 0,047 = 1,03 \text{ МВт}$$

К установке принимаем котел REX DUAL 124 фирмы ICI CALDAIE тепловой мощностью 1240 кВт. Котел состоит из двух одинаковых по мощности блоков (620 кВт каждый) вертикальной компоновки с единой панелью управления. Каждый из блоков может работать автономно, то есть возможно частичное функционирование котла, для этого на панели управления количество всех контролируемых приборов удвоено. Котлы оборудуются надувными горелками, то есть смешение газа и воздуха происходит непосредственно в топке. Характеристики котла представлены в таблице 5.1 – Технические характеристики котла REX DUAL 124. Внешний вид котла представлен на рисунке 5.1 – Внешний вид котла REX DUAL (вертикальное исполнение). Чертеж котла с указанием размеров представлен на рисунке 5.2 – Чертеж котла REX DUAL 124.

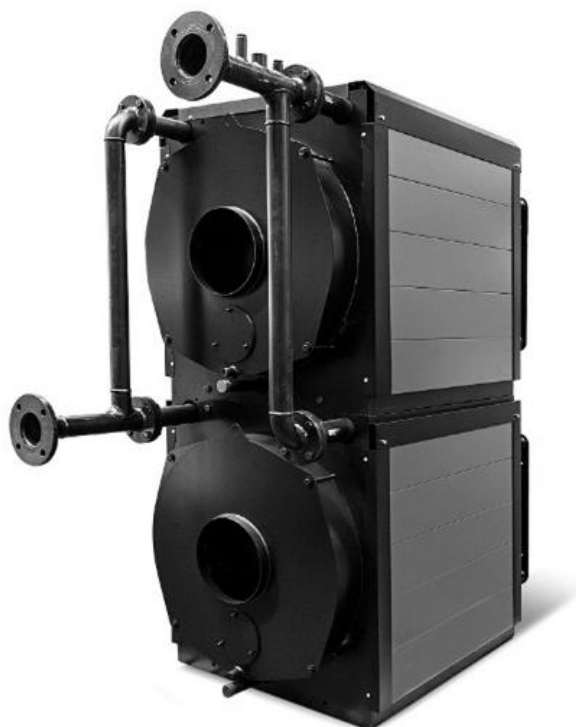


Рисунок 5.1 – Внешний вид котла REX DUAL 124 (вертикальное исполнение)

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 5.1 – Технические характеристики котла REX DUAL 124

Номинальная мощность, кВт	1240
Мощность топки, кВт	1344
Коэффициент полезного действия, %	92,26
Противодавление газового тракта, мбар	6,4
Гидравлическое сопротивление водяного тракта, кПа	2,7
Максимальное давление воды на выходе из котла при температуре 110°С, бар	5
Максимальная температура воды на выходе из котла, °С	110
Температура уходящих газов, °С	190
Вес котла без воды, кг	1925
Объем воды, л	1290

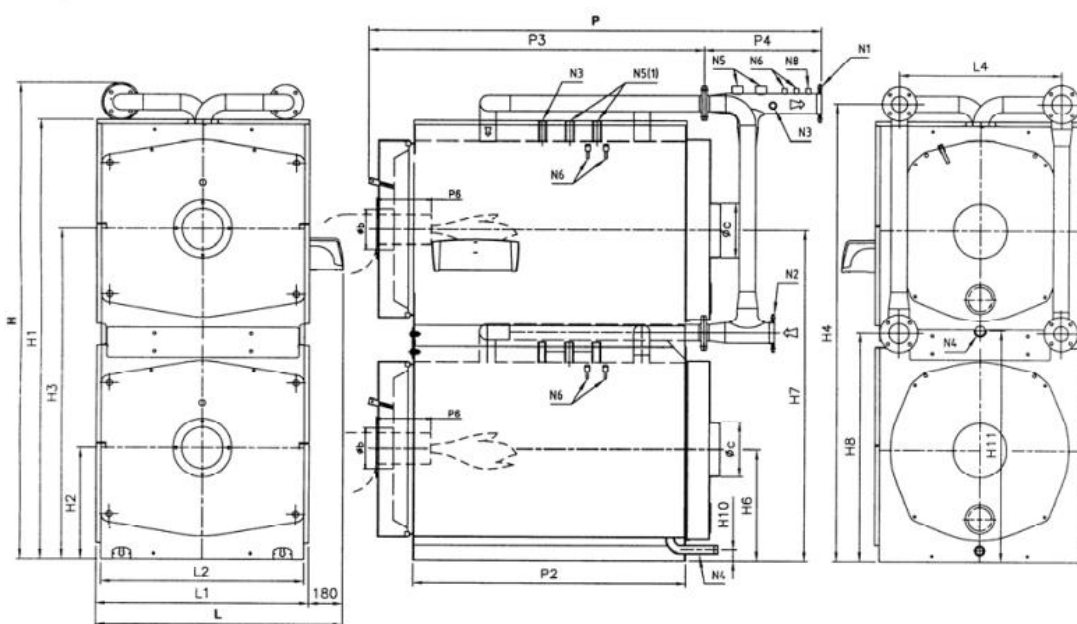


Рисунок 5.2 – Чертеж котла REX DUAL 124

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР

Лист

5.2 Горелочные устройства

Каждый из блоков котла оборудован своей горелкой. Так как в паспорте указана мощность топки для всего котла, а блоки котла идентичны, то данные из паспорта котла делятся пополам для получения необходимой мощности для каждой горелки.

Исходные данные для подбора горелок:

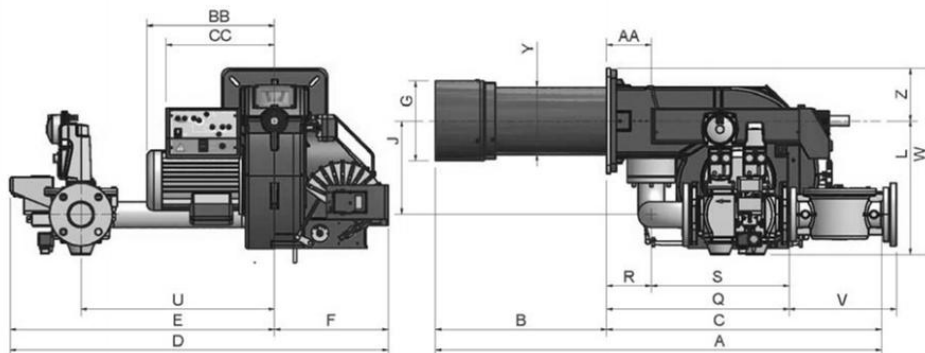
- мощность топки $1344/2=672$ кВт;
- аэродинамическое сопротивление газового тракта 6,4 мбар;

Первый блок оборудуется газовой горелкой CIB UNIGAS TECNOPRESS P65M.AB.S.RU.A.0. Внешний вид горелки с соответствующими характеристиками представлен на рисунке 5.3, габаритные размеры с указанием на чертеже – на рисунке 5.4.



Тип	Модель	Мощность кВт		Электрическое питание	Двигатель вентилятора кВт	Присоединительные размеры по газу
		мин.	макс.			
P65	M-xx.x.xx.A.0.xx	270	970	230/400 В 3N AC	1,5	1"1/2 - 2" - DN65

Рисунок 5.3 – Внешний вид горелки CIB UNIGAS TECNOPRESS P65M.AB.S.RU.A.0



Тип	Модель	Габаритные размеры (мм)																												
		AS	AL	AA	BS	BL	BB	C	CC	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	U	V	W	Y	Z	
P65	M-xx.x.xx.A.0.40	1129	1219	130	326	416	373	803	316	900	568	332	184	218	208	300	376	M10	330	216	250	233	457	130	327	519	-	531	198	155

Рисунок 5.4 – Габаритные горелки CIB UNIGAS TECNOPRESS P65M.AB.S.RU.A.0
 Максимальная рабочая точка горелки попадает в поле характеристики горелки рисунок 5.5. Следовательно горелка подобрана верно.

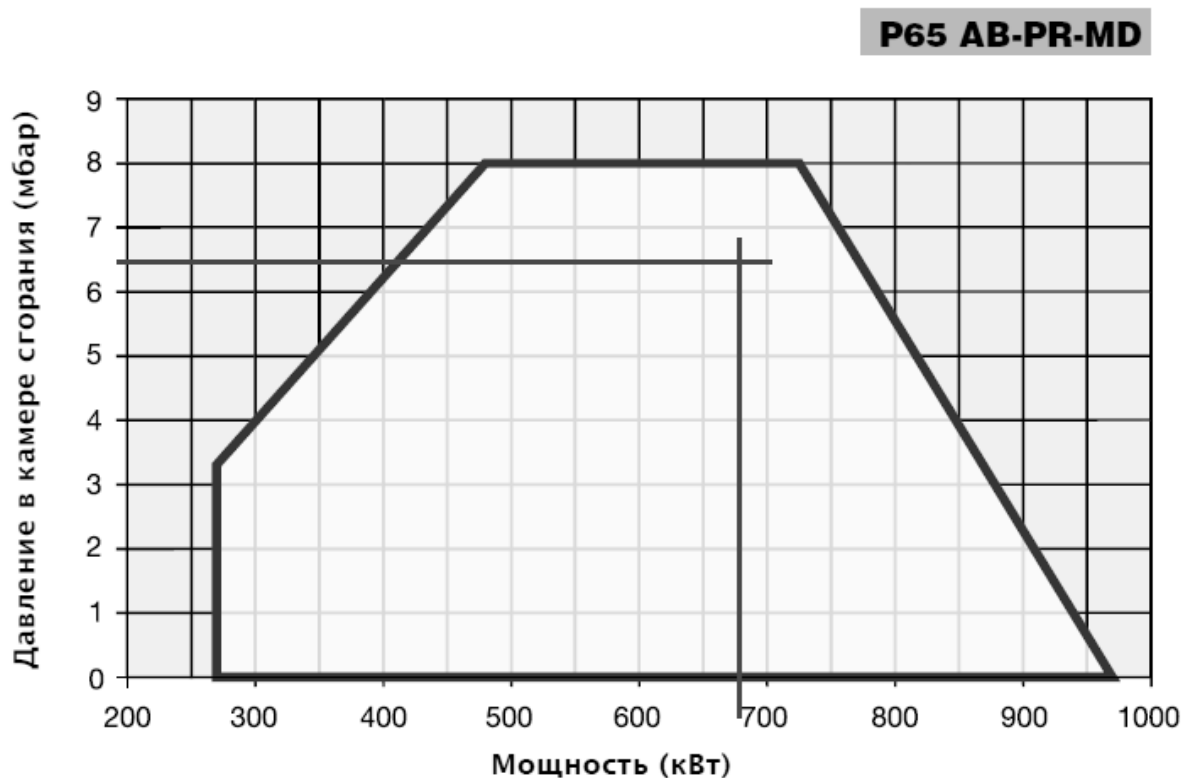


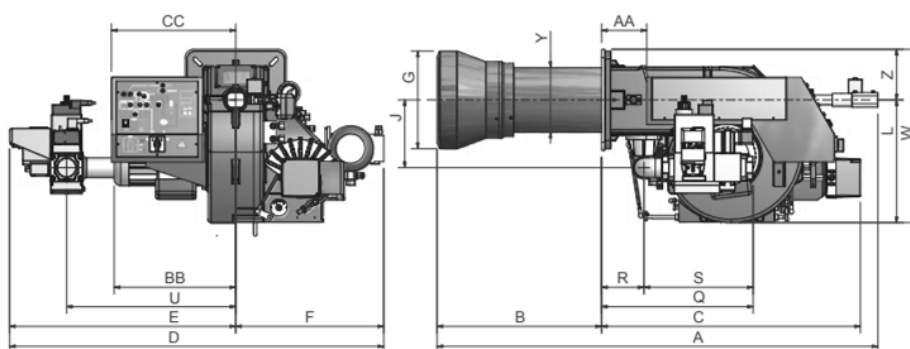
Рисунок 5.5 – Поле характеристики горелки CIB UNIGAS TECNOPRESS P65M.AB.S.RU.A.0

Второй блок оборудуется комбинированной горелкой (два вида топлива: природный газ и дизельное топливо) CIB UNIGAS HP65MG.AB.S.RU.A.0 с плавно-двухступенчатым регулированием. Эта горелка способна использовать несколько видов топлива, как газообразных, так и жидких в полуавтоматическом или полностью автоматическом режиме, гарантируя, тем самым, непрерывную работу котельной или технологического процесса без опасных прерываний работы на смену топлива. Внешний вид горелки с соответствующими характеристиками представлен на рисунке 5.6, габаритные размеры с указанием на чертеже – на рисунке 5.7.



Тип	Модель	Мощность кВт		Электрическое питание	Двигатель вентилятора кВт	Двигатель насоса кВт	Присоединительные размеры по газу
		мин.	макс.				
HP65	MG.xx.S.xx.A.x.xx	270	970	230/400 В 3NAC	1,50	0,55	1"1/2 - 2" - DN65

Рисунок 5.6 – Внешний вид горелки CIB UNIGAS HP65MG



Тип	Модель	Габаритные размеры (мм)																												
		AS	AL	AA	BS	BL	BB	C	CC	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	U	V	W	Y	Z	
HP65	MG.xx.S.xx.A.1.40	1156	-	139	362	-	347	794	380	1148	694	454	240	280	208	300	376	M10	330	216	250	233	457	130	327	519	-	531	162	155

Рисунок 5.7 – Габаритные горелки CIB UNIGAS HP65MG

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР

Лист

Рабочая точка горелки попадает в поле характеристики горелки рисунок 5.8. Следовательно горелка подобрана верно.

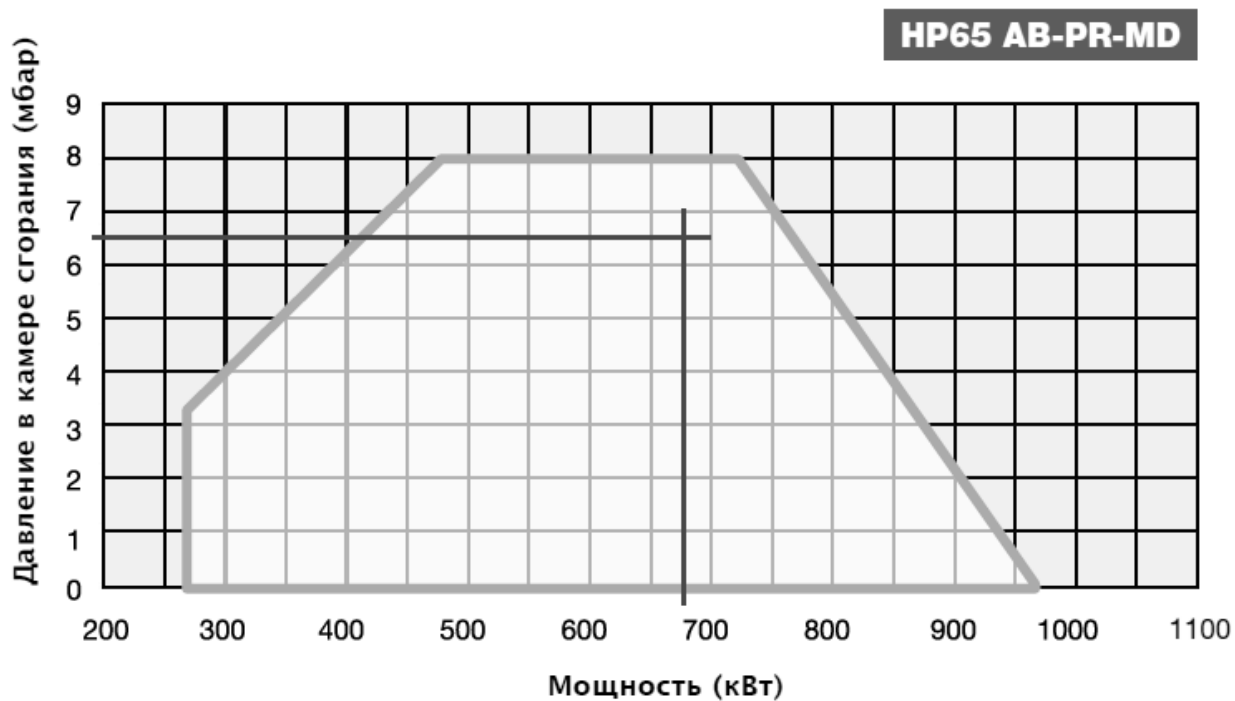


Рисунок 5.8 – Поле характеристики горелки CIB UNIGAS HP65MG

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР

Лист

6 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ

6.1 Определение расходов теплоносителя

Максимальный массовый расчетный расход теплоносителя на отопление $G_{o.max}$, т/ч в закрытой системе теплоснабжения определяется по формуле

$$G_{o.max} = \frac{3600 \cdot Q_{o.max}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \quad (6.1)$$

где $Q_{o.max}$ – максимальный тепловой поток, МВт;

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

τ_1, τ_2 – температура теплоносителя в подающей и обратной магистралях соответственно, $\tau_1 = 95^\circ\text{C}, \tau_2 = 70^\circ\text{C}$.

Рассчитаем массовый расход теплоносителя для потребителя №1, расположенного по адресу ул. Горный тупик, д. 12:

$$G_{o.max} = \frac{3600 \cdot 0,007}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 0,24 \text{ т/ч}$$

Результаты расчета для других потребителей сведены в таблицу 6.1 – Расход теплоносителя для системы отопления.

Определим среднюю плотность теплоносителя в сети:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho^{95} + \rho^{70}}{2}, \quad (6.2)$$

где ρ^{95} – плотность теплоносителя при температуре 95°C , $\rho^{95} = 961,9$ кг/м³;
 ρ^{70} – плотность теплоносителя при температуре 70°C , $\rho^{70} = 977,8$ кг/м³.

$$\rho_{cp} = \frac{961,9 + 977,8}{2} = 969,85 \text{ кг/м}^3$$

Определим объемный расход теплоносителя G_v , м³/с:

$$G_v = \frac{G_m}{\rho_{cp}} \quad (6.3)$$

Рассчитаем объемный расход теплоносителя для первого потребителя:

$$G_v = \frac{240}{969,85} = 0,25 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 6.1– Расход теплоносителя для системы отопления

№	Наименование потребителя	Массовый расход Gм, т/ч	Объемный расход Gv, м3/ч
1	Дом жилой,ул.Горный тупик,д.12	0,24	0,25
2	Дом жилой,ул.Горный тупик,д.13	0,23	0,24
3	Дом жилой,ул.Ленина,д.1	2,75	2,83
4	Дом жилой,ул.Ленина,д.3	3,71	3,83
5	Дом жилой,ул.Ленина,д.4а	2,96	3,05
6	Дом жилой,ул.Ленина,д.5	3,33	3,44
7	Дом жилой,ул.Ленина,д.5а	2,72	2,80
8	Дом жилой,ул.Ленина,д.6	0,24	0,25
9	Дом жилой,ул.Ленина,д.11	0,31	0,32
10	Дом жилой,ул.Ленина,д.12	0,21	0,21
11	Дом жилой,ул.Ленина,д.16	0,16	0,16
12	Дом жилой,ул.Набережная,д.8	3,26	3,37
13	Дом жилой,ул.Переулок 3-й,д.2а	4,64	4,78
14	Дом жилой,ул.Переулок 3-й,д.3-1	0,12	0,12
15	Дом жилой,ул.Переулок 3-й,д.4	3,23	3,33
16	Дом жилой,ул.Северная,д.26	2,78	2,87
17	Дом жилой,ул.Северная,д.26а	0,15	0,16
	Сумма	31,04	32,01
	Сумма с учетом потерь в тепловых сетях 5%	32,59	33,61
	Сумма с учетом затрат на собственные нужды	35,40	36,50

Определим расход теплоносителя на подпитку системы:

$$G_{\text{подпитки}} = \frac{3600 \cdot Q_{\text{подпитки}}}{c \cdot (\tau_2 - \tau_{\text{исх}})}, \quad (6.4)$$

где $Q_{\text{подпитки}}$ – теплотраты на нагрев воды из водопровода до температуры обратного трубопровода сети, МВт;

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

τ_2 – температура теплоносителя в обратной магистрали, $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$;

$\tau_{\text{исх}}$ – температура воды в водопроводе, для зимнего периода $\tau_{\text{исх}} = 5^\circ\text{C}$.

$$G_{\text{подпитки}} = \frac{3600 \cdot 0,035}{4,19 \cdot (70 - 5)} = 0,46 \text{ т/ч}$$

Определим расход теплоносителя на снабжение системы А1:

$$G_{A1} = \frac{3600 \cdot 0,047}{4,19 \cdot (95-70)} = 1,6 \text{ т/ч}$$

Определим рециркуляционный расход теплоносителя:

Расход на рециркуляцию принимается в размере 30% от общего расхода в контуре.

$$G_{\text{рецирк}} = 0,3 \cdot G_{o,\text{max}} \quad (6.5)$$

$$G_{\text{рецирк}} = 0,3 \cdot 35,40 = 10,37 \text{ т/ч}$$

Определим диаметры трубопроводов, принимая потери по длине не более 120 Па/м. Результаты подбора сведены в таблицу 6.2– Диаметры трубопроводов котельной.

Таблица 6.2- Диаметры трубопроводов котельной

Обозначение	Название	Расход, G, т/ч	Диаметр, мм	Удельные потери, Па/м	Скорость, м/с
T1	Подающий трубопровод тепловой сети	35,4	133x4	75	0,82
T2	Обратный трубопровод тепловой сети	35,4	133x4	75	0,82
Tr	Трубопровод линии рециркуляции	10,37	89x3,5	64	0,55
T94	Трубопровод подпиточной воды	0,46	25x2,5	109	0,42
B1	Трубопровод исходной воды	0,46	25x2,5	109	0,42

6.2 Гидравлический расчет тепловой схемы

Разобьем тепловую схему на участки рисунок 6.2 – Аксонометрическая схема котельной.

Потери в трубопроводах котельных не должны превышать 120 Па/м, ориентируясь на эту величину и на рассчитанный расход теплоносителя по номограммам [4,рисунок 4.27-4.29], определяем диаметр трубопровода, скорость теплоносителя в нем и удельные потери давления на участке. Для того, чтобы учесть местные сопротивления тепловой схемы, увеличим расчетную длину участков на 10%, получив эквивалентную длину участков. Определим потери давления на участке:

$$\Delta P = L_{\text{ЭКВ}} \cdot R_{\text{уд}}, \text{ Па} \quad (6.6)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.3 – Гидравлический расчет тепловой схемы котельной.

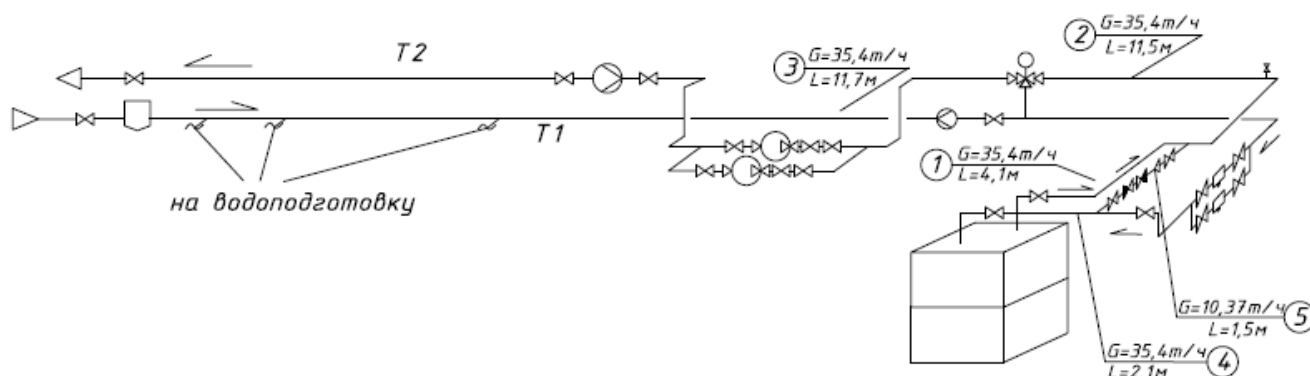


Рисунок 6.2 – Аксонометрическая схема котельной

Таблица 6.3 – Гидравлический расчет тепловой схемы котельной.

Участок	Расход G, т/ч	Длина L, м	Диаметр Dн, мм	Толщина стенки, мм	Диаметр Dв, мм	Скорость w, м/с	Удельные потери Rуд, Па/м	Эквивалентная длина Lэкв, м (10%)	Потери давления ΔP, Па	Напор ΔH, м
1	35,4	4,11	133	4	125	0,82	75	4,521	339,1	0,034
2	35,4	11,5	133	4	125	0,82	75	12,65	948,8	0,095
3	35,4	11,7	133	4	125	0,82	75	12,87	965,3	0,097
4	35,4	2,1	133	4	125	0,82	75	2,31	173,3	0,017
5	10,37	1,5	89	3,5	82	0,55	64	1,65	105,6	0,011

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР

Лист

7 СОСТАВ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОПЛИВА

7.1 Состав топлива

К расчету примем природный газ, транспортируемый газопроводом Бухара – Урал, имеющий следующий состав:

Таблица 7.1 – Состав природного газа

C_mH_n	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	N_2
%	94,0	2,8	0,4	0,3	0,1	0,4	2,0

Низшая теплота сгорания топлива: $Q_p^H = 36170 \text{ кДж/м}^3 = 8640 \text{ ккал/м}^3$;

Плотность газа: $\rho_G^c = 0,751 \text{ кг/м}^3$;

Производительность котла: $Q_k = 1240 \text{ кВт}$;

Температуры теплоносителя: $t_1 = 95^\circ\text{C}$, $t_2 = 70^\circ\text{C}$;

Температура уходящих газов: $t_{yx} = 190^\circ\text{C}$;

Температура воздуха на горение: $t_{xb} = 12^\circ\text{C}$.

7.2 Расчет объемов продуктов сгорания топлива

Теоретический объем воздуха:

$$V_B^0 = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot (CO + H_2) + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + \frac{n}{4}) \cdot C_mH_n - O_2), \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.1)$$

$$V_B^0 = 0,0476 \cdot \left(\begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,4 + 0) + 1,5 \cdot 0 + \left(1 + \frac{4}{4}\right) \cdot 94 + \\ + \left(2 + \frac{6}{4}\right) \cdot 2,8 + \left(3 + \frac{8}{4}\right) \cdot 0,4 + \left(5 + \frac{12}{4}\right) \cdot 0,1 - 0 \end{array} \right) = 9,558 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем азота:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V_B^0 \frac{N^p}{100}, \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.2)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 9,55 + \frac{2}{100} = 7,570 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем трехатомных газов:

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$V_{\text{RO}_2}^0 = 0,01 \cdot (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{H}_2\text{S} + \sum m \cdot C_m \text{H}_n), \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.2)$$

$$V_{\text{RO}_2}^0 = 0,01 \cdot (0,4 + 0 + 0 + 1 \cdot 94 + 2 \cdot 2,8 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1) = 1,029 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем водяных паров:

$$V_{\text{HO}_2}^0 = 0,01 \cdot (\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2 + \sum \frac{n}{2} \cdot C_m \text{H}_n + 0,124 \cdot d) + 0,0161 \cdot V_{\text{B}}^0, \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.3)$$

где d – влагосодержание топлива, принимаем $d=10\text{г}/\text{м}^3$ для технических расчетов.

$$V_{\text{HO}_2}^0 = 0,01 \cdot \left(0 + 0 + \frac{4}{2} \cdot 94 + \frac{6}{2} \cdot 2,8 + \frac{8}{2} \cdot 0,4 + \frac{10}{2} \cdot 0,3 + \frac{12}{2} \cdot 0,1 + 0,124 \cdot 10 \right) + 0,0161 \cdot 9,558 = 2,167 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем дымовых газов:

$$V_{\Gamma}^0 = V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0, \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.4)$$

$$V_{\Gamma}^0 = 1,029 + 7,57 + 2,167 = 10,766 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Коэффициент избытка воздуха: $\alpha_{\text{cp}} = 1,15$

Действительный объём воздуха:

$$V_{\text{B}} = V_{\text{B}}^0 + (\alpha_{\text{cp}} - 1) \cdot V_{\text{B}}^0, \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.5)$$

$$V_{\text{B}} = 9,558 + (1,15 - 1) \cdot 9,558 = 10,922 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Действительный объем водяных паров:

$$V_{\text{HO}_2} = V_{\text{HO}_2}^0 + 0,161 \cdot (\alpha_{\text{cp}} - 1) \cdot V_{\text{B}}^0, \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.6)$$

$$V_{\text{HO}_2} = 2,167 + 0,161 \cdot (1,15 - 1) \cdot 9,558 = 2,398 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Действительный объем дымовых газов:

$$V_{\Gamma} = V_{\text{HO}_2} + V_{\text{RO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}^0 + (\alpha_{\text{cp}} - 1) \cdot V_{\text{B}}^0, \text{ нм}^3/\text{м}^3 \quad (7.7)$$

$$V_{\Gamma} = 2,398 + 1,029 + 7,570 + (1,15 - 1) \cdot 9,558 = 12,430 \text{ нм}^3/\text{м}^3$$

Объемная доля водяных паров:

$$r_{\text{HO}_2} = \frac{V_{\text{HO}_2}}{V_{\Gamma}} \quad (7.8)$$

$$r_{\text{HO}_2} = \frac{2,398}{12,430} = 0,193$$

Объемная доля трехатомных газов:

$$r_{\text{RO}_2} = \frac{V_{\text{RO}_2}^0}{V_{\Gamma}} \quad (7.9)$$

$$r_{\text{RO}_2} = \frac{1,029}{12,430} = 0,083$$

Суммарная доля трехатомных газов:

$$r_{\Pi} = r_{\text{HO}_2} + r_{\text{RO}_2} \quad (7.10)$$

$$r_{\Pi} = 0,193 + 0,083 = 0,276$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 7.2 – Характеристики топлива.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 7.2 – Характеристики топлива

№	Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
1	Коэффициент избытка воздуха	α	-	1,15
2	Теоретический объем воздуха	V_B^0	нм ³ /м ³	9,55
3	Теоретический объем азота	$V_{N_2}^0$	нм ³ /м ³	7,573
4	Теоретический объем трехатомных газов	$V_{RO_2}^0$	нм ³ /м ³	1,029
5	Теоретический объем водяных паров	$V_{HO_2}^0$	нм ³ /м ³	2,131
6	Теоретический объем дымовых газов	V_{Γ}^0	нм ³ /м ³	10,729
7	Действительный объем воздуха	V_B	нм ³ /м ³	14,325
8	Действительный объем дымовых газов	V_{Γ}	нм ³ /м ³	16,267
9	Объемная доля водяных паров в продуктах сгорания	Γ_{HO_2}	-	0,178
10	Объемная доля трехатомных газов в продуктах сгорания	Γ_{RO_2}	-	0,063
11	Суммарная объемная доля водяных паров и трехатомных газов в продуктах сгорания	Γ_{Π}	-	0,241

Определим расход топлива, подаваемый в котел:

$$B = \frac{Q_{BK}}{\eta \cdot Q_H^p}, \quad (7.11)$$

где Q_{BK} – количество теплоты, полезно используемое в котельном агрегате, $\frac{\text{кДж}}{\text{с}}$;

Определяется по формуле:

$$Q_{BK} = G_{BK} \cdot (i_{TB} - i_{XB}), \quad (7.12)$$

где $G_{\text{вк}}$ – расход воды через водогрейный котел, $G_{\text{вк}} = 9,67$ кг/с;

$i_{\text{ГВ}}$ – энтальпия горячей воды на выходе из водогрейного котла;

$i_{\text{ХВ}}$ – энтальпия остывшей воды на входе в котел, определяются по формуле:

$$i_{\text{ГВ}} = 95 \cdot c_{\text{в}} = 95 \cdot 4,19 = 398,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$i_{\text{ХВ}} = 70 \cdot c_{\text{в}} = 70 \cdot 4,19 = 293,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

$$Q_{\text{вк}} = 9,67 \cdot (398,1 - 293,3) = 1013,42 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

η – КПД котельного агрегата, %;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая рабочая теплота сгорания газа, кДж/м³.

$$V = \frac{1013,42}{0,9 \cdot 36170} = 0,03 \text{ м}^3/\text{с}$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

8 РАСЧЕТ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ

Исходные данные:

Температура дымовых газов на входе в дымовую трубу – $t_{\text{дым}}=190\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Скорость дымовых газов на выходе из устья – $w_0=10\text{ м/с}$;

Расход топлива – $B=0,03\text{ м}^3/\text{с}$;

Температура наружного воздуха – $t_{\text{н}}=-34\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Низшая теплота сгорания топлива – $Q_{\text{н}}^{\text{п}}=36170\text{ кДж/м}^3$;

Теплопроизводительность котла – $Q_{\text{вк}}=0,62\text{ МВт}$.

Выбор дымовой трубы:

Расчет высоты дымовой трубы будем производить для рассеивания самого вредного вещества оксида азота NO_2 .

Количество NO_2 с уходящими газами определяется по формуле

$$M_{\text{NO}_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot k \cdot B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}} \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot (1 - \beta_2 \cdot r) \cdot \beta_3, \quad (8.1)$$

где β_1 – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние на концентрацию NO_2 , качество сжигаемого топлива, $\beta_1=1$;

β_2 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркуляции газов в зависимости от условий подачи их в топку, $\beta_2=0$;

r – степень рециркуляции инертных газов в процентах расхода дутьевого топлива, $r=0$ при отсутствии рециркуляции;

β_3 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелки, $\beta_3=1$;

k – коэффициент, характеризующий выход окислов азота на каждую тонну сжигаемого условного топлива вычисляется по формуле

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_{\text{ф}}}{20 + Q_{\text{н}}} \quad (8.2)$$

$$k = \frac{2,5 \cdot 0,57}{20 + 0,62} = 0,07 \frac{\text{кг}}{\text{т}}$$

Определим количество NO_2 с уходящими газами:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0,07 \cdot 0,03 \cdot 36170 \cdot \left(1 - \frac{1}{100}\right) \cdot (1-0) \cdot 1 = 0,003 \frac{\text{г}}{\text{с}}$$

Задаваясь скоростью дымовых газов в дымовой трубе ($w=6-10\text{ м/с}$) определяем диаметр устья трубы по формуле

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$D = \sqrt{\frac{4V_{\Gamma}^{XB}}{\pi \cdot w_0}}, \quad (8.3)$$

где $V_{\Gamma}^{XB} = V_{\Gamma} \cdot B \cdot \frac{273+\vartheta}{273} = 8,1335 \cdot 0,03 \cdot \frac{273+190}{273} = 0,41 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,41}{3,14 \cdot 10}} = 0,229 \text{ м}$$

По стандартному диаметру трубы $D_{\text{ст}}=0,25\text{м}$, определим фактическую скорость на выходе:

$$w_{\phi} = \frac{4V_{\Gamma}^{XB}}{\pi \cdot D_{\text{ст}}^2} \quad (8.4)$$

$$w_{\phi} = \frac{4 \cdot 0,41}{3,14 \cdot 0,25^2} = 8,36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Определим действительную высоту для трубы по формуле

$$H_{\text{д}} = \sqrt{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \frac{M_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \sqrt[3]{\frac{1}{V_1 \cdot \Delta T}}}, \quad (8.5)$$

где A – коэффициент температурной стратификации атмосферы для данной местности. Для районов европейской части южнее 50° с.ш. $A=200$;

F – коэффициент, учитывающий оседание частиц в воздухе, для газообразных веществ и мелких аэрозолей, $F=1$;

m, n – безразмерные коэффициенты определяются по формулам

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \text{ если } f \geq 100 \quad (8.6)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot w_{\phi}^2 \cdot D_{\text{ст}}}{(H_1^{\text{зад}})^2 \cdot \Delta T}, \quad (8.7)$$

где ΔT – разница температуры дымовых газов и наружного воздуха.

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt[2]{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \text{ если } f \leq 100 \quad (8.8)$$

$$n = 1, \text{ при } v_m > 2$$

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H^{\text{зад}}}}, \quad (8.9)$$

где V_1 – действительный объем дымовых газов на выходе, $V_1 = V_r^{\text{XB}}$.

$$\text{если } 0,5 \leq v_m \leq 2, \text{ то } n = 0,532 \cdot v_m^2 - 2,13 \cdot v_m + 3,13 \quad (8.10)$$

$$\text{если } v_m < 0,5, \text{ то } n = 4,4 v_m \quad (8.11)$$

$$\text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,04 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Максимальная приземная концентрация вредных веществ не должна превышать 10 ПДК среднесуточных в обычных районах и 8 ПДК в санитарно защитной курортной зоне.

Задаемся высотой дымовой трубы $H_1^{\text{зад}} = 10$ м.

Подставив значения, получаем:

$$f = \frac{10^3 \cdot 8,36^2 \cdot 0,25}{10^2 \cdot (190 - (-34))} = 0,78$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1^2 \sqrt{0,78} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,78}} = 0,93$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{0,41 \cdot 224}{10}} = 1,36$$

$$n = 0,532 \cdot 1,36 \cdot 1,36 - 2,13 \cdot 1,36 + 3,13 = 1,22$$

$$H_d = \sqrt{200 \cdot 1 \cdot 0,93 \cdot 1,22 \cdot \frac{0,003}{0,04} \sqrt[3]{\frac{1}{0,41 \cdot 224}}} = 1,94 \text{ м}$$

Задаемся высотой дымовой трубы $H_2^{\text{зад}} = 20$ м.

Подставив значения, получаем:

$$f = \frac{10^3 \cdot 8,36^2 \cdot 0,25}{20^2 \cdot (190 - (-34))} = 0,19$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1^2 \sqrt{0,19} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,19}} = 1,1$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{0,41 \cdot 224}{20}} = 1,1$$

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР				

$$n=0,532 \cdot 1,1 \cdot 1,1 - 2,13 \cdot 1,1 + 3,13 = 1,36$$

$$H_d = \sqrt{200 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,36 \cdot \frac{0,003}{0,04} \sqrt{\frac{1}{0,41 \cdot 224}}} = 2,23 \text{ м}$$

Графическим способом определяем высоты дымовой трубы $H_{иск}$.

Максимальная приземная концентрация вещества определяется по формуле

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot n \cdot m}{H_{иск}^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (8.13)$$

Подставив значения, получаем:

$$f = \frac{10^3 \cdot 11,7^2 \cdot 0,3}{5,2^2 \cdot 224} = 6,78$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1^2 \sqrt{6,78} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{6,78}} = 0,015$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{0,83 \cdot 224}{5,2}} = 2,14$$

$$v_m > 2, \quad n=1$$

$$C_{NO_2} = \frac{200 \cdot 0,003 \cdot 1 \cdot 1,015 \cdot 1,29}{2,1^2 \sqrt[3]{0,41 \cdot 224}} = 0,039 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$\text{ПДК}_{NO_2} = 0,04 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

$$C_{NO_2} < 10 \text{ПДК}_{NO_2}$$

$$0,039 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} < 0,4 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Условие рассеивания оксида азота выполняется.

Охлаждение дымовых газов на каждый метр дымовой трубы определяется по формуле

$$\Delta t = \frac{V^I}{\sqrt{\frac{Q_{ВК}}{1000}}}, \quad (8.14)$$

где V^I – коэффициент, учитывающий тип дымовой трубы. Для стальной изолированной трубы $V^I=0,34$.

Температура уходящих дымовых газов на выходе из дымовой трубы определяется по формуле

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$g_{yx}^{\text{II}} = g_{yx}^{\text{I}} - H_{\text{иск}} \cdot \Delta t \quad (8.15)$$

Подставив значения, получим:

$$\Delta t = \frac{0,3}{\sqrt{\frac{0,62}{1000}}} = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$g_{yx}^{\text{II}} = 190 - 2,1 \cdot 12 = 164,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$g_{yx}^{\text{ср}} = \frac{g_{yx}^{\text{I}} + g_{yx}^{\text{II}}}{2} = \frac{190 + 164,7}{2} = 177,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Величина самотяги, создаваемой дымовой трубой определяется по формуле

$$h_c = (\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{дг}}) \cdot g \cdot H_{\text{иск}} \quad (8.16)$$

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{в}}^{\text{н}} \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{л}}} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 5} = 1,269 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{дг}} = \rho_{\text{дг}}^{\text{н}} \cdot \frac{273}{273 + g_{yx}^{\text{ср}}} = 1,26 \cdot \frac{273}{273 + 177,3} = 0,76 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

подставив значения, получим:

$$h_c = (1,269 - 0,76) \cdot 9,81 \cdot 2,1 = 10,58 \text{ Па}$$

Потери давления на трение в котельном агрегате и дымовой трубе определяется по формуле:

$$\Delta h = \Delta h_{\text{тр}} + \Delta h_{\text{мест}} \quad (8.17)$$

$$\Delta h_{\text{тр}} = \frac{\lambda \cdot H_{\text{иск}} \cdot w_{\text{ф}}^2 \cdot \rho_{\text{дг}}^{\text{н}}}{2D_{\text{ст}}} \quad (8.18)$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_3}{D_{\text{ст}}} + \frac{68v}{w_{\text{ф}} \cdot D_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \quad (8.19)$$

$$\Delta h_{\text{мест}} = \frac{\sum \xi \cdot w_{\text{ф}}^2 \cdot \rho_{\text{дг}}^{\text{н}}}{2} \quad (8.20)$$

Коэффициент сопротивления котла $\sum \xi = 3,2$.

Кинематическая вязкость при $g_{yx}^{\text{ср}} = 177,3 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\nu = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

Абсолютная эквивалентная шероховатость дымовой трубы $k_3 = 0,00015$.

подставив значения, получим:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{0,00015}{0,250} + \frac{68 \cdot 2,5 \cdot 10^{-5}}{8,36 \cdot 0,25} \right)^{0,25} = 0,021$$

$$\Delta h_{\text{тр}} = \frac{0,021 \cdot 2,1 \cdot 8,36^2 \cdot 1,26}{2 \cdot 0,25} = 7,77 \text{ Па}$$

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta h_{\text{мест}} = \frac{3,2 \cdot 8,36^2 \cdot 1,26}{2} = 140,9 \text{ Па}$$

$$\Delta h = 7,77 + 140,9 = 148,7 \text{ Па}$$

$$10,58 < 148,7 \text{ Па.}$$

Самотяги дымовой трубы высотой 2,1м недостаточно для преодоления потерь давления в котле и дымовой тракте.

Определим высоту трубы для обеспечения работы котла на самотяге по формуле 8.16 :

$$h_c = 148,7 \text{ Па}$$

$$H_{\text{иск}} = \frac{148,7}{(1,269 - 0,3) \cdot 9,81} = 14,95 \text{ м}$$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

9 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ

9.1 Подбор трехходового клапана

Правильно подобранный регулирующий клапан должен обеспечить требуемое качество и точность регулирования, при этом он также должен работать в бескавитационном режиме при заданных параметрах теплоносителя.

Основными параметрами при подборе регулирующего устройства является его пропускная способность. Пропускная способность клапана K_{vs} – это расход холодной воды, проходящей через полностью открытый клапан при перепаде давлений на нем 1 бар. Пропускная способность указывается в характеристиках клапана.

В нашем случае трехходовой клапан устанавливается после котла на подающем трубопроводе и выполняет функцию качественного регулирования, то есть подмешивает теплоноситель с температурой обратного трубопровода в подающий трубопровод для снижения температуры подачи до требуемой при данной температуре наружного воздуха.

Диаметр подающего трубопровода 125 мм, расход $G=36,5 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Рассмотрим клапан регулирующий седельный трехходовой VF3 фирмы «Danfoss». По каталогу [10] определяем K_{vs} для диаметра 125мм: $K_{vs} = 220 \text{ м}^3/\text{ч}$. Характеристики клапана представлены на рисунке 9.1.

Клапан регулирующий седельный трехходовой VF3 (PN 16)

Описание
и область применения



Регулирующий клапан VF3 обеспечивает высокое качество, экономически эффективное решение для большинства водяных систем и систем охлаждения.

- Для применения с приводами:
- $D_y = 15-80 \text{ мм}$ с приводами AMV(E) 435; AME 445 (до 130 °C)
 - $D_y = 15-50 \text{ мм}$ с приводами AMV(E) 25, 35 присоединение с помощью адаптера (до 150 °C); AME

Особенности:

- Герметичное перекрытие потоков $D_y = 15-80 \text{ мм}$, 200-300 мм
- Применяются в сочетании с приводами AME 655, AME 658 SD/SU
- Могут использоваться для разделения потоков

Основные характеристики:

- Условный проход: $D_y = 15-300 \text{ мм}$
- Пропускная способность: $k_{vs} = 0,63-1250 \text{ м}^3/\text{ч}$
- Условное давление: $P_y = 16 \text{ бар}$
- Температура воды или 50% водного раствора гликоля:
 - 2 (-10°) ... 150 °C ($D_y = 15-100 \text{ мм}$)
 - 2 (-10°) ... 200 °C ($D_y = 125-150 \text{ мм}$)
 - 2 (-10°) ... 130 °C ($D_y = 200-300 \text{ мм}$)
- Фланцевые соединения $P_y = 16 \text{ бар}$
- Соответствие стандартам: Директива ЕС по оборудованию, работающему под давлением, 97/23/ЕС

* При температуре от -10 до 2 °C требуется использовать с подогревателем штока.

Рисунок 9.1 – Характеристики трехходового седельного клапана VF3

Определим перепад давления на клапане:

$$\Delta P_1 = 10 \cdot \left(\frac{G_p}{K_{vs}} \right)^2, \quad (9.1)$$

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta P_1 = 10 \cdot \left(\frac{36,5}{220} \right)^2 = 0,26 \text{ м}$$

9.2 Подбор фильтров

С целью защиты оборудования от попадания механических примесей на обратном трубопроводе системы устанавливаются абонентский фильтр и сетчатый фильтр.

Абонентский фильтр предназначен для очистки воды от взвешенных частиц грязи и других примесей. Грязевик абонентский подбирается по диаметру присоединяемого трубопровода. Абонентский фильтр оборудуется автоматическим воздухоотводчиком и сливным краном.

К установке принимаем фильтр-грязевик абонентский ТС 569.00.000.13 Ду-125, Ру-16, номинальный расход через фильтр 215 м³/ч.

Определим перепад давления на фильтре-грязевике по формуле 9.1:

$$\Delta P = 10 \cdot \left(\frac{36,5}{215} \right)^2 = 0,27 \text{ м}$$

Сетчатый фильтр предназначен для более тонкой очистки воды, чем с помощью грязевика. Основным рабочим элементом сетчатых фильтров (сито) выполнен из нержавеющей стали, что делает фильтры этого типа надежными, эффективными и долговечными. Технология обратной промывки поможет избавиться от застрявших загрязнений – вода подается в направлении, обратном нормальному току воды, освобождая сетку от мусора и выловленных частиц.

По каталогу [11] подбираем стальной сетчатый фильтр серии IS31 Ду=125мм: K_{vs}=281м³/ч. Основные характеристики выбранного фильтра представлены на рисунке 9.2.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Фильтр сетчатый серии IS31, DN 15–500, PN 4,0 МПа, из нержавеющей стали

(Торговый Дом АДЛ, Россия)

Применение

Для воды, пара, нефтепродуктов, а также для пищевых и агрессивных сред.

Установка

Устанавливается в горизонтальном положении крышкой вниз. на паропроводе устанавливать крышкой вверх. Установка в вертикальном положении возможна только при направлении потока сверху вниз. При установке убедиться, что направление потока совпадает с направлением, указанным на корпусе фильтра.

Технические характеристики

Максимальное давление	1,6 / 4,0 МПа
Рабочая температура	-60...+300 °С
Присоединение	Фланцевое по DIN
Шаг сетки	Стандартный: 0,6 мм*; Нестандартный: по требованию заказчика.

* Возможны заказные исполнения сеток.

Каждый фильтр IS31 имеет возможность прочистки сетки фильтра. на фильтрах диаметром больше DN50 крышка фильтра крепится на шпильках. Также на крышке имеется сливная пробка для прочистки фильтра.

На фильтрах диаметром DN 50 и менее, крышка крепится на фильтр при помощи резьбы и при необходимости выполняет роль сливной пробки.

Спецификация

1	Корпус	Нержавеющая сталь 1.4408
2	Крышка	Нержавеющая сталь 1.4408
3	Уплотнение	Нерж. сталь AISI 304 + Графит
4	Сетка фильтра	Нержавеющая сталь AISI 304
5	Болт	Нержавеющая сталь AISI 304
6	Дренажная заглушка	Нержавеющая сталь 1.4408

Сделано в АДЛ

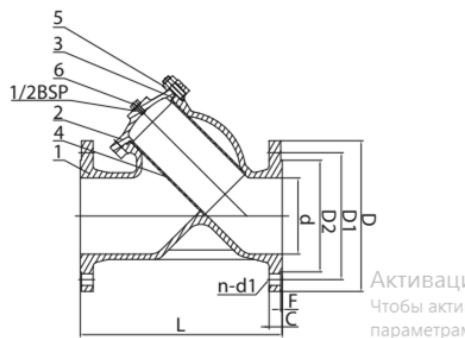


Рисунок 9.2 – Основные характеристики сетчатого фильтра IS31

Определим падение давления на сетчатом фильтре:

$$\Delta P = 10 \cdot \left(\frac{35,7}{281} \right)^2 = 0,16 \text{ м}$$

9.3 Подбор насосного оборудования

Подбор насосного оборудования осуществляется по данным гидравлического расчета котельной и тепловых сетей с помощью программы «Wilo Select».

Согласно [9] и [5] принимаем к установке два сетевых насоса (один резервный, второй основной) и один циркуляционный насос.

Сетевые насосы:

Расход насоса принимается по таблице 6.1 и равен 36,5 м³/ч.

Напор насоса, согласно [9], принимаем на 2-3 м больше суммы потерь давления в трубопроводах.

Потери давления в трубопроводах принимаются по гидравлическому расчету таблица 6.3 $\Delta P_{\Sigma} = 0,235 \text{ м}$

Потери давления в котле принимаются по таблице 5.1 $\Delta P_{\text{котел}} = 27 \text{ мбар} \approx 0,27 \text{ м}$;

Потери давления на трехходовом клапане VF3 Dy125 $\Delta P_{\text{клапан}} = 0,26 \text{ м}$;

Потери давления на грязевике ТС 569.00.000.13 $\Delta P_{\text{грязевика}} = 0,27 \text{ м}$;

Потери давления на фильтре IS 31 $\Delta P_{\text{фильтра}} = 0,16 \text{ м}$.

Потери давления в тепловой сети принимаются по гидравлическому расчету
таблица Г1 $\Delta P_{TC} = 1,72\text{м}$.

Напор насоса определим по формуле

$$H = \Delta P_{\Sigma} + \Delta P_{\text{котел}} + \Delta P_{\text{клапан}} + \Delta P_{\text{грязевика}} + \Delta P_{\text{фильтра}} + \Delta P_{TC} + 2 \quad (9.2)$$

$$H = 0,235 + 0,27 + 0,26 + 0,27 + 0,16 + 1,72 + 2 = 4,9 \text{ м}$$

Получаем расчетную рабочую точку $G = 35,7 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 4,9\text{м}$. По рабочей точке подбираем центробежный насос типа «ин-лайн» IL 65/130-0,75/4 фирмы «Wilo».

Характеристики насоса представлены на рисунке 9.3.

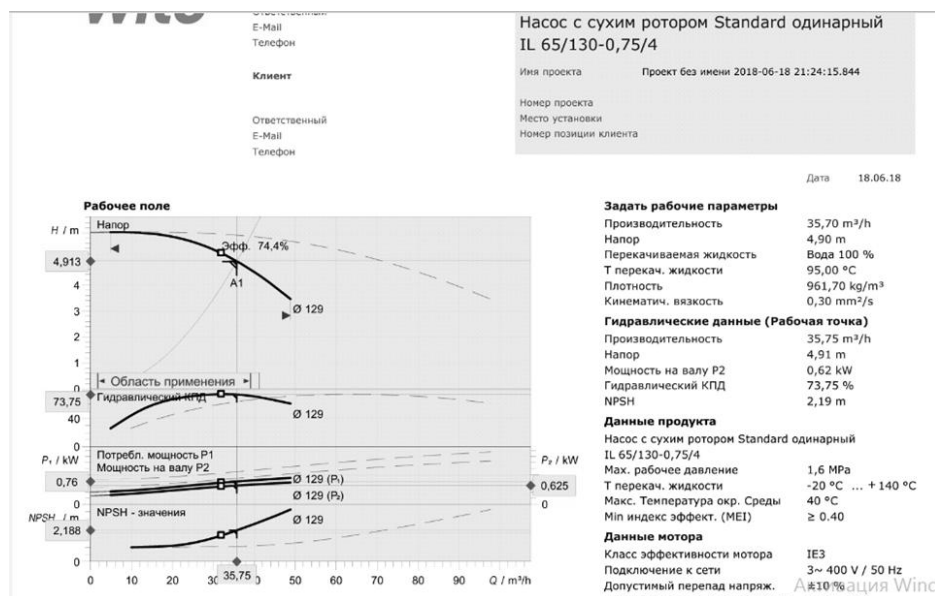


Рисунок 9.3 – Характеристика насоса Wilo IL 65/120-3/2

Циркуляционный насос:

Расход для циркуляционного насоса определяем по таблице 6.2
 $G = 10,67 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Напор насоса, согласно [9], принимаем на 2-3 м больше суммы потерь давления в трубопроводах.

Напор циркуляционного насоса равен сумме потерь в участках 1,3 и 5 трубопроводов котельной (таблица 6.3), потерь в котле:

$$H = \Delta P_{1,3,5} + \Delta P_{\text{котел}} + 2 \quad (9.3)$$

Потери давления в трубопроводах котельной:

$$\Delta P_{1,3,5} = 0,034 + 0,097 + 0,011 = 0,142\text{м};$$

Потери давления в котле принимаются по таблице 5.1:

$$\Delta P_{\text{котел}} = 27 \text{ мбар} \approx 0,27 \text{ м};$$

$$H = 0,142 + 0,27 + 2 = 2,412 \text{ м}$$

Получаем расчетную рабочую точку $G = 10,67 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 2,412 \text{ м}$. По рабочей точке подбираем циркуляционный насос с мокрым ротором TOP-S 40/7 фирмы «Wilo».

Характеристики насоса представлены на рисунке 9.4.

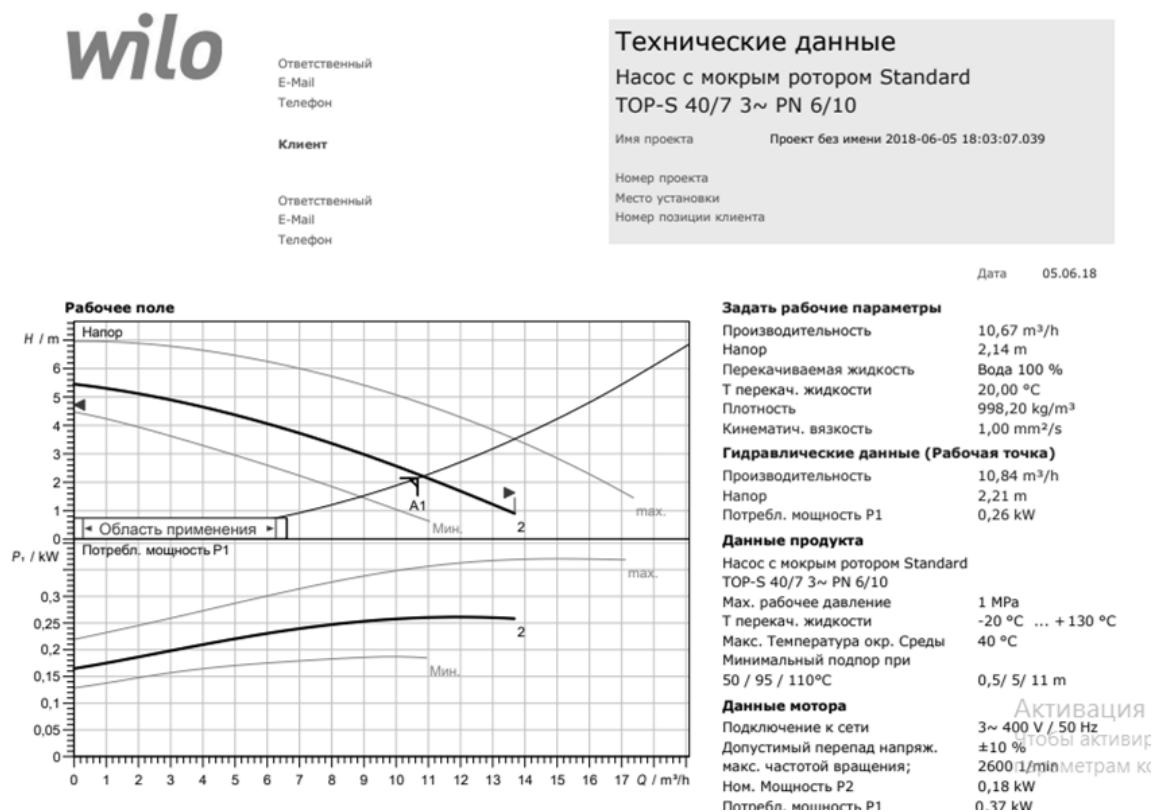


Рисунок 9.4 – Характеристики циркуляционного насоса Wilo TOP-S 40/7

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР

Лист

10 ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ МИКРОРАЙОНА

10.1 Описание конструкции сети, разработка монтажной схемы

Для теплоснабжения микрорайона принята водяная двухтрубная тупиковая система теплоснабжения. Сеть нерезервированная. Источником теплоснабжения является проектируемая газовая котельная мощностью 1,24 МВт. За основное направление принят участок теплопровода от котельной до жилого дома, располагаемого по адресу ул. Ленина д.11.

Прокладка труб принята в непроходных каналах, трубы уложены на подвижные и неподвижные опоры. Для трубопроводов тепловых сетей приняты стальные электросварные трубы. Условные диаметр труб варьируется от 25 до 150 мм. Уклон теплопроводов принимается не менее 0,002м. Расстояние по вертикали до подземных коммуникаций (водопровод, канализация) не менее 0,2м, по горизонтали – до водопровода – 1,5м, до канализации – 1м.

Пересечение тепловыми сетями автомобильных дорог, зданий и сооружений предусматривается под прямым углом. На участках тепловой сети располагаются углы поворота (УП1-УП10).

На выводах тепловых сетей от источника теплоты и на вводах в индивидуальные тепловые пункты потребителей предусматривается стальная запорная арматура. В качестве запорной арматуры принимаются задвижки с ручным приводом с фланцевым соединением.

Для компенсации температурных удлинений используются П-образные компенсаторы, на углах поворота обеспечивается самокомпенсация. Арматура участков трубопровода помещена в тепловые камеры. Согласно [12] штуцера с запорной арматурой для спуска воды (спускные устройства) и штуцера с запорной арматурой для выпуска воздуха (воздушники) предусмотрены с установкой в тепловых камерах. Спуск воды в тепловые камеры запрещен. Спуск воды из трубопроводов в низших точках водяных тепловых сетей должен предусматриваться отдельно из каждой трубы с разрывом струи в сбросные колодцы с последующим отводом воды самотеком или передвижными насосами в систему дождевой канализации. Температура отводимой воды должна быть снижена до 40 °С.

Предусматривается тепловая изоляция сети.

Трубопроводы изолируют антикоррозионными покрытиями, стойкими к воздействию тепла, влаги и механических нагрузок. На подвижные и неподвижные опоры трубопроводов наносится электроизоляция для защиты трубопроводов, проложенных в непроходных каналах, от коррозии блуждающими токами.

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР				

Общая протяженности основного магистрального направления составляет 421,6 м, суммарная длина всех ответвлений – 820,6м.

10.2 Гидравлический расчет тепловой сети

Основной задачей гидравлического расчета трубопроводов тепловых сетей является определение экономически целесообразных диаметров трубопроводов и фактических потерь давления в трубопроводах при заданных расходах теплоносителя.

Расчет проводится в два этапа:

Предварительный расчет.

Составляется расчетная схема тепловой сети (приложение В) с указанием источника тепловой энергии, трассы теплопроводов, тепловых пунктов, местных сопротивлений.

Выбранная расчетная ветвь маркируется расчетными участками с указанием номера участка, расхода теплоносителя (т/ч), длины участка (м), диаметра условного прохода трубопровода (мм).

Задаваясь значениями средних удельных потерь давления, выполняется предварительный подбор оптимальных диаметров участков главной расчетной ветки.

Зная расход на головном участке $G_g = 31,04$ т/ч, определим коэффициент α_{cp} , учитывающий долю падения давления в местных сопротивлениях по отношению к падению давления на трение:

$$\alpha_{cp} = z \cdot \sqrt{G_g}, \quad (10.1)$$

где z -коэффициент, принимаемый для водяных тепловых сетей равным 0,01;
 G – расход теплоносителя на головном участке, т/ч.

$$\alpha_{cp} = 0,01 \cdot \sqrt{31,04} = 0,056$$

Определяем значение среднего удельного падения давления:

$$R_{cp.l.} = \frac{R_{сн}}{1+\alpha}, \quad (10.2)$$

где $R_{сн}$ – рекомендуемое удельное падение давления на 1 м трубопровода по всей длине расчетной ветки, определяется расчетом исходя из располагаемого давления в сети, при отсутствии расчетных данных принимается равным 80 Па/м=8мм.в.ст.

$$R_{cp.l.} = \frac{80}{1+0,056} = 75,8 \frac{\text{Па}}{\text{м}} = 7,58 \text{ мм.в.ст}$$

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

По известным расходам на участках с помощью номограмм [4, рисунок 4.27-4.28], выбираем стандартные диаметры труб, в которых линейные потери при фактических расходах максимально близки к значению $R_{ср.л.}=7,58$ мм.в.ст.

Устанавливаем неподвижные опоры по одной у каждого тройника, по две у каждого поворота с соблюдением расстояния $l_{max} < 0,6 \cdot l_{доп}$ и равномерно вдоль прямолинейных участков с учетом допустимых расстояний $l_{доп}$, указанных в таблице 10.1 – Допустимые расстояния между опорами для соответствующих диаметров.

Таблица 10.1 – Допустимые расстояния между опорами для соответствующих диаметров.

Расстояние между неподвижными опорами	
Диаметр, мм	Расстояние, м
25	-
40	60
50	60
70	70
80	80
100	80
125	90
150	100

После расстановки неподвижных опор устанавливаем по одному П-образному компенсатору между двумя опорами на тех участках, где отсутствуют повороты с углом менее 130° , так как при большем угле поворота происходит самокомпенсация на участке.

В местах перехода диаметров устанавливаем условные знаки сужения.

Окончательный расчет.

На каждом участке определяем сумму местных сопротивлений $\sum K.M.C.$ и линейные потери напора на участке $\Delta H_{л.}$:

$$\Delta H_{л.} = R \cdot L \cdot 0,001, \quad (10.3)$$

где L-длина участка, м;

R -удельные потери напора на трение, мм/м.

Приведем пример расчета для участка №6:

$$\Delta H_{л.} = 3,5 \cdot 67,3 \cdot 0,001 = 0,24 \text{ м. в. ст} \quad (10.4)$$

Местные сопротивления определяются по формуле:

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta H_M = \frac{\sum \text{К.М.С.} \cdot v^2}{2g}, \quad (10.5)$$

где v – скорость теплоносителя, м/с,

g - ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Приведем пример расчета для участка № 6:

Местные сопротивления на участке:

- П-образный компенсатор К.М.С = 2,8,
- тройник на проход К.М.С. = 1,
- суммарные местные сопротивления $\sum \text{К.М.С.} = 3,8$.

$$\Delta H_M = \frac{3,8 \cdot 0,55^2}{2 \cdot 9,81} = 0,058 \text{ м.в.ст.} \quad (10.6)$$

Определим сумму линейных и местных потерь напора:

$$\Delta H = \Delta H_L + \Delta H_M, \quad (10.7)$$

$$\Delta H = 0,24 + 0,058 = 0,298 \text{ м.в.ст}$$

Определим потери напора для каждого абонента, которые для каждого абонента будут равны сумме потерь на участках, расположенных до него. Например, для абонента, расположенного по адресу ул. Северная д. 26а потери напора будут равны сумме потерь на участках 1-6.

После расчета главной ветки аналогичным способом рассчитываются ответвления:

Предварительный подбор диаметров

Диаметры подбираются исходя из рекомендованного значения $R_{\text{ср.отв}}$:

$$R_{\text{ср.отв}} = \frac{P_{\text{расп}}}{l_{\text{отв}} \cdot (1 + \alpha_{\text{ср}})}, \quad (10.8)$$

где $P_{\text{расп}}$ - располагаемое давление для каждого ответвления по правилу увязки гидравлического узла: сумма потерь давления во всех ветках исходящих из узла должна быть одинакова; Для длинного ответвления $P_{\text{расп}} = 1,6 \text{ м}$, как сумма потерь напора на всех участках (1-7) до врезки ответвления;

$l_{\text{отв}}$ – расчетная длина ответвления, $l_{\text{отв}} = 539,2 \text{ м}$;

$\alpha_{\text{ср}}$ – рассчитывается по формуле(10.1), $\alpha_{\text{ср}} = 0,056$.

$$R_{\text{ср.отв}} = \frac{1,6}{539,2 \cdot (1 + 0,056)} \cdot 10000 = 28 \text{ Па/м} = 2,8 \text{ мм.в.ст} \quad (10.9)$$

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР				

Расставляем опоры и компенсаторы.

Выполняем основной гидравлический расчет.

Определяем невязку потерь давления в ответвлении с располагаемым давлением:

$$H = \left(\frac{P_{\text{расп}} - \Delta P_{\text{отв}}}{P_{\text{расп}}} \right) \cdot 100\% \quad (10.10)$$

$$H_{\text{отв1}} = \left(\frac{0,524 - 0,523}{0,524} \right) \cdot 100\% = -0,3\% < 10\%$$

$$H_{\text{отв2}} = \left(\frac{1,13 - 1,04}{1,13} \right) \cdot 100\% = 8,6\% < 10\%$$

$$H_{\text{отв3}} = \left(\frac{1,6 - 1,4}{1,6} \right) \cdot 100\% = 9,7\% < 10\%$$

Полученные значения невязки не должны превышать 10%.

Увязку потерь давления следует выполнять подбором диаметров трубопроводов ответвлений. В случае невозможности полностью увязать диаметрами, излишнее давление гасится автоматическими регуляторами давления, установленными у потребителя.

Результаты гидравлического расчета сведены в таблицу Г1 – Гидравлический расчет тепловой сети, приложение Г.

10.3 Построение пьезометрического графика расчетной магистрали

На основании гидравлических расчетов выполняем построение пьезометрического графика для двухтрубной закрытой водяной тепловой сети с температурой теплоносителя $T_1 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$.

Строим график статического режима.

Для обеспечения условия заполнения системы линия статического давления (линия S-S) на графике проводится горизонтально на 5 м выше отметки самого высокого абонента. Уровень линии S-S показывает напор, который необходимо создать при заполнении системы. Этот напор создается на источнике подпиточными насосами.

Для обеспечения условия прочности проводится контрольная линия (линия Z-Z) — параллельно линии S-S и ниже ее на уровень равный минимальному $H_{\text{доп}} =$

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

60 м.вод.ст. (для чугунных радиаторов). Все элементы абонентов, которые на графике попадают в зону между линиями S-S и Z-Z, находятся в безопасных от разрушения условиях.

Строим график динамического режима по результатам гидравлического расчета. Для этого необходимо выполнить условия:

1) С целью предотвращения опорожнения и разрушения оборудования абонентских систем, присоединенных по зависимой схеме, давление воды в обратных трубопроводах водяных тепловых сетей при работе сетевых насосов

должно быть достаточным для заполнения (не менее 0,05 МПа от отметки самого высокого прибора), при этом не превышать допускаемого давления:

$$H_{обр} \leq 60 \text{ м. вод. ст. (для чугунных радиаторов) – (линия } O_6);$$

2) Давление и температура воды на всасывающих патрубках сетевых, подпиточных, подкачивающих и смесительных насосов не должны быть ниже давления кавитации, давление должно быть не менее 5 м.вод.ст:

$$H_{всаса} \geq 5 \text{ м вод. ст – (линия } O_M);$$

3) В точках присоединения абонентов должно быть обеспечено располагаемое давление $H_{расп} \geq H_{аб}$, достаточное для преодоления потерь давления в системе абонента, т.е. для систем в двухступенчатом или подключением водоподогревателей ГВС: $H_{расп} \geq 20-25 \text{ м}$:

4) Должно выполняться условие не вскипания воды при ее максимальной температуре в любой точке подающего трубопровода, в оборудовании источника теплоты и в приборах систем потребителей, непосредственно присоединенных к тепловым сетям. Для $T_1 = 105 \text{ }^\circ\text{C}$, $H_{min} = 40 \text{ м.вод.ст. – (линия } П_M);$

5) Максимальный напор в тепловой сети не должен превышать допустимых пределов прочности трубопроводов и оборудования, применяемых на источнике для приготовления теплоносителя (линия $П_6$), т.е. для трубопроводов тепловых сетей $H_{доп} = 120-140 \text{ м.вод.ст}$, для подогревателей сетевой воды $H_{доп} = 140 \text{ м.вод.ст}$. С учетом основных правил гидравлического режима определяем оптимальную высоту расположения графика динамического режима относительно профиля трассы и выполняем построение графика.

После построения пьезометрического графика для основного направления в той же координатной плоскости строим пьезометрический график для двух ответвлений, для которых был произведен расчет гидравлического режима

10.4 Расчет П-образного компенсатора

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

При температуре теплоносителя выше 50°C тепловые удлинения трубопроводов должны восприниматься специальными компенсирующими устройствами, которые предохраняют трубопровод от возникновения недопустимых деформация и напряжений.

Выбор способа компенсации зависит от параметров теплоносителя, способа прокладки тепловых сетей и местных условий. В нашем случае используются П-образные компенсаторы, которые применяются для труб диаметром от 25 до 200 мм при прокладке в каналах, а так же повороты трассы с углом более 130°.

Пример расчета габаритов П-образного компенсатора на участке 15:

Диаметр трубопровода на 15-ом участке $D_H = 76 \times 3,5$ мм, длина участка $L = 41350$ м.

Задаемса отношением вылета компенсатора H к наружному диаметру трубопровода D_H :

$$H/D_H = 25$$

Рекомендуется принимать данное отношение в пределах от 10 до 40.

Определим величину вылета компенсатора:

$$H = 25 \cdot D_H \quad (10.11)$$

$$H = 25 \cdot 76 = 1900 \text{ м}$$

В симметричном компенсаторе величина спинки компенсатора B равна величине вылета, то есть $B = H$, $B = 1900$ м.

Определим радиус оси гнутой трубы R [14, таблица 10.20]: $R = 0,35$ м.

Определим прочие размеры компенсатора:

$$l_2 = l_3 = l_4 = B - 2R \quad (10.12)$$

$$l_2 = l_3 = l_4 = 1900 - 2 \cdot 0,35 = 1899,3 \text{ м}$$

$$l_1 = l_5 = L - B - 2R \quad (10.13)$$

$$l_1 = l_5 = 41350 - 1899,3 - 2 \cdot 0,35 = 19725,7 \text{ м}$$

Чертеж П-образного компенсатора представлен на рисунке 10.4.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

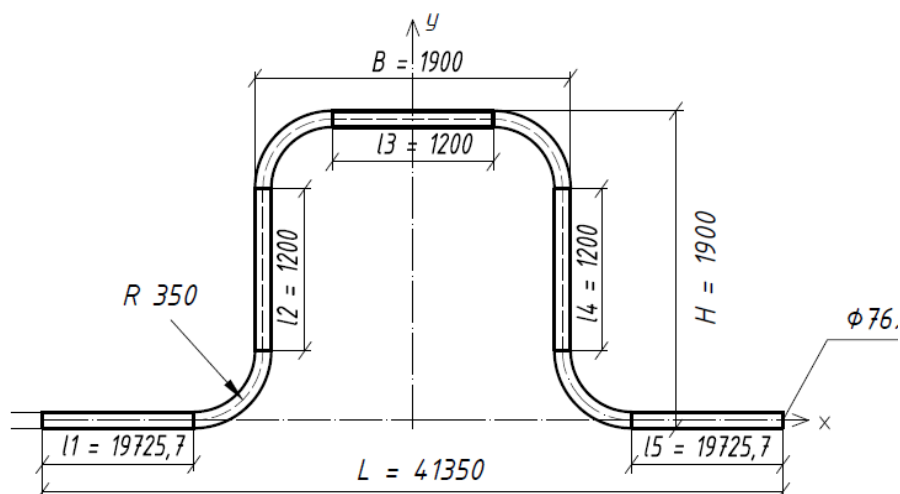


Рисунок 10.4 – Чертеж П-образного компенсатора

11 Автоматизация котельной

Согласно [6] в проектах котельных должны предусматриваться защита оборудования (автоматика безопасности), автоматическое регулирование, контроль, сигнализация и управление технологическими процессами котельных.

В котельной устанавливается контроллер фирмы «Viessmann» Vitotronic 200, представляющий собой блок управления погодозависимой автоматикой, что позволяет значительно снижать расход топлива в котельной.

Функции контроллера:

1. Регулирование температуры котловой воды

Осуществляется путем включения и выключения горелки при заданном значении температуры котловой воды. При повышении температуры на 2 градуса выше заданного значения горелка выключается. При понижении температура на 2 градуса ниже заданного значения горелка включается.

2. Регулирование системы отопления

Поддержание температуры в сетевом контуре в соответствии с температурным графиком с помощью трехходового клапана.

Сигналы с пульта котла, содержащего в себе данные с обоих блоков, передаются на контроллер. На контроллер так же приходят сигналы для управления трехходовым клапаном, циркуляционным насосом, установкой с калориферами, сигналы от частотного преобразователя, а так же сигналы от датчиков концентрации газов в воздухе котельной. Сигналы от контроллера идут на GSM-контроллер. Оба контроллера сообщаются со звуковой и световой сигнализацией.

						Лист
					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте была запроектирована котельная, установленной мощностью 1,24 МВт, для теплоснабжения микрорайона поселка Еткуль, Челябинская область.

На основании исходных данных был произведен теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций котельной, расчет тепловых нагрузок, разработана принципиальная схема котельной, сделан гидравлический расчет схемы котельной, подобрано оборудование котельной и разработан проект автоматизации.

Для обеспечения теплоснабжения микрорайона была разработана схема тепловых сетей, рассчитана гидравлика системы теплоснабжения, а так же рассчитан годовой график потребления теплоты.

В результате работы теоретические знания, полученные за период обучения, были применены на практике.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 СНиП 23-01-99. Строительная климатология / Госстрой России.– М.:2000.-107с.
- 2 ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Госстрой России – 1999.- 15с.
- 3 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2013.- 139с.
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей.: Справочник / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж и др. – изд., 3-е переработ. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
- 5 СНиП 42-01-2002. Строительные нормы и правила Российской федерации: газораспределительные системы , 2003.–101с.
- 6 СП 89.13330.2012. Котельные установка.– М.: Госстрой России, 2012.– 100с.
- 7 Палей, Е.Л. Проектирование котельных в секторе ЖКХ / Е.Л. Палей – СПб.,2006. –171 с.
- 8 МДС 41-4.2000 Методика определения количеств тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах коммунального теплоснабжения.– М.: Госстрой России, 2000.–44с.
- 9 СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.– М.: Госстрой России, 1992.–71с.
- 10 СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов.– М.: Госстрой России, 1996.–118с.
- 11 Каталог трехходовых клапанов фирмы «Danfoss» – http://heating.danfoss.com/PCMPDF/valve_VF3.pdf.–37с.
- 12 Каталог водопроводной арматуры общепромышленного применения фирмы «АДЛ». – https://adl.ru/files/e8086d20-d7a4-11e5-9f63-001f296a5bc2/КТА01_Truboprovodnaja_armatura_obshhepromyshlennogo_primeneniya.pdf.– 306с.
- 13 СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – Минрегион России, 2012.– 74 с.
- 14 Справочник проектировщика проектирование тепловых сетей / под ред. инж. А.А. Николаева, – М.: Стройиздат, 1965. –360 с.
- 15 Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла): Учебное пособие / Е. А. Бойко, И. С. Деринг, Т. И. Охорзина. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 96 с.

									Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР				

16 Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). / Под ред. С. И. Мочана. Изд. 3-е. Л., «Энергия», 1977.

17 Козин, В.Е. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Козин – М.: Высшая школа, 1980.– 408с.

18 Кострюков, В.А. Примеры расчетов по отоплению и вентиляции: учебное пособие / В.А. Кострюков.– М.: Стройиздат, 1964. –202 с.

19 СНиП II-35-76.Строительные нормы и правила. Котельные установки. Госстрой России.–М.:1978.-76с.

20 Волошенко, А.В. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования./А.В.Волошенко.:Томск– Издательство Томского политехнического университета, 2011.–104с.

					13.03.01.2018.242.03 ПЗ ВКР	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		