

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра теплоэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, проф.


(подпись) А. П. Левцев

« 17 » 06 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ООО
«НПО НЕФТЕГАЗМАШ» Г. РУЗАЕВКА

Автор бакалаврской работы:

05.06.2020 г.



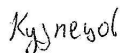
И. А. Абрамова

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-13.03.01-01-20

Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Руководитель работы

ст. преподаватель



12.06.2020 г.

Д. В. Кузнецов

Нормоконтролер

ст. преподаватель



08.06.2020 г.

А. А. Кузнецов

Саранск
2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики
Кафедра теплоэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
д-р техн. наук, проф.


(подпись) А. П. Левцев

« 04 » 02 2020 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
(в форме бакалаврской работы)

Студент Абрамова Ирина Андреевна

1 Тема Реконструкция системы теплоснабжения ООО «НПО НефтеГазМаш»
г. Рузаевка

Утверждена по МордГУ №650-с от 04.02.2020 г.

2 Срок представления работы к защите 05.06.2020 г.

3 Исходные данные для научного исследования (проектирования): план
предприятия, ОГЭ, СНИПы, ГОСТы, типовые проекты.

4 Содержание выпускной квалификационной работы

4.1 Общие сведения о предприятии

4.2 Тепловой расчет

4.3 Конструктивная часть

4.4 Автоматизация работы котельной

4.5 Технико-экономическое обоснование работы

	Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Пр
1					
2			<u>Документация текстовая</u>		
3					
4	A4	БР-02069964-13.03.01-01-20	Пояснительная записка	84	
5					
6			<u>Документация</u>		
7			<u>графическая</u>		
8					
9	A3	БР-02069964-13.03.01-01-20	Генеральный план	1	
10			предприятия		
11	A4	БР-02069964-13.03.01-01-20	Расчетная схема тепловой	1	
12			сети		
13	A3	БР-02069964-13.03.01-01-20	Тепловая схема котельной	1	
14					
15	A3	БР-02069964-13.03.01-01-20	Компоновка	1	
16			оборудования котельной		
17	A4	БР-02069964-13.03.01-01-20	Спецификация	1	
18			оборудования котельной		
19					
20					
21					
22			<u>Документация прочая</u>		
23					
24					
25					
26					

					БР – 02069964 – 13.03.01 – 01 – 20			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Реконструкция системы теплоснабжения ООО «НПО НефтеГазМаш» г. Рузаевка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Абрамова И. А.	<i>И.А.</i>	05.06.20			3	84
Пров.		Кузнецов Д. В.	<i>Кузнецов</i>	12.06.20	Ведомость бакалаврской работы	ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405		
Н. контр.		Кузнецов А. А.	<i>Кузнецов</i>	08.06.20				
Утв.		Левцев А. П.	<i>Левцев</i>	17.06.20				

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 84 листа, 6 рисунка, 15 таблиц, 30 использованный источник.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ОТОПЛЕНИЕ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ТЕПЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ, КОТЛОАГРЕГАТ, ТЕПЛООБМЕННИК, АВТОМАТИЗАЦИЯ.

Объектом разработки является отопительная котельная ООО «НПО НефтеГазМаш» г. Рузаевка.

Цель работы – Реконструкция системы теплоснабжения завода в г. Рузаевка с целью обеспечения теплом зданий и сооружений для нужд отопления и горячего водоснабжения.

В результате работы произведена реконструкция системы теплоснабжения ООО «НПО НефтеГазМаш» в г. Рузаевка с выбором оборудования котельной. Приведенные расчеты показывают, что затраты на реконструкцию котельной окупятся за 3,9 года.

Полученные результаты: в результате проведенной работы предполагается подключение цехов завода к блочно-модульной котельной с котлами большей мощности, для текущих затрат на снабжение предприятия теплом для отопительных и технологических нужд.

Область применения: системы теплоснабжения небольших предприятий.

					БР – 02069964 – 13.03.01 – 01 – 20			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Реконструкция системы теплоснабжения ООО «НПО НефтеГазМаш» г.Рузаевка Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Абрамова И. А.	<i>И.А.</i>	<i>05.01.20</i>	4		4	84	
Пров.	Кузнецов Д. В.	<i>Д.В.</i>	<i>12.01.20</i>					
Н. контр.	Кузнецов А. А.	<i>А.А.</i>	<i>08.01.20</i>					
Утв.	Левцев А. П.	<i>А.П.</i>	<i>12.01.20</i>					
						ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Общие сведения о предприятии	9
2 Тепловой расчет	12
2.1 Расчет тепловой мощности на отопление	12
2.2 Определение расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение	16
2.3 Построение графиков расхода теплоты	22
2.4 Определение расчетных расходов теплоносителя в системе	29
2.5 Гидравлический расчет тепловых сетей	31
3 Конструктивная часть	38
3.1 Расчет тепловой схемы котельной на покрытие нагрузок отопления	38
3.2 Расчет тепловой схемы котельной на покрытие нагрузок горячего водоснабжения	43
3.3 Выбор котлоагрегатов	47
3.4 Расчет теплообменного аппарата	49
3.5 Подбор насосного оборудования для отопления и ГВС	55
3.6 Расчет системы удаления дымовых газов	59
3.7 Выбор вспомогательного оборудования котельной	67
4 Автоматизация работы котельной	69
5 Технико-экономическое обоснование работы	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	82
ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в России реализуется программа энергосбережения, направленная на более эффективное использование энергоносителей. Одно из направлений этой программы является расширение использования природного газа, который в свою очередь является самым дешевым и удобным для использования источником тепла.

Многие потребители тепловой энергии стали заинтересованы в снижении себестоимости тепловой энергии. Для этого проводятся реконструкции системы теплоснабжения с переходом на индивидуальные отопительные котельные необходимой мощности. Отсутствие необходимости прокладки теплотрасс и строительства здания котельной снижают стоимость коммуникаций, и позволяют существенно повысить темпы нового строительства [30].

Блочные котельные установки предназначены для теплоснабжения и горячего водоснабжения зданий различного назначения в автоматическом режиме с коммерческим учетом отпускаемого тепла, потребляемых газа и электроэнергии, без постоянного присутствия дежурного персонала. БКУ представляет собой передвижные котельные установки в полной заводской готовности, устанавливаемые на ровной бетонной площадке. Они универсальность в плане соединения с различными теплосетями, легки в эксплуатации, достаточно выносливы и практичны.

В этой связи, в данном дипломном проекте предлагается реконструкция системы теплоснабжения предприятия ООО «НПО «НефтеГазМаш» г. Рузаевка, учитывающая по возможности, современные требования по энергосбережению. Оптимизация энергопотребления достигается как использованием более эффективного котельного оборудования, так и уменьшением тепловых потерь при транспортировке энергоносителей за счет использования современных теплоизоляционных материалов [29].

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Результатом предлагаемой реконструкции должно стать уменьшение текущих затрат на снабжение предприятия теплом для отопительных и технологических нужд [2].

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 Общие сведения о предприятии

ООО «НПО «НефтехГазМаш» образовано 04.03.2009 года на базе ООО «Лисма-Рузмаш». Основным видом деятельности предприятия выступает производство высокотехнологичных типов машин, станков, механизмов, специального технологического оборудования для нефтехимической, газовой, машиностроительной отраслей, контейнеров-цистерн для хранения и транспортировки углеводородов, комплектующих для вагоностроительного производства, а также сельскохозяйственной техники. Одновременно, ООО «НПО «НефтехГазМаш» осуществляет научно-исследовательские работы для последующего внедрения и использования их результатов в своем производстве [11].

ООО «НПО «НефтехГазМаш» расположено по адресу: Республика Мордовия, г. Рузаевка, ул. Пионерская, д.119 (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Общий вид площадки ООО «НПО «НефтехГазМаш»

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

При производстве продукции задействовано следующее оборудование: металлорежущее, прессовое, сварочное, покрасочное и испытательное.

Предприятие имеет собственный конструкторско-технологический отдел, в котором работают опытные квалифицированные специалисты. При разработке продукции применяются современные методы и средства проектирования, которые позволяют выбрать оптимальные варианты конструкции, удовлетворяющие требованиям потребителя.

Предприятие прошло процедуру освидетельствования в Российском Морском Регистре Судоходства, г. Санкт-Петербург.

Система менеджмента качества ООО "НПО "НефтехГазМаш" соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2008 и ISO 9001:2008 [11].

До 2009 года теплоснабжение всего предприятия осуществлялось от центральной котельной (городской тепловой сети). Из-за больших расходов на теплоснабжение часть предприятия перешла на собственное теплоснабжение. Для этого была введена в эксплуатацию блочно-модульная котельная Р=1,5 МВт типа БМКа-1500 производства ООО «Агроспецсервис», с двумя водогрейными котлами типа КВа-0,75 марки «Прометей».

Котельная является источником теплоснабжения для административного здания. Тепловые нагрузки котельной составляют: отопление корпусов – 1,0 МВт, горячее водоснабжение – 0,5 МВт. Трубопроводы теплоносителя прокладываются от котельной и до места врезки в существующие сети на отметке 2,2 м и 5,0 м и теплоизолируются. Источником водоснабжения котельной является существующий производственный водопровод. Слив воды от котельной предусмотрен в существующий колодец системы канализации предприятия, расположенный рядом с котельной.

Теплоснабжение оставшихся производственных корпусов и складских помещений в настоящее время осуществляется от газовых излучателей.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Задача реконструкции систем теплоснабжения предприятия возникает в связи с необходимостью обеспечения теплом в полном объеме при минимальных затратах.

Для снижения затрат на обеспечения тепловой энергией предприятия и уменьшения себестоимости выпускаемой продукции, предусматривается проект реконструкции теплоснабжения ООО «НПО «НефтеГазМаш».

На основании анализа состояния объекта в выпускной работе были поставлены следующие задачи:

- рассчитать потребность зданий в тепловой энергии на нужды отопления и горячего водоснабжения;
 - построить графики годового теплопотребления;
 - произвести гидравлический расчет системы теплоснабжения;
 - рассчитать тепловую схему водогрейной котельной;
 - произвести расчет выбор основного и вспомогательного оборудования котельной;
 - рассмотреть вопрос автоматизации работы котельной;
- обосновать экономическую эффективность замены оборудования котельной, определить себестоимость отпускаемой тепловой энергии.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

2 Тепловой расчет

2.1 Расчет тепловой мощности на отопление

Максимальные часовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию жилых, общественных и производственных зданий должны определяться при проектировании тепловых сетей по расчетным расходам теплоты, приведенным в типовых или индивидуальных проектах, соответствующих зданий или сооружений [14].

При отсутствии таковых расчет теплоты Q_o , кВт определяют по формуле

$$Q_o = q_o V (t_{вн} - t_{но}) 10^{-3}, \quad (2.1)$$

где q_o – удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м³·°C) [21];

V – объем здания, м³;

$t_{вн}$ – температура внутри помещения, °C [21];

$t_{но}$ – температура наружного воздуха проектирования отопления, °C [16].

Отопительные характеристики зданий определяются по материалам типовых серий зданий, применяемых для застройки данного района [25]. При отсутствии сведений о типовой серии зданий отопительные характеристики с учетом естественной вентиляции определяются по формуле:

$$q_o = \frac{a\varphi}{\sqrt[6]{V}}, \quad (2.2)$$

где a – постоянный коэффициент, зависящий от типа строительства, принимается: для кирпичных зданий $a=1,85$ Дж/(с·м²·К); для железобетонных зданий $a=2,3÷2,6$ Дж/(с·м²·К) [9];

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

φ – коэффициент, учитывающий климатические условия, принимается по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значения поправочного коэффициента φ

$t_{но}, ^\circ C$	-10	-20	-30	-40	-50
φ	1,3	1,1	1,0	0,9	0,85

Столярный цех: $a = 1,85 \text{ Дж}/(с \cdot м^2 \cdot К), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{44950}} = 0,33 \text{ Вт}/(м^3 \cdot ^\circ C),$$

$$Q_o = 0,33 \cdot 44950 (16 - (-30)) 10^{-3} = 682,34 \text{ кВт}.$$

Цокальный цех: $a = 1,85 \text{ Дж}/(с \cdot м^2 \cdot К), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{17930}} = 0,36 \text{ Вт}/(м^3 \cdot ^\circ C),$$

$$Q_o = 0,36 \cdot 17930 (16 - (-30)) 10^{-3} = 296,92 \text{ кВт}.$$

Цех нестандартного оборудования: $a = 1,85 \text{ Дж}/(с \cdot м^2 \cdot К), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{5199}} = 0,44 \text{ Вт}/(м^3 \cdot ^\circ C),$$

$$Q_o = 0,44 \cdot 5199 (16 - (-30)) 10^{-3} = 105,23 \text{ кВт}.$$

Бытовой корпус: $a = 1,85 \text{ Дж}/(с \cdot м^2 \cdot К), \varphi = 1$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{5593}} = 0,44 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

$$Q_o = 0,44 \cdot 5593(18 - (-30))10^{-3} = 118,12 \text{ кВт}.$$

Механический цех: $a = 1,85 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{7700}} = 0,42 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$$

$$Q_o = 0,42 \cdot 7700(16 - (-30))10^{-3} = 148,76 \text{ кВт}.$$

Цех нестандартного оборудования №2: $a = 1,85 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{4147}} = 0,46 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

$$Q_o = 0,46 \cdot 4147(16 - (-30))10^{-3} = 87,75 \text{ кВт}.$$

Столярный цех №2: $a = 1,85 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{5832}} = 0,44 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

$$Q_o = 0,44 \cdot 5832(16 - (-30))10^{-3} = 118,04 \text{ кВт}.$$

Гараж: $a = 1,85 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}), \varphi = 1$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{2200}} = 0,51 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

$$Q_o = 0,51 \cdot 2200(16 - (-30))10^{-3} = 51,61 \text{ кВт}.$$

Гараж №2: $a = 1,85 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{1,85 \cdot 1}{\sqrt[6]{1965}} = 0,53 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

$$Q_o = 0,53 \cdot 1965(16 - (-30))10^{-3} = 47,91 \text{ кВт}.$$

Административное здание: $a = 2,5 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}), \varphi = 1$

$$q_o = \frac{2,5 \cdot 1}{\sqrt[6]{4125}} = 0,46 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}),$$

$$Q_o = 0,46 \cdot 4125(18 - (-30))10^{-3} = 91,08 \text{ кВт}.$$

В цехах производственного комплекса используется естественная вентиляция, поэтому расчет тепловой нагрузки на вентиляцию не производится.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Таблица 2.2 – Результаты расчета теплотребления зданиями

Наименование потребителя	Строительный объем $V, \text{ м}^3$	Температура воздуха внутри здания $t_{в}, \text{ }^\circ\text{C}$	Температура воздуха для проектирования отопления $t_{но}, \text{ }^\circ\text{C}$	Удельная отопительная характеристика $q_o, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$	Расход тепла на отопление $Q_o, \text{ кВт}$
Столярный цех	44950	16	-30	0,33	682,34
Цокальный цех	17930	16	-30	0,36	296,92
Цех нестандартного оборудования	5199	16	-30	0,44	105,23
Бытовой корпус	5593	18	-30	0,44	118,12
Механический цех	7700	16	-30	0,42	148,76
Цех нестандартного оборудования №2	4147	16	-30	0,46	87,75
Столярный цех №2	5832	16	-30	0,44	118,04
Гараж	2200	16	-30	0,51	51,61
Гараж №2	1965	16	-30	0,53	47,91
Административное здание	4125	18	-30	0,46	91,08
Итого					1747,5

2.2 Определение расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение

Секундный расход воды q_o , л/с водоразборной арматурой, отнесенный к одному прибору, следует определять отдельным прибором

для умывальника $q_o^h = 0,09 \text{ л/с}$;

для душа $q_o^h = 0,14 \text{ л/с}$ [12].

Вероятность действия санитарно-технических приборов $P_i (P^{tot}$ – общих, P^h – горячей воды, P^c – холодной воды) на участках сети, при одинаковых

водопотребителях в зданиях или сооружениях без учета изменения соотношения U/N , надлежит определять по формуле:

$$P_i = \frac{q_{hr,u}^h U}{q_o^h N 3600}, \quad (2.3)$$

где $q_{hr,u}^h$ – норма расхода горячей воды в час наибольшего водопотребления, л [15];

U – число водопотребителей, чел;

q_o^h – расход горячей воды одним прибором, л/с [15];

N – число санитарно-технических приборов в здании, шт.

Для душевых кабин:

$$P_i = \frac{270 \cdot 215}{0,14 \cdot 20 \cdot 3600} = 5,75.$$

Для умывальников в административном здании:

$$P_i = \frac{2 \cdot 35}{0,09 \cdot 6 \cdot 3600} = 0,036.$$

Для умывальников в столовой:

$$P_i = \frac{2 \cdot 250}{0,09 \cdot 3 \cdot 3600} = 0,51.$$

Вероятность действия санитарно-технических приборов P_i при отличающихся группах водопотребителей в зданиях или сооружениях различного назначения [17]

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$$P_{\Sigma i} = \frac{\sum_1^i N_i P_i}{\sum_1^i N_i} \quad (2.4)$$

При отсутствии данных о числе санитарно-технических приборов в зданиях или сооружениях значение P допускается определять по формулам (3) и (4), принимая $N = U$.

$$P_{\Sigma} = \frac{20 \cdot 5,75 + 6 \cdot 0,036 + 3 \cdot 0,51}{3 + 20 + 6} = 4,026.$$

Часовой расход воды санитарно-техническим прибором $q_{o,hr}$ л/ч [17], надлежит определять:

- при отличающихся водопотребителях в зданиях или сооружениях:

$$q_{o,hr}^h = \frac{\sum_1^i N_i P_{hr,i} q_{o,hr,i}}{\sum_1^i N_i P_{hr,i}} \quad (2.5)$$

$$q_{o,hr}^h = \frac{20 \cdot 5,75 \cdot 270 + 6 \cdot 0,036 \cdot 60 + 3 \cdot 0,51 \cdot 60}{20 \cdot 5,75 + 6 \cdot 0,036 + 3 \cdot 0,51} = 266,86 \text{ л/ч.}$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов P_{hr} для системы в целом следует определять по формуле:

$$P_{hr} = \frac{3600 P q_o}{q_{o,hr}}, \quad (2.6)$$

						Лист
					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где q_o – секундный расход воды водоразборной арматурой (прибором), л/с [17].

$$q_o = \frac{\sum_1^i N_i P_i q_{oi}}{\sum_1^i N_i P_i}, \quad (2.7)$$

где P_i – вероятность действия санитарно-технических приборов, определенная для каждой группы водопотребителей [17];

q_{oi} – секундный расход воды (общий, горячей, холодной), л/с, водоразборной арматурой (прибором), принимаемый согласно обязательному приложению 3 [17], для каждой группы водопотребителей.

При устройстве кольцевой сети расход воды q_o следует определять для сети в целом и принимать одинаковым для всех участков.

$$q_o = \frac{20 \cdot 5,75 \cdot 0,14 + 6 \cdot 0,036 \cdot 0,09 + 3 \cdot 0,51 \cdot 0,09}{20 \cdot 5,75 + 6 \cdot 0,036 + 3 \cdot 0,51} = 0,14 \text{ л/с.}$$

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot 4,026 \cdot 0,14}{270} = 7,5.$$

Максимальный часовой расход воды q_{hr} м³/ч, определяем по формуле:

$$q_{hr} = 0,005 q_{o,hr} \alpha_{hr}, \quad (2.8)$$

где α_{hr} – коэффициент, определяемый согласно приложению 4 [17] в зависимости от общего числа приборов N , обслуживаемых проектируемой системой, и вероятности их использования P_{hr} .

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

При этом таблицей № 1 рекомендуемого приложения 4 [17] необходимо пользоваться при $P_{hr} > 0,1$ и $N \leq 200$, при других значениях P_{hr} и N коэффициент α_{hr} следует принимать по таблице №2 приложения 4 [17].

Для вспомогательных зданий промышленных предприятий значение q_{hr} допускается определять как сумму расходов воды на пользование душами и хозяйственно-питьевые нужды, принимаемых по обязательному приложению 3 по числу водопотребителей в наиболее многочисленной смене.

$$q_{hr} = 0,005 \cdot 266,86 \cdot 61,57 = 82,15 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Тепловой поток Q_{hr}^h кВт, за период максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) следует вычислять по формуле

$$Q_{hr}^h = 1,16q_{hr}^h(55 - t^c) + Q^{ht}, \quad (2.9)$$

где q_{hr}^h – средний часовой расход горячей воды, $\text{м}^3/\text{ч}$, за смену наибольшего водопотребления [15];

t^c – температура холодной воды, $^{\circ}\text{C}$, зимой принимается равной 5°C , летом 15°C [15].

Средний часовой расход воды q_{hr}^h $\text{м}^3/\text{ч}$, за период (сутки, смена) максимального водопотребления T , ч, следует определять согласно [17]

$$q_{hr}^h = \frac{\sum_{i=1}^i q_{hr,u}^h U_i}{1000T}, \quad (2.10)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

где T – расчетное время потребления воды, ч, $T=8$ ч.

$$q_{hr}^h = \frac{270 \cdot 215 + 2 \cdot 35 + 2 \cdot 250}{1000 \cdot 8} = 7,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot 7,3 \cdot 50 = 423,4 \text{ кВт}.$$

Расход ГВС на нужды столовой определяется по формуле

$$Q_{гвс}^{см} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (t_{гв} - t_{хв}^3) \cdot c}{n_c}, \quad (2.11)$$

где m – расчетное количество потребителей, шт.;

a – норма расхода воды на горячее водоснабжение, при $t_г=55^\circ\text{C}$ на одного человека, кг/сут [15];

b – норма расхода воды на горячее водоснабжение, потребляемое в общественных зданиях, при $t_г=55^\circ\text{C}$ [15];

$C_г$ – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг · °C) [21];

$t_{гв}$ – температура горячей воды, °C [21];

$t_{хв}$ – температура холодной воды, °C [21].

$$Q_{гвс}^{см} = \frac{1,2 \cdot 250 \cdot 12,7 \cdot (55 - 5) \cdot 4190}{86400} = 9,238 \text{ кВт}.$$

Общий расход теплоты на нужды ГВС

$$Q_{гвс}^{общ} = Q_{hr}^h + Q_{гвс}^{см} \quad (2.12)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$$Q_{звс}^{общ} = 423,4 + 9,238 = 432,638 \text{ кВт}.$$

2.3 Построение графиков расхода теплоты

Для построения диаграммы нагрузок необходимо определить месячное потребление тепловой энергии на отопление по формуле:

$$Q_{от.м} = Q_{от} \frac{t_{вн} - t_{факт.ср}}{t_{вн} - t_{расч}} \cdot n, \quad (2.13)$$

где $Q_{от.м}$ – максимальная расчетная часовая нагрузка, Вт;

$t_{вн}$ – расчетная температура воздуха в отапливаемом здании, °С;

$t_{факт.ср}$ – фактическая среднемесячная температура по отдельным месяцам, °С, определяется по таблице 3.

$t_{расч}$ – расчетная температура наружного воздуха, °С, $t_{расч}=30^{\circ}\text{C}$ [9];

n – количество часов в месяце.

Таблица 2.3 – Фактические среднемесячные температуры по отдельным месяцам для г. Саранска

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t, ^{\circ}\text{C}$	-12,3	-11,7	-5,9	4,8	13,1	17,3	19,2	17,7	11,6	4,1	-3,0	-8,7

Данные взяты согласно СП 131.13330.2012 [16]. Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С.

Произведем расчет потребления тепловой энергии на отопление в январе:

$$Q_{яне}^{от} = 1747,5 \cdot 10^3 \frac{18 - (-12,3)}{18 - (-30)} \cdot 744 = 820,71 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Среднемесячные нагрузки на горячее водоснабжение $Q_{январь}^{звс}$, кВт·ч

$$Q_{январь}^{звс} = Q_{общ}^{звс} \cdot n \quad (2.14)$$

$$Q_{январь}^{звс} = 432,638 \cdot 744 = 321883 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 321,883 \text{ МВт}\cdot\text{ч}.$$

Расчеты для остальных месяцев проводим аналогично.

Результаты расчетов для всех потребителей тепловой энергии представлены в таблице 2.4 и на рисунке 2.2.

Таблица 2.4 – Потребление тепловой энергии по месяцам

Месяц	Отопление, МВт	ГВС, МВт	Общее, МВт
Январь	820,71	321,883	1142,593
Февраль	804,47	301,116	1105,586
Март	647,36	321,883	969,243
Апрель	357,54	311,5	669,04
Май		321,883	321,883
Июнь		311,5	311,5
Июль		321,883	321,883
Август		321,883	321,883
Сентябрь		311,5	311,5
Октябрь	376,5	321,883	698,383
Ноябрь	568,81	311,5	880,31
Декабрь	723,2	321,883	1045,083
Годовое потребление	4298,59	3800,297	8098,887

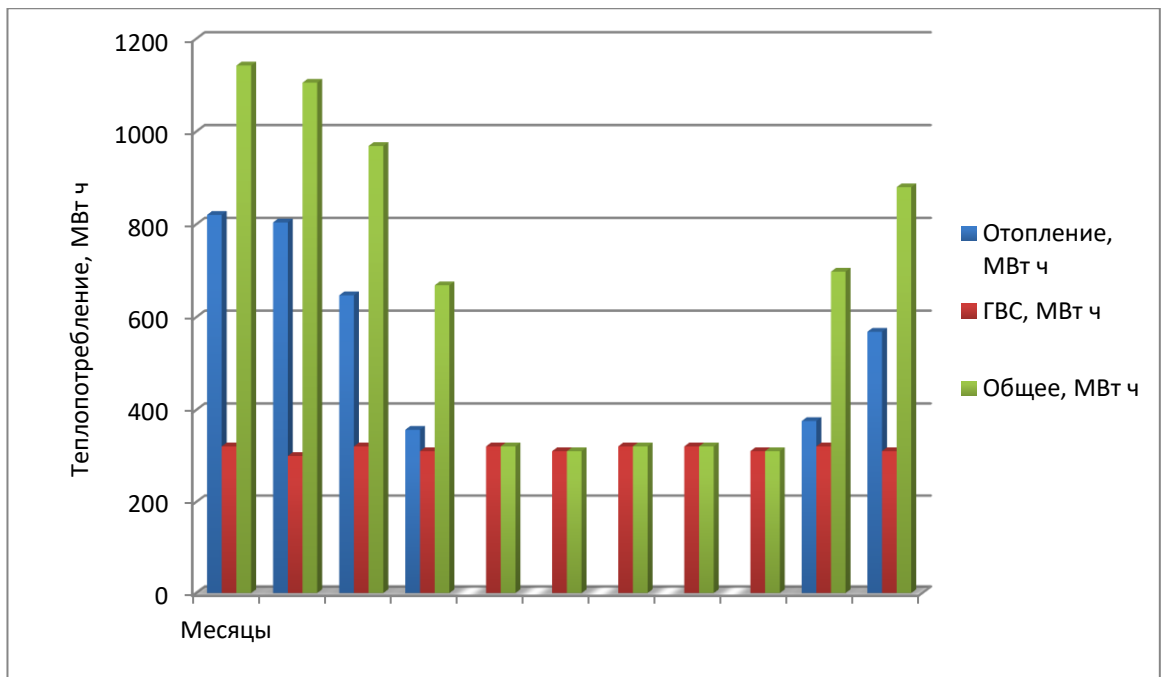


Рисунок 2.2 – Месячное потребление тепловой энергии ООО «НПО «НефтехГазМаш»

Годовой график теплотребления служит для определения годового расхода тепла и режима работы котельной. Годовой расход теплоты на все виды теплотребления можно подсчитать по аналитическим формулам, но удобнее определить его графически из годового графика тепловой нагрузки, который необходим также для установления режимов работы котельной в течение всего года.

Такой график строят в зависимости от длительности действия в данной местности различных наружных температур. График строят следующим образом. В правой его части по оси абсцисс откладывают продолжительность работы котельной (в часах), в левой части – температуру наружного воздуха, по оси ординат, откладывают расход теплоты.

Сначала строят график изменения расхода теплоты на отопление в зависимости от наружной температуры. Для этого на оси ординат откладывают суммарный максимальный поток теплоты, расходуемый на отопление и вентиляцию зданий. В нашем случае расход теплоты на вентиляцию зданий отсутствует. Найденную точку соединяют прямой с точкой, соответствующей

температуре наружного воздуха, равной удельной расчетной внутренней температуре помещений $t_6=18^{\circ}\text{C}$. Так как начало отопительного сезона принято при $t_{6н}=8^{\circ}\text{C}$, то линии графика до этой температуры часто показывают пунктиром [9].

Наклонную прямую от $t_6=8^{\circ}\text{C}$ до расчетной вентиляционной температуры $t_{6н}=-17^{\circ}\text{C}$ для нашей климатической зоны представляет расход теплоты на вентиляцию производственных зданий (в нашем случае отсутствует). При более низких температурах к приточному наружному воздуху подмешивается воздух помещений, т.е. происходит рециркуляция, а расход теплоты остается неизменным (график проходит параллельно оси абсцисс).

Расходы теплоты на горячее водоснабжение и технологические нужды зависят от t_n . Суммарный график расхода теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха и показывается ломаной линией (точка излома соответствует температуре) отсекающей на оси ординат отрезок, равный максимальному потоку теплоты, расходуемый на все виды потребления при расчетной температуре наружного воздуха t_n .

Вправо по оси абсцисс откладывают для каждой наружной температуры число часов отопительного сезона, в течение которых держалась температура равная и ниже той, для которой делается построение, и через эти точки проводят вертикальные линии. Далее на эти точки линии из суммарного графика расхода теплоты проектируют ординаты, соответствующие максимальным расходам теплоты при тех же наружных температурах. Полученные точки соединяют плавной кривой – график тепловой нагрузки за отопительный период.

Площадь, ограниченная осями координат, плавной кривой и горизонтальной линией, показывающей суммарную летнюю нагрузку, выражает годовой расход теплоты [9].

Для построения графиков годового расхода теплоты на нужды отопления и горячего водоснабжения потребуются следующие данные:

1) расход теплоты на отопление: $Q_{от} = 1,746 \text{ MВт}$;

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 2) расход теплоты на горячее водоснабжение: $Q_{гвс} = 0,432 \text{ МВт}$;
- 3) расчетная температура наружного воздуха: $t_{нв} = -30^\circ\text{C}$;
- 4) расчетная температура воздуха в помещении (средняя): $t_{вн} = 16,4^\circ\text{C}$;
- 5) температура исходной воды летом: $t = 15^\circ\text{C}$;
- 6) температура исходной воды зимой: $t = 5^\circ\text{C}$;
- 7) продолжительность стояния температур в течение отопительного периода определяется из таблицы 2.3.

Для построения графиков использовалась компьютерная программа «Теплоснабжение», разработанная в Мордовском госуниверситете им. Н.П. Огарёва на кафедре теплоэнергетических систем в 1999 году. График годового расхода теплоты представлен на рисунке 2.3, график теплопотребления на рисунке 2.4.

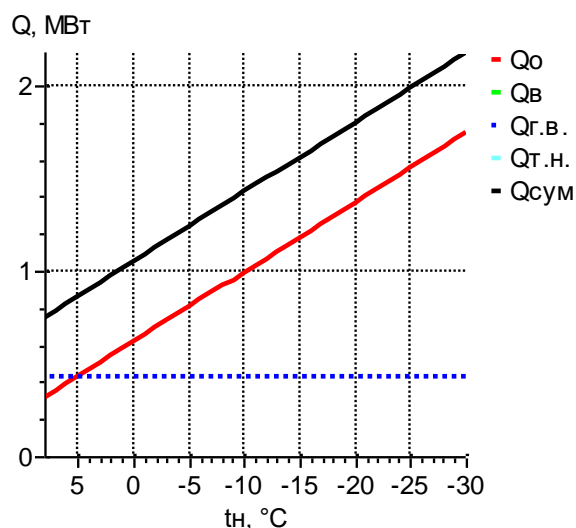
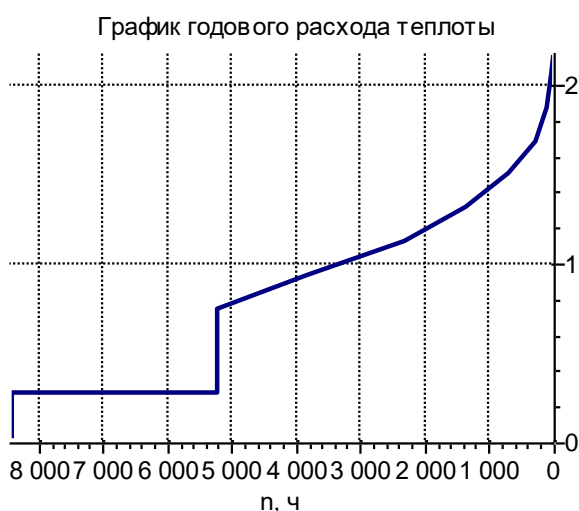


Рисунок 2.3 –График годового расход; Рисунок 2.4 – График теплопотреблени
теплоты

Построение графика центрального качественного регулирования отпуска теплоты по отопительной нагрузке основано на определении зависимости температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях от температуры наружного воздуха: $\tau_{1.0} = f(t_n)$, $\tau_{2.0} = f(t_n)$.

По полученным значениям $\tau_{1.0}$ и $\tau_{2.0}$ строят отопительный график температур воды в тепловой сети.

Так как по тепловым сетям одновременно подается теплота на отопление и горячее водоснабжение, для удовлетворения тепловой нагрузки горячего водоснабжения необходимо внести коррективы в отопительный график. Температура нагреваемой воды на выходе из водоподогревателя горячего водоснабжения должна быть 60...65°C, поэтому минимальная температура сетевой воды в подающей магистрали принимается равной 70 °С для закрытых и 60°C для открытых систем теплоснабжения.

Для этого отопительный график срезается на уровне 70°C или 60°C полученный график температур воды в тепловой сети называется отопительно-бытовым.

Точка излома графика делит его на две части с различными режимами регулирования: в диапазоне температур наружного воздуха от температуры в точке излома $t_{н,и}$ до $t_{н,о}$ осуществляется центральное качественное регулирование отпуска теплоты, в диапазоне $+8^{\circ}\text{C}...t_{н,и}$ – местное регулирование.

Расход сетевой воды через любую местную отопительную систему в течении всего отопительного периода поддерживается с помощью регулятора расхода (PP) постоянным, равным расчетному [20].

Расчетная нагрузка наружного воздуха для проектирования отопления $t_{но} = -30^{\circ}\text{C}$, воздуха в отапливаемых помещениях $t_g = 18^{\circ}\text{C}$, сетевой воды в подающей и обратной магистралях при $t_{но}$: $\tau_{1,0} = 95^{\circ}\text{C}$, $\tau_{2,0} = 70^{\circ}\text{C}$. Потребители подсоединены к тепловым сетям по зависимым схемам.

Температура воды в подающей и обратной магистралях в течение отопительного периода (в диапазоне $+8...-30^{\circ}\text{C}$):

$$\tau_{1,0} = t_e + \Delta t' \left(\frac{t_e - t_n}{t_e - t_{нм}} \right)^{0,8} + (\Delta \tau' - 0,5\theta') \frac{t_e - t_n}{t_e - t_{нм}}, \quad (2.15)$$

$$\tau_{2,0} = t_e + \Delta t' \cdot \left(\frac{t_e - t_H}{t_e - t_{HM}} \right)^{0,8} - 0,5\theta' \frac{t_e - t_H}{t_e - t_{HM}}. \quad (16)$$

где $\Delta t'$ – температурный напор нагревательного прибора, при расчетной температуре воды в отопительной системе $\tau'_3 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau'_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta t' = \frac{\tau'_3 + \tau'_{2,0}}{2} - t_e = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Расчетный перепад температур воды в местной системе отопления θ'

$$\theta' = \tau'_3 - \tau'_{2,0} = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Задаваясь различными значениями t_H в пределах $+8 \dots -30 \text{ }^\circ\text{C}$ (сетка: $+8$, $+5$, 0 , -5 , -10 , -15 , -20 , -25 , $-30 \text{ }^\circ\text{C}$), определяются $\tau_{1,0}$ и $\tau_{2,0}$. Строится график $\tau_{1,0} = f(t_H)$ и $\tau_{2,0} = f(t_H)$. График регулирования также построим по программе, разработанной на кафедре теплоэнергетических систем (рисунок 2.5).

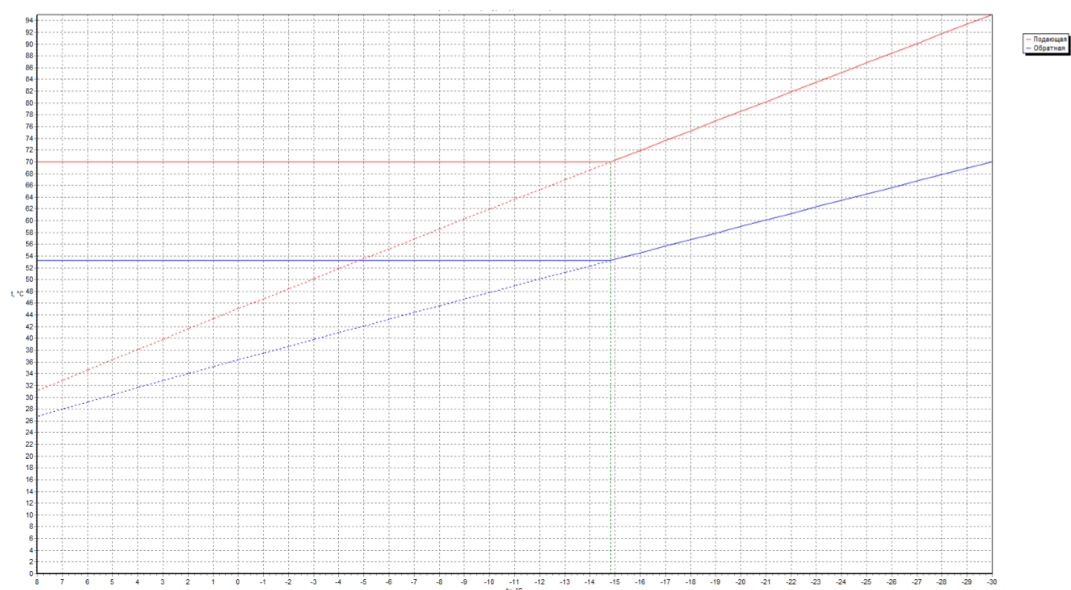


Рисунок 2.5 – График регулирования

2.4 Определение расчетных расходов теплоносителя в системе

$$G_{ox} = \frac{3600Q_{ox}}{c(t_1 - t_2)}, \quad (2.17)$$

где x - номер объекта;

Q_{ox} - тепловая нагрузка на отопление на соответствующем объекте, МВт;

c - удельная теплоемкость, равна 4,19 кДж/кг[°]С;

t_1 - температура воды в подающем трубопроводе, принимаем 95 °С;

t_2 - температура воды в обратном трубопроводе, принимаем 70 °С;

Подающий и обратный трубопроводы имеют одинаковые расчетные расходы воды, поэтому для расчетной схемы теплоснабжения достаточным будет просчитать участки на подающем трубопроводе.

Рассчитаем расход теплоносителя:

Столярный цех:

$$G_{o(ст)} = \frac{3600 \cdot 0,68234}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 23,45 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Цокальный цех:

$$G_{o(ц)} = \frac{3600 \cdot 0,29692}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 10,2 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Цех нестандартного оборудования:

$$G_{o(н)} = \frac{3600 \cdot 0,10523}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 3,6 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Бытовой корпус:

$$G_{o(b)} = \frac{3600 \cdot 0,11812}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 4,06 \text{ м / ч}$$

Механический цех:

$$G_{o(m)} = \frac{3600 \cdot 0,14876}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 5,11 \text{ м / ч}$$

Цех нестандартного оборудования №2:

$$G_{o(n2)} = \frac{3600 \cdot 0,08775}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 3,02 \text{ м / ч}$$

Столярный цех №2:

$$G_{o(cm2)} = \frac{3600 \cdot 0,11804}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 4,06 \text{ м / ч}$$

Гараж:

$$G_{o(z)} = \frac{3600 \cdot 0,05161}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 1,77 \text{ м / ч}$$

Гараж №2:

$$G_{o(z2)} = \frac{3600 \cdot 0,04791}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 1,65 \text{ м / ч}$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Административное здание:

$$G_{o(адм)} = \frac{3600 \cdot 0,09108}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 3,13 \text{ м} / \text{ч}$$

Общий расход теплоносителя:

$$G_{общ} = \Sigma G_{ох} = 60,05 \text{ м} / \text{ч}$$

Таблица 2.5 - Расходы теплоносителя по объектам системы

Объект	Расход теплоносителя т/ч		
	На отопление	На вентиляцию	Суммарный
Столярный цех	23,45	-	23,45
Цокальный цех	10,2	-	10,2
Цех нестандартного оборудования	3,6	-	3,6
Бытовой корпус	4,06	-	4,06
Механический цех	5,11	-	5,11
Цех нестандартного оборудования №2	3,02	-	3,02
Столярный цех №2	4,06	-	4,06
Гараж	1,77	-	1,77
Гараж №2	1,65	-	1,65
Административное здание	3,13	-	3,13

2.5 Гидравлический расчет тепловых сетей

Основной задачей гидравлического расчета при проектировании тепловых сетей является:

- определение диаметров трубопроводов участков тепловой сети;
- определение потерь давления или потерь по всей сети или на отдельных участках [5].

Предварительный диаметр трубопровода d , мм определяем по формуле

$$d = \frac{A_d^6 \cdot G^{0,38}}{R_l^{0,19}}, \quad (2.18)$$

где: G - расход сетевой воды, кг/с;

A_d^6 - постоянный коэффициент, зависящий от шероховатости трубопровода, принимаем $A_d^6 = 117 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{0,62} / \text{кг}^{0,19}$;

R_l - удельные потери давления по длине 30-80 Па/м.

1-ый участок:

$$d = \frac{117 \cdot 10^{-3} \cdot 16,68^{0,38}}{80^{0,19}} = 148 \text{ мм}$$

Принимаем $d=150$ мм.

2-ой участок:

$$d = \frac{117 \cdot 10^{-3} \cdot 3,87^{0,38}}{80^{0,19}} = 85 \text{ мм}$$

Принимаем $d=100$ мм.

3-ий участок:

$$d = \frac{117 \cdot 10^{-3} \cdot 4,96^{0,38}}{80^{0,19}} = 93 \text{ мм}$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Принимаем $d=100\text{мм}$.

4-ый участок:

$$d = \frac{117 \cdot 10^{-3} \cdot 7,38^{0,38}}{80^{0,19}} = 108,7 \text{ мм}$$

Принимаем $d=125\text{мм}$.

5-ый участок:

$$d = \frac{117 \cdot 10^{-3} \cdot 9,3^{0,38}}{80^{0,19}} = 118,7 \text{ мм}$$

Принимаем $d=125\text{мм}$.

Проверочный расчет.

Уточняется диаметр трубопровода до ближайшего по ГОСТ.

Определения действительного удельного линейного падения давления, Па/м;

$$R'_l = A_R^b \cdot \frac{G^2}{(d')^{5,25}}, \quad (2.19)$$

где A_R^b – постоянный коэффициент, зависящий от шероховатости трубопровода, при $k_s = 0,0005 \text{ м}$ $A_R^b = 13,64 \cdot 10^{-6}$.

При полученном диаметре d' уточняется величина коэффициентов местных потерь $\Sigma\zeta$ и определяется эквивалентная длина местных сопротивлений, м:

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

$$l_3 = A_e \cdot \Sigma \zeta \cdot (d')^{1,25}, \quad (2.20)$$

где A_e – постоянный коэффициент, зависящий от шероховатости трубопровода, при $k_s = 0,0005 \text{ м}$ $A_e = 60,5 \text{ м}^{-0,25}$;

$\Sigma \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

Падения давления, Па, в подающих и обратных линиях участка:

$$\Delta p_n = \Delta p_o = R'_l \cdot (l + l_3), \quad (2.21)$$

Падения напора м, в подающих и обратных линиях участка:

$$\Delta H_n = \Delta H_o = \frac{\Delta p}{\gamma}, \quad (2.22)$$

где l – длина участка трубопровода, м;

γ – удельный вес воды.

Скорость теплоносителя, м/с;

$$\omega = \frac{G}{f} = \frac{G \cdot 4}{\pi (d')^2}, \quad (2.23)$$

Проверочный расчет:

1-ый участок:

$$R'_l = 13,64 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{16,68^2}{0,15^{5,25}} = 80,3 \text{ Па / м};$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$l_s = 60,5 \cdot 0,4 \cdot (0,15)^{1,25} = 2,259 \text{ м};$$

$$l = 83 \text{ м};$$

$$\Delta p_n = \Delta p_o = 80,3 \cdot (83 + 2,259) = 6846,3 \text{ Па}.$$

$$\omega = \frac{16,68 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (0,15)^2} = 0,944 \text{ м/с}.$$

2-ой участок:

$$R'_n = 13,64 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3,87^2}{0,1^{5,25}} = 36,3 \text{ Па/м};$$

$$l_s = 60,5 \cdot 0,4 \cdot (0,01)^{1,25} = 1,36 \text{ м}$$

$$l = 15 \text{ м};$$

$$\Delta p_n = \Delta p_o = 36,3 \cdot (15 + 1,36) = 593,8 \text{ Па}.$$

$$\omega = \frac{3,87 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (0,01)^2} = 0,49 \text{ м/с}.$$

3-ий участок:

$$R'_n = 13,64 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{4,96^2}{0,1^{5,25}} = 59,7 \text{ Па/м};$$

$$l_s = 60,5 \cdot 0,4 \cdot (0,1)^{1,25} = 1,36 \text{ м};$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$l = 9 \text{ м};$$

$$\Delta p_n = \Delta p_o = 59,7 \cdot (9 + 1,36) = 618,5 \text{ Па}.$$

$$\omega = \frac{4,96 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (0,1)^2} = 0,63 \text{ м/с}.$$

4-ый участок:

$$R'_l = 13,64 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{7,38^2}{0,125^{5,25}} = 40,9 \text{ Па/м};$$

$$l_s = 60,5 \cdot 0,4 \cdot (0,125)^{1,25} = 1,798 \text{ м};$$

$$l = 16 \text{ м};$$

$$\Delta p_n = \Delta p_o = 40,9 \cdot (16 + 1,798) = 727,9 \text{ Па}.$$

$$\omega = \frac{7,38 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (0,125)^2} = 0,6 \text{ м/с}.$$

5-ый участок:

$$R'_l = 13,64 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{9,3^2}{0,125^{5,25}} = 65 \text{ Па/м};$$

$$l_s = 60,5 \cdot 0,4 \cdot (0,125)^{1,25} = 1,798 \text{ м};$$

$$l = 142 \text{ м};$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$\Delta p_n = \Delta p_o = 65 \cdot (142 + 1,798) = 9346,87 \text{ Па}.$$

$$\omega = \frac{9,3 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (0,125)^2} = 0,76 \text{ м/с}.$$

Таблица 2.6 – Гидравлический расчет системы отопления

№ участка	Расход сетевой воды, кг/с;	Внутренний диаметр участка, мм	Удельного линейного падения давления, Па/м;	Эквивалентная длина местных сопротивлений, м;	Общие потери давления, Па	Скорость теплоносителя, м/с
1	16,68	150	80,3	2,259	6846,3	0,944
2	3,87	100	36,3	1,36	593,8	0,49
3	4,96	100	59,7	1,36	618,5	0,63
4	7,38	125	40,9	1,798	727,9	0,6
5	9,3	125	65	1,798	9346,87	0,76

При разработке гидравлического режима необходимо учитывать:

- давление в обратном трубопроводе (и в верхних точках системы отопления) не должно быть ниже атмосферного;
- давление в обратном трубопроводе по условиям прочности не должно превышать 6 кгс/см^2 или $588,4 \text{ кПа}$;
- давление в подающей линии не должно быть меньше давления вскипания при максимальной расчетной температуре теплоносителя и больше допустимого по условиям прочности;
- давление в подающем трубопроводе не должно быть меньше давления насыщения, соответствующего расчетной температуре сетевой воды [5].

3 Конструктивная часть

3.1 Расчет тепловой схемы котельной для покрытия нагрузок отопления

Расчет начинается с определения нагрузок на котельную в различных режимах работы, а именно:

- максимально-зимнего, при средней температуре наружного воздуха в наиболее холодную пятидневку;
- наиболее холодного месяца, при средней температуре наружного воздуха в наиболее холодном месяце;
- среднего за отопительный период, при температуре наружного воздуха, средней за отопительный период;
- точка излома, при температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика;
- летнего, при расчётной температуре наружного воздуха теплого периода.

Величина нагрузок на отопление Q_o , кВт определяется по формуле

$$Q_o = Q_o' \frac{t_{в.р.} - t_n}{t_{в.р.} - t_{н.о.}}, \quad (3.1)$$

где $t_{в.р.}$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, °С [21];

t_n – текущее значение температуры наружного воздуха, °С;

$t_{н.о.}$ – температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С [9].

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Расход сетевой воды G_o , кг/с, для нужд отопления определяется по формуле:

$$G_o = \frac{Q_o}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \quad (3.2)$$

где τ_1, τ_2 – температура сетевой воды в прямом и обратном трубопроводах при текущем значении температуры наружного воздуха, определяемая по графику температур сетевой воды.

Расход воды $G_{подп.}$, кг/с, на подпитку и потери в тепловой схеме котельной зимой составляет 2,5% от общего расхода сетевой воды при максимально-зимнем режиме:

$$G_{подп.} = 0,025 \cdot G_o . \quad (3.3)$$

Расход воды G_k , кг/с, на котельную:

$$G_k = \frac{Q_k}{c(t'' - t')}, \quad (3.4)$$

где t', t'' – температура на входе в котел и на выходе из него, °С.

Температура воды t''_k на выходе из котла, °С при $t'_k = const$ будет равна

$$t''_k = t'_k + \frac{Q_k}{c \cdot G_k}. \quad (3.5)$$

Расход исходной воды $G_{исх.}$, кг/с составляет:

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G_{исх} = 1,2 \cdot G_{хво} \cdot \quad (3.6)$$

Расход химически очищенной воды $G_{хво}$, кг/с, равен расходу подпиточной воды:

$$G_{хво} = G_{подп} \cdot \quad (3.7)$$

Общая тепловая мощность котельной Q_k , кВт

$$Q_k = Q_{ов} + Q_{зв} + Q_{сн} \cdot \quad (3.8)$$

Расчетный расход воды G_k^p , кг/с, через котлы составляет:

$$G_k^p = \frac{Q_{ов} + Q_{зв}}{c(t_k'' + t_k')} + G_{сн} \cdot \quad (3.9)$$

Относительная погрешность Δ , %

$$\Delta = \frac{G_k^p - G_k^\phi}{G_k^p} < 3. \quad (3.10)$$

На первом этапе расчета расход на собственные нужды был принят предварительно, поэтому необходимо сопоставить ранее принятые расходы с полученными расчетными данными. Расхождение в расходе воды через котлы не должно превышать 3%.

Для максимально зимнего режима

$$Q_o = 1,747 \frac{16 - (-30)}{16 - (-30)} = 1,747 \text{ МВт},$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$G_o = \frac{1,747 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 10^3 (95 - 70)} = 16,68 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{нодн}} = 0,025 \cdot 16,68 = 0,417 \text{ кг/с},$$

$$G_{\kappa} = \frac{1,747 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 10^3 (95 - 70)} = 16,68 \text{ кг/с},$$

$$Q_{\kappa} = 1,747 \text{ МВт},$$

$$t_{\kappa}'' = 70 + \frac{1747 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 10^3 \cdot 16,68} = 95^{\circ}\text{C},$$

$$G_{\text{хво}} = 0,417 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{исх}} = 1,2 \cdot 0,417 = 0,5 \text{ кг/с},$$

$$G_{\kappa}^p = \frac{1747 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 10^3 (95 - 70)} = 16,68 \text{ кг/с},$$

$$\Delta = \frac{16,68 - 16,68}{16,68} = 0 < 3\%.$$

Остальные расчеты проводим аналогично, результаты сведены в таблицу

б.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Таблица 3.1 – Результаты расчета тепловой схемы отопительной котельной

Параметры	Максимально зимний	Средний наиболее холодного месяца	Средний отопительного периода	Точка излома температурного графика	Летний
Температура наружного воздуха $t_{но}$, °C	-30	-12,3	-4,7	-14,8	+8
Расход теплоты на отопление Q_o , МВт	1,747	1,075	0,786	1,17	0,3
Температура обратной сетевой воды τ_2 , °C	70	51	42	53	27
Расход сетевой воды на отопление G_c , кг/с	16,68	16,03	17,05	16,42	14,31
Расход исходной воды $G_{исх}$, кг/с	0,5	0,48	0,52	0,49	0,43
Температура прямой сетевой воды τ_1 , °C	95	67	53	70	32
Расход подпиточной воды $G_{подп}$, кг/с	0,417	0,4	0,43	0,41	0,36
Расход ХВО $G_{хво}$, кг/с	0,417	0,4	0,43	0,41	0,36
Общая тепловая мощность котельной Q_k , МВт	1,747	1,075	0,786	1,17	0,3
Расход воды через котельные агрегаты G_k , кг/с	16,68	16,68	16,68	16,68	16,68
Расчетный расход воды через котельные агрегаты $G_{ка}^{\phi}$, кг/с	16,68	17,1	16,75	16,7	16,6
Температура воды на выходе из котельной t_k'' , °C	95	85	81,2	86,7	74,3

Окончание таблицы 3.1

Температура воды на входе в котельную $t'_k, ^\circ C$	70	70	70	70	70
Число включенных в работу котлов $n, шт$	2	2	1	2	1

3.2 Расчет тепловой схемы котельной для покрытия нагрузок горячего водоснабжения

Котел установки горячего водоснабжения работает в постоянном режиме с параметрами теплоносителя 86 - 60 °С. Следовательно необходимо рассчитать 2 режима работы котельный - в отопительный и летний период.

В качестве регулирующей арматуры предусматривается установка трехходового клапана, обеспечивающего автоматическое поддержание заданной температуры воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, изменяя подачу теплоносителя на теплообменник в зависимости от расхода горячей воды.

Нагрузка на горячее водоснабжение для всех режимов, кроме летнего, равна нагрузке на ГВС при максимально-зимнем режиме. В летнем режиме нагрузка ГВС $Q_{гвс}^л, кВт$ составит

$$Q_{гвс}^л = 0,8Q_{гвс}^з, \quad (3.11)$$

$$Q_{гвс}^л = 0,8 \cdot 432 = 345,6 \text{ кВт.}$$

Определяем общий расход сетевой воды $G_{гвс}, кг/с$ на нужды горячего водоснабжения:

$$G_{звс} = \frac{Q_{звс}^3}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/с.} \quad (3.12)$$

$$G_{звс} = \frac{432}{4,19(86 - 60)} = 3,96 \text{ кг/с,}$$

$$G_{звс} = \frac{345,6}{4,19(86 - 60)} = 3,17 \text{ кг/с.}$$

Расход воды на подпитку и потери в тепловой схеме котельной зимой $G_{подп}$, кг/с составляет 2,5% от общего расхода сетевой воды при максимально-зимнем режиме:

$$G_{подп} = 0,025G_{звс}^3, \text{ кг/с.} \quad (3.13)$$

Расход воды на потери и подпитку в тепловой схеме котельной летом составит 2,5% от расхода сетевой воды на горячее водоснабжение летом.

$$G_{подп}^л = 0,025 \cdot 3,17 = 0,079 \text{ кг/с,}$$

$$G_{подп}^з = 0,025 \cdot 3,96 = 0,099 \text{ кг/с.}$$

Количество и единичную производительность котлоагрегатов, устанавливаемых в котельной, выбираем по расчетной производительности котельной, проверяя режим работы котлоагрегатов для теплого периода года. При этом в случае выхода из строя наибольшего по производительности котла в котельных первой категории оставшиеся должны обеспечивать отпуск тепла потребителям первой категории: на технологическое теплоснабжение и системы вентиляции – в количестве, определяемом минимально допустимыми нагрузками

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(независимо от температуры наружного воздуха); на отопление и горячее водоснабжение - в количестве, определяемом режимом наиболее холодного месяца [6].

В случае выхода из строя одного котла независимо от категории котельной количество тепла, отпускаемого потребителям второй категории не нормируется. В котельных должна предусматриваться установка не менее двух котлов, за исключением производственных котельных второй категории, в которых допускается установка одного котла [19].

Расход воды через котел G_{κ} , кг/с находим по формуле:

$$G_{\kappa} = \frac{Q_{\kappa}}{c(t'' - t')}, \quad (3.14)$$

$$G_{\kappa} = \frac{432}{4,19 \cdot (86 - 60)} = 3,96 \text{ кг/с}.$$

Расход исходной воды $G_{исх}$, кг/с составляет:

$$G_{исх} = 1,2G_{хво}, \quad (3.15)$$

$$G_{исх}^3 = 1,2 \cdot 0,099 = 0,1188 \text{ кг/с},$$

$$G_{исх}^л = 1,2 \cdot 0,079 = 0,0948 \text{ кг/с}.$$

Расход химически очищенной воды $G_{хво}$, кг/с, равен расходу подпиточной воды:

$$G_{хво} = G_{под}, \quad (3.16)$$

Расчетный расход воды G_k^p , кг/с через котлы составляет:

$$G_k^p = \frac{Q_{ов} + Q_{зв}}{c(t_k'' - t_k')} + G_{сн}^p, \quad (3.17)$$

$$G_k^3 = \frac{0,432 \cdot 10^6}{4,19 \cdot 10^3 (86 - 60)} = 3,96 \text{ кг/с},$$

$$G_k^3 = \frac{345,6}{4,19 \cdot (86 - 60)} = 3,17 \text{ кг/с}.$$

Относительная погрешность Δ , %

$$\Delta = \frac{G_k^p - G_k^{\phi}}{G_k^p} < 3, \quad (3.18)$$

$$\Delta^3 = \frac{3,96 - 3,96}{3,96} = 0 < 3\%,$$

$$\Delta^3 = \frac{3,17 - 3,17}{3,17} = 0 < 3\%.$$

Результаты расчета тепловой схемы котельной для покрытия нагрузок горячего водоснабжения заносим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчета тепловой схемы котельной для покрытия нагрузок горячего водоснабжения

Параметры	Максимально зимний	Летний
Температура наружного воздуха $t_{но}$, °C	-30	+8
Расход теплоты на ГВС $Q_{звс}$, МВт	0,432	0,3456

Окончание таблицы 3.2

Температура прямой сетевой воды $\tau_1, ^\circ\text{C}$	86	86
Температура обратной сетевой воды $\tau_2, ^\circ\text{C}$	60	60
Расход исходной воды $G_{исх}, \text{кг/с}$	0,1188	0,0948
Расход подпиточной воды $G_{подп}, \text{кг/с}$	0,099	0,079
Расход ХВО $G_{хво}, \text{кг/с}$	0,099	0,079
Расход теплоты на собственные нужды $Q_{сн}, \text{МВт}$	-	-
Общая тепловая мощность котельной $Q_k, \text{МВт}$	0,432	0,3456
Расход воды через котельные агрегаты $G_k, \text{кг/с}$	3,96	3,17

3.3 Выбор котлоагрегатов

На предприятии ООО «НПО «НефтехГазМаш» в 2009 году была введена в эксплуатацию блочно-модульная котельная $P=1,5$ МВт типа БМКа-1500 производства ООО «Агроспецсервис», с двумя водогрейными котлами типа КВа-0,75 марки «Прометей».

Котельная является источником теплоснабжения только для административного здания. Теплоснабжение оставшихся производственных корпусов и складских помещений в настоящее время осуществляется от газовых инфракрасных излучателей ГИИ-20. Они в свою очередь являются хорошими обогревательными приборами и часто используются для промышленного отопления. Но в нашем случае их использование не рационально.

Газовые инфракрасные излучатели имеют ряд недостатков:

- неравномерное распределение температуры в помещении;
- при необходимости прогревать весь объем воздуха в помещении эффективность аппаратов сильно снижается;

- помещение довольно быстро остывает – так как воздух и стены не нагреваются, то небольшое количество накопленного тепла очень быстро рассеивается;
- достаточно опасны в части ожогов при приближении, их длительное воздействие на человека может иметь негативные последствия;
- при неправильно подобранной высоте расположения, яркий свет от газовых излучателей может мешать выполнять определённые категории работ в помещении;
- существует возможность возгорания локально нагретой поверхности [13].

Поэтому в работе представлена замена газовых излучателей ГИИ-20 на систему водяного отопления.

Габаритные размеры котельной позволяют произвести смену существующих котлов на более мощные. Поэтому будем использовать водогрейные котлы типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic» в количестве 2 шт. со встроенной горелкой типа ГМГРБ-1. (технические характеристики представлены в таблице 3.3) [4].

Таблица 3.3 – Технические характеристики котла

Наименование	Единица измерения	Величина
		водогрейный котел типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic»
Теплопроизводительность (макс.)	<i>кВт</i>	1100
	<i>ккал/ч</i>	945,8
Коэффициент полезного действия	%	92
Температуры дымовых газов на выходе из котла	°С	160
Максимальное рабочее давление	<i>бар</i>	6,0
Объем воды в котле	<i>л</i>	1500
Вес котла	<i>кг</i>	3115

3.4 Расчет теплообменного аппарата

Теплообменными аппаратами называются устройства, предназначенные для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому.

1. Максимальный расход греющей воды, можно определить из уравнения баланса

$$Q = G_1 c_1 (t'_1 - t''_1) \eta = G_2 c_2 (t''_2 - t'_2). \quad (3.19)$$

Тогда расход G , кг/с

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 \eta (t'_1 - t''_1)} \text{ и } G_2 = \frac{Q}{c_2 \eta (t''_2 - t'_2)}, \quad (3.20)$$

Производительность $Q=0,432 \text{ МВт}$.

Начальная температура греющей воды $t'_1=86^\circ\text{C}$.

Конечная температура греющей воды $t''_1=60^\circ\text{C}$.

Начальная температура нагреваемой воды $t'_2=5^\circ\text{C}$.

Конечная температура нагреваемой воды $t''_2=55^\circ\text{C}$.

Тепловые потери из-за несовершенства теплоизоляции для водоподогревателей по ГОСТ 27590 - 2005 принимаются от 5 до 9%. При расчете примем потери 7%, тогда $\eta=1-0,07=0,93$.

Теплоемкость греющей воды при средней температуре

$$t_{1cp} = \frac{t'_1 + t''_1}{2} = \frac{86 + 60}{2} = 73^\circ\text{C}$$

принимается равной $c_1=4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ и плотность $\rho_1=934,8 \text{ кг}/\text{м}^3$ [21].

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$G_1 = \frac{0,432 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,93 \cdot (86 - 60)} = 4,25 \text{ кг/с}.$$

2. Для определения расхода нагреваемой воды задаемся конечной температурой $t_2''=55^\circ\text{C}$, теплоемкость воды при средней температуре

$$t_{2cp} = \frac{t_2' + t_2''}{2} = \frac{5 + 55}{2} = 30^\circ\text{C}$$

принимается равной $c_2=4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ и плотность $\rho_2=934,8 \text{ кг/м}^3$ [21].

$$G_2 = \frac{0,432 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,93 \cdot (55 - 5)} = 2,21 \text{ кг/с}.$$

3. Соотношение числа ходов для греющей X_1 и нагреваемой X_2 воды находится по формуле

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{G_{гр}}{G_{нагр}} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{\Delta P_{гр}}{\Delta P_{нагр}} \right)^{0,364} \cdot \frac{1000 - t_{cp}^{нагр}}{1000 - t_{cp}^{гр}}, \quad (3.21)$$

Для пластинчатого теплообменника (ГОСТ 15518-87) в большинстве случаев принимается $\Delta P_{гр}=40 \text{ кПа}$ и $\Delta P_{нагр}=100 \text{ кПа}$. Подставив числовые данные, получаем:

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{4,25}{2,21} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{40}{100} \right)^{0,364} \cdot \frac{1000 - 30}{1000 - 73} = 1,14.$$

Полученное соотношение ходов не превышает 2, значит для повышения скорости воды и, следовательно, для эффективного теплообмена целесообразна симметричная компоновка – рисунок 3.1 [3].

4. При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость воды в каналах принимается равной $w_{opt} = 0,4 \text{ м/с}$ [1].

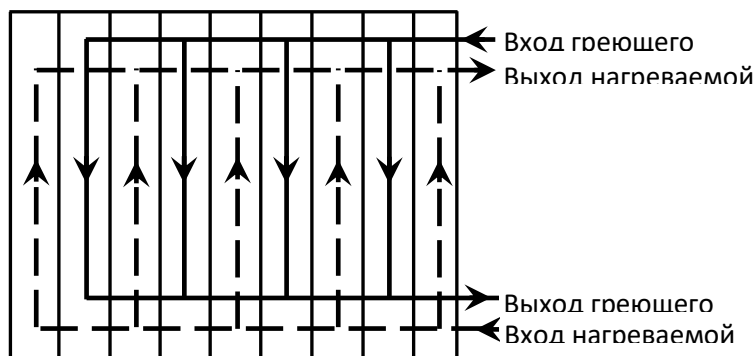


Рисунок 3.1 – Симметричная компоновка пластинчатого водоподогревателя

Теперь по оптимальной скорости находим требуемое количество каналов по нагреваемой воде $m_{нагр}$

$$m_{нагр} = \frac{G_1}{w_{opt} f_k \rho_1}, \quad (3.22)$$

где f_k – живое сечение одного межпластинчатого канала, м^2 [1].

Для выбранного теплообменника $f_k = 0,00032 \text{ м}^2$, тогда

$$m_{нагр} = \frac{4,25}{0,4 \cdot 0,00032 \cdot 934,8} = 35,52 \approx 36.$$

5. Компоновка водоподогревателя симметричная, т.е. $m_{гр} = m_{нагр}$.

Общее живое сечение каналов f , м^2 в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды

$$f_{zp} = f_{нагр} = m_{нагр} f_k. \quad (3.23)$$

$$f_{zp} = f_{нагр} = 36 \cdot 0,00032 = 0,01152 \text{ м}^2.$$

6. Находим фактическую скорость греющей воды w_{zp} , м/с

$$w_{zp} = \frac{G_1}{f_{zp} \rho_1}, \quad (3.24)$$

$$w_{zp} = \frac{4,25}{0,01152 \cdot 934,8} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Аналогично определяем фактическую скорость нагреваемой воды

$$w_{нагр} = \frac{G_2}{f_{нагр} \rho_2} = \frac{2,21}{0,01152 \cdot 934,8} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

7. Коэффициент теплоотдачи α_1 , Вт/(м²·°С) от греющей воды к стенке пластины определяется по формуле

$$\alpha_1 = 1,16A \left(23000 + 283t_{1cp} - 0,63t_{1cp}^2 \right) w_{zp}^{0,73}, \quad (3.25)$$

где A – коэффициент, зависящий от типа пластин, для типа выбранных пластин $A=0,492$ [1].

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot 0,492 [23000 + 283 \cdot 73 - 0,63 \cdot 73^2] \cdot 0,4^{0,73} = 11782,86 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

8. Коэффициент тепловосприятия α_2 , Вт/(м²·°С) от стенки пластины к нагреваемой воде принимается по формуле [10]:

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$\alpha_2 = 1,16A(23000 + 283t_{2cp} - 0,63t_{2cp}^2)w_{нагр}^{0,73}, \quad (3.26)$$

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot 0,492[23000 + 283 \cdot 30 - 0,63 \cdot 30^2] \cdot 0,2^{0,73} = 5450,75 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

9. Коэффициент теплопередачи k , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ определяется по формуле

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}}, \quad (3.27)$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине [10].

В зависимости от качества воды принимается равным 0,7-0,85 [10]. Толщина пластины и коэффициент теплопроводности пластины для пластинчатых теплообменников по ГОСТ 15518-87 равны соответственно

$$\delta_{cm} = 1\text{мм} = 0,001\text{м} \text{ и } \lambda_{cm} = 16 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C}),$$

$$k = \frac{0,8}{\frac{1}{11782,86} + \frac{1}{5450,75} + \frac{0,001}{16}} = 2418,16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

10. Теперь определим необходимую поверхность нагрева F_{mp} , м^2

$$F_{mp} = Q/k\Delta t. \quad (3.28)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$F_{mp} = \frac{0,432 \cdot 10^6}{2418,16 \cdot 41,88} = 4,2 \text{ м}^2.$$

11. Количество ходов в теплообменнике X , *шт*

$$X = \frac{F_{mp} + f_{nl}}{2mf_{nl}}, \quad (3.29)$$

где f_{nl} – поверхность нагрева одной пластины, м^2 [10].

$$X = (4,2 + 0,6) / (2 \cdot 36 \cdot 0,6) = 0,11.$$

Число ходов округляется до целой величины, в нашем случае до 1.

В одноходовых теплообменниках четыре штуцера для подвода и отвода греющей и нагреваемой воды располагаются на одной неподвижной плите [10].

12. Действительная поверхность нагрева всего водоподогревателя определяется по формуле

$$F = (2mX - 1)f_{nl}, \quad (3.30)$$

$$F = (2 \cdot 36 \cdot 1 - 1) \cdot 0,6 = 42,6 \text{ м}^2.$$

13. Потери давления ΔP , *кПа* в водоподогревателях следует определять по формулам:

- для нагреваемой воды

$$\Delta P_{нагр} = \varphi Б (33 - 0,08 t_{2cp}) w_{нагр}^{1,75} X, \quad (3.31)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать $\varphi=1,5\dots 2$ [1].

$$\Delta P_{нагр} = 1,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 30) \cdot 0,2^{1,75} \cdot 1 = 8,23 \text{ кПа} ,$$

- для греющей воды

$$\Delta P_{зр} = \varphi B (33 - 0,08 t_{1ср}) w_{зр}^{1,75} X , \quad (3.32)$$

$$\Delta P_{зр} = 1,5 \cdot 3 \cdot (33 - 0,08 \cdot 73) \cdot 0,4^{1,75} \cdot 1 = 24,59 \text{ кПа}$$

3.5 Подбор насосного оборудования для отопления и горячего водоснабжения

1. Циркуляционный насос. Служит для подачи требуемого расхода и обеспечения требуемого напора горячей воды у потребителя. Его выбирают по расходу горячей воды и необходимому напору. Расход теплоносителя определяется согласно данным подбора теплообменных аппаратов по греющей среде, $m^3/ч$ [24].

Требуемый напор насоса P_u , $кПа$ определяется по формуле:

$$P_u = \sum P + P_{зан} , \quad (3.33)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

где $\sum P$ – суммарные потери давления в контуре, складывающиеся из сопротивления воды в водяном контуре котла и сопротивления в теплообменнике, кПа ;

$P_{\text{зан}}$ – запас по напору, принимается равным 5 % от $\sum P$, кПа [27].

Контур «котел-теплообменник»:

$$P_y = 60,36 + 3,018 = 63,378 \text{ кПа}; G = 15,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Котловой на отопление:

$$P_y = 47,4 + 2,37 = 49,7 \text{ кПа}; G = 30,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Системы ГВС:

$$P_y = 65,7 + 3,285 = 68,9 \text{ кПа}; G = 14 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Согласно правилам Госгортехнадзора РФ, в котельной должно быть установлено для контура отопления и вентиляции - как минимум 3 насоса, один из которых резервный, а для контура горячего водоснабжения – 2 [24].

2. Сетевой насос. Этот насос служит для циркуляции воды в тепловой сети. Его выбирают по расходу сетевой воды из расчета тепловой схемы. Сетевые насосы устанавливаются на обратной линии тепловой сети, где температура сетевой воды не превышает 70°C .

Согласно правилам Госгортехнадзора РФ, в котельной должно быть установлено не менее 2-х сетевых насосов плюс один резервный [24].

Расход теплоносителя определяется по данным подбора теплообменных аппаратов по нагреваемой среде, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для контура отопления:

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Напор развиваемый сетевым $P_{сет}$, $кПа$ насосом выбирается в зависимости от требуемого напора у потребителя и сопротивлением сети определяется по формуле

$$P_{сет} = \sum P_{треб} + P_{зап} \quad (3.34)$$

где $P_{зап}$ – запас по напору, принимается равным 5 % от $\sum P_{треб}$, $кПа$ [18];

$\sum P_{треб}$ – требуемый напор для насоса, $кПа$, определяемый по формуле

$$\sum P_{треб} = P_{маг} + P_{то} + P_{со} = H_{нас}, \quad (3.35)$$

где $P_{маг}$ – сопротивление в магистрали, численно равное удвоенному значению гидравлического сопротивления системы отопления (исходные данные), $кПа$ [24];

$P_{то}$ – сопротивление в теплообменнике по нагреваемой среде, $кПа$ [24];

$P_{со}$ – сопротивление абонента СО, $кПа$, определяется суммой: потери давления в СО – 10 $кПа$, потери давления в регуляторах давления и температуры – 25 $кПа$, потери давления в подогревателе СО – 20 $кПа$, потери давления на элеваторе (если есть) определяются по формуле из [24].

$H_{нас}$ – напор на всасывающем патрубке насоса, $кПа$, согласно характеристики насоса принимается равным 50-150 $кПа$ (5-15 м) [24].

Суммарные потери давления в контуре складываются из сопротивления в магистрали, сопротивления в теплообменнике и сопротивления абонента СО.

$$\sum P_{треб} = 36 + 66 + 60 = 162 \text{ кПа.}$$

$$P_{сет} = 162 + 8,1 = 170,1 \text{ кПа.}$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

3. Подпиточный насос. Насос предназначен для восполнения утечки воды из системы теплоснабжения, количество воды необходимое для покрытия утечек определяется в расчете тепловой схемы.

Необходимый напор подпиточных насосов определяется давлением воды в обратной магистрали и сопротивлением трубопроводов и арматуры на линии подпитки, число подпиточных насосов должно быть не менее 2-х, один из которых резервный [24].

Для контура отопления и ГВС.

Объем воды в трубопроводе определяется из исходных данных, он численно равен водяному объему системы отопления, m^3 .

Объем воды в системе отопления V_{CO} , m^3 определяется по формуле

$$V_{CO} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot q_i}{1000}, \quad (3.36)$$

где Q_i – величина тепловой нагрузки с учетом перспективы отдельно для отопления, вентиляции и прочих нужд, $Mкал/ч$;

q_i – удельный объем воды на разовое наполнение систем отопления, $m^3/Гкал/ч$, определяется в зависимости от типа теплообменного прибора и перепада температур воды в системе теплоснабжения [18].

Сумма объемов воды в трубопроводе и системе отопления дает объем воды в системе теплоснабжения V , m^3 .

Величина утечки теплоносителя G_{ym} , $m^3/ч$ составляет:

$$G_{ym} = 0,0075V, \quad (3.37)$$

Высота наиболее высокого здания $H_{зд}$, m определяется по формуле

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

$$H_{зд} = 2,5n_{эт}, \quad (3.38)$$

где $n_{эт}$ – число этажей, *шт.*

Напор подпиточного насоса $P_{пн}$, *кПа* определяется по формуле

$$P_{пн} = \sum P_{треб} + P_{зап}, \quad (3.39)$$

где $P_{зап}$ – запас по напору, принимается равным 5 % от $\sum P_{треб}$, *кПа* [24];

$\sum P_{треб}$ – требуемый напор для подпиточного насоса, *кПа*, определяемый по формуле:

$$\sum P_{треб} = H_{стат} + P_{подпит}, \quad (3.40)$$

где $H_{стат}$ – статический напор в системе отопления и вентиляции (СОиВ) и системе горячего водоснабжения (СГВ), принимается на 3-5 метров выше здания, *кПа* [18];

$P_{подпит}$ – сопротивление подпиточной линии, принимается 100-200 *кПа*.

3.6 Расчет системы удаления дымовых газов

В условиях проектируемого объекта каждый котлоагрегат должен иметь свою дымовую трубу. Основным параметром является величина самотяги дымовой трубы. Необходимо произвести аэродинамический расчет тягодутьевого тракта и определить высоту дымовой трубы.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

В этом расчете определяются также расход воздуха и топлива, скорость в газоходе, потери давления [24].

Исходные данные:

Q_{KA} – тепловая нагрузка на котел, равная тепловой нагрузке на нужды отопления и горячего водоснабжения, $Mkcal/ч$;

η – КПД котлоагрегата, % [7];

h_m'' – требуемое разрежение на выходе из котла принимаем в диапазоне 10-80 $Па$;

v_{yx} – температура дымовых газов задается согласно характеристикам котлоагрегата, $^{\circ}C$;

$t_{нв}$ – температура наружного воздуха берется из исходных данных, $^{\circ}C$;

$t_{вн}$ – температура воздуха в помещении принимается следующей: для зимнего и среднеотопительного периодов $16^{\circ}C$ при работе персонала, $5^{\circ}C$ без персонала, для летнего берется расчетная температура воздуха в помещении, $^{\circ}C$;

α – коэффициент избытка воздуха принимается: 1,1-1,15 для газа, 1,15-1,2 для жидкого топлива;

w_o – скорость газов в газоходе и дымовой трубе принимаем равной 20 $м/с$;

$\rho_{ну}^6$ – плотность воздуха при нормальных условиях принимаем равной 1,293 $кг/м^3$;

$\rho_{ну}^2$ – плотность дымовых газов при нормальных условиях принимаем равной 1,26 $кг/м^3$;

q_3 – потери теплоты с хим. недожогом, принимаем равными 0,5%;

q_4 – потерь теплоты с физ. недожогом, нет (0%).

Исходные данные приведены в таблице 3.4.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 3.4 – Исходные данные по котельному оборудованию

Величина	Водогрейный котел типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic»
Тепловая нагрузка на котел $Q_{ка}, МВт$	2,1795
КПД котлоагрегата, %	92
Температура дымовых газов $t_{yx}, ^\circ C$	160
Температура наружного воздуха $t_{нв}, ^\circ C$	-30
Температура воздуха в помещении $t_{вн}, ^\circ C$;	16
Скорость газов в газоходе и дымовой трубе $w_o, м/с$	20
Коэффициент избытка воздуха α	1,12
Плотность воздуха при нормальных условиях $\rho_{н\text{у}}, кг/м^3$	1,293
Потери теплоты с хим. недожогом $q_3, \%$;	1,26
Потери теплоты с физ. недожогом $q_4, \%$	0

1. Определение диаметра газоходов.

Действительное количество воздуха $V^d, м^3/м^3$, определяется по формуле

$$V^d = \alpha V^o, \quad (3.41)$$

где α – коэффициент избытка воздуха;

V^o – теоретически необходимое количество воздуха, $м^3/м^3$, определяемое по формуле

$$V^o = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot CO_2 + 0,5 \cdot H_2 + H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2), \quad (65)$$

где $CO_2, H_2, O_2, H_2S, C_m H_n$ – состав газообразного топлива по объему, %.

Кроме того, необходимо определить действительный объем дымовых газов $V_{ог}, м^3/м^3$ по формуле:

$$V_{ог} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + (\alpha - 1)V^o, \quad (3.42)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

где V_{RO_2} – объем трехатомных газов, $м^3/м^3$;

V_{H_2O} – объем водяных паров, $м^3/м^3$;

V_{N_2} – объем паров азота, $м^3/м^3$.

Объем трехатомных газов V_{RO_2} , $м^3/м^3$ находим по формуле:

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n), \quad (3.43)$$

где $C_m H_n$ – углеводороды, входящие в состав газа, %.

Объем водяных паров V_{H_2O} , $м^3/м^3$ по формуле:

$$V_{H_2O} = 0,01 \left(H_2S + H_2 + \sum \left(\frac{n}{2} \right) C_m H_n \right) + 0,0161V^o. \quad (3.44)$$

Объем паров азота V_{N_2} , $м^3/м^3$ находится по формуле:

$$V_{N_2} = 0,79V^o + 0,01N_2. \quad (3.45)$$

Теплота сгорания газа Q_n^p , $кДж/м^3$, определяется по формуле:

$$\begin{aligned} Q_n^p = & 108H_2 + 126,3CO + 235H_2S + 358,2CH_4 + 590,6C_2H_4 + \\ & + 637,3C_2H_6 + 859,8C_3H_6 + 912,3C_3H_8 + 1134C_4H_8 + \\ & + 1186,2C_4H_{10} + 1460C_5H_{12} + 1403C_6H_6. \end{aligned} \quad (3.46)$$

Для дальнейшего расчета переведем в $ккал/м^3$.

Плотность природного газа ρ , $кг/м^3$ определяется по формуле:

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$\rho = 0,01(0,716C_{H_4} + 1,342C_{H_6} + 1,967C_{H_8} + 2,593C_{H_{10}} + 3,218C_{H_{12}} + 1,964CO_2 + 1,251N_2). \quad (3.47)$$

Суммарный расход топлива B_T , $m^3/ч$ определяется по формуле:

$$B_T = \frac{Q_{ка}}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (3.48)$$

где $Q_{ка}$ – тепловая нагрузка на котел, $Mкал/ч$;

Q_n^p – теплота сгорания топлива, $Mкал/ч$;

η – КПД котлоагрегата, %.

Дополнительно представляем расход топлива в $m^3/с$.

Действительный расход воздуха G_6 , $m^3/ч$, определяется по формуле:

$$G_6 = B_m V^0, \quad (3.49)$$

Действительный объем продуктов сгорания V_δ^e , $m^3/ч$

$$V_\delta^e = B_T V_{oz} \left(\frac{t_{yx} + 273}{273} \right), \quad (3.50)$$

где t_{yx} – температура продуктов сгорания (дымовых газов), $^{\circ}C$ [27].

Минимальный диаметр газохода d_{min} , mm определяется по формуле:

$$d_{min} = 1000 \sqrt{\frac{4V_\delta^e}{3600\pi w_o}}, \quad (3.51)$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

где w_o – скорость выхода дымовых газов из устья дымовой трубы, м/с, принимается 20 м/с [24].

После расчета минимального диаметра газохода по каталогам подбирается дымовая труба и выписывается фактический диаметр газохода (по типоразмерам производителя). Результаты расчета заносятся в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчета диаметра газохода

Величина	Водогрейный котел типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic»
Действительное количество воздуха $V^d, м^3/м^3$	10,75
Теоретически необходимое количество воздуха $V^o, м^3/м^3$	9,598
Действительный объем дымовых газов $V_{oz}, м^3/м^3$	11,948
Объем трехатомных газов $V_{RO_2}, м^3/м^3$;	1,033
Объем водяных паров $V_{H_2O}, м^3/м^3$;	2,152
Объем паров азота $V_{N_2}, м^3/м^3$	7,612
Теплота сгорания газа $Q_n^p, кДж/м^3$	36130
Плотность природного газа $\rho_2, кг/м^3$	0,786
Суммарный расход топлива $B_m, м^3/ч$	236,06
Действительный расход воздуха $G_g, м^3/ч$	2537,6
Действительный объем продуктов сгорания $V_o^c, м^3/ч$	4659,42
Минимальный диаметр газохода $d_{min}, см$	600

2. Расчет высоты дымовой трубы по ПДК.

Расчет выбросов оксидов азота $M_{NO_2}, г/с$ по формуле

$$M_{NO_2} = B_m \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) Q_n^p K_{NO_2} \beta_k \beta_l \beta_\alpha, \quad (3.52)$$

где q_4 – потери теплоты с физическим недожогом, %;

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

K_{NO_2} – удельный выброс оксидов азота при сжигании топлива на 1 МДж теплоты, г/МДж; рассчитывается по уравнению:

$$K_{NO_2} = 0,013\sqrt{Q_n^p B_m} + 0,03, \quad (3.53)$$

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

B_m – суммарный расход топлива, м³/с.

β_k – безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелок: при сжигании газа для дутьевых горелок напорного типа – 2; для горелок инжекционного типа – 1,6; для горелок двухступенчатого сжигания – 0,7; при сжигании жидкого и твердого топлива – 1 [24];

β_α – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота. Для газа и твердого топлива – 1; для мазута – 1,113 [24].

β_t – безразмерный коэффициент влияния температуры воздуха определяется по формуле

$$\beta_t = 1 + 0,002(t_{вн} - 30), \quad (3.54)$$

где $t_{вн}$ – температура воздуха в помещении, °С

Расчет выбросов оксидов углерода M_{CO} , г/с

$$M_{CO} = B_m \frac{q_3}{100} R Q_n^p \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (3.55)$$

где R – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную наличием в

продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается: для твердого топлива – 1; для мазута – 0,65; для газа – 0,5 [24];

B_m – суммарный расход топлива, m^3/c .

Минимальная высота дымовой трубы H_{\min} , m , рассчитывается по следующей зависимости:

$$H_{\min} = \sqrt{\frac{M_i}{(ПДК_i - C_{\phi_i})} AF \sqrt[3]{\frac{n_{\text{дт}}}{V_{\text{д}}^2 \Delta T}}}, \quad (3.56)$$

где M_i – количество выбросов i -го загрязняющего вещества из дымовой трубы, $г/с$;

$ПДК_i$ – предельно-допустимая максимальная разовая концентрация i -го вредного загрязняющего вещества в приземном воздухе, $мг/м^3$;

C_{ϕ_i} – фоновые концентрации i -го загрязняющего вещества в районе расположения котельной, $мг/м^3$ [24];

A – коэффициент распределения температуры воздуха, зависящий от метеорологических условий местности и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [24];

F – коэффициент скорости оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, равный: 1 – для газообразных выбросов; 2 – для пыли и золовых частиц при степени улавливания более 90%; 2,5 – для пыли и золовых частиц при степени улавливания менее 90% [24];

$n_{\text{дт}}$ – количество дымовых труб, $шт$;

ΔT – разность температур уходящих газов v_{yx} и температуры окружающего атмосферного воздуха, равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года $t_{н.л}$ [27].

Выбор высоты дымовой трубы делается для максимального значения из расчетов минимальной высоты дымовой трубы для рассеивания вредных веществ по каждому режиму работы котельной [24]. Результаты приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета высоты дымовой трубы по ПДК

Величина	Водогрейный котел типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic»
Расчет выбросов оксидов азота M_{NO_2} , г/с	0,038
Удельный выброс оксидов азота на 1 МДж теплоты K_{NO_2} , г/МДж	0,024
Коэффициент влияния температуры воздуха β_t	0,972
Расчет выбросов оксидов углерода M_{CO} , г/с	0,175
Минимальная высота дымовой трубы H_{min}^{CO} , м.	2,9
Минимальная высота дымовой трубы H_{min}^{no} , м.	17

3.7 Выбор вспомогательного оборудования котельной

На основании произведенного расчета выбираем вспомогательное оборудование, к которому относятся: теплообменник, насосы. Так же провели расчет высоты дымовых труб для котлов, приняли для типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic» дымовые трубы высотой 17 м.

Компоновка оборудования котельной представлена в графической части 4 работы, в графической части 5 приведена спецификация оборудования.

Таблица 3.7 – Характеристики вспомогательного оборудования

Наименование	Марка	Кол-во	Характеристики
Сетевой насос отопления	WILO IL 65/120-4/2-R	2	напор 18,1 м; расход 86,2 м ³ ; давление 177,5 кПа
Насос циркуляционный	WILO IL 50/160-0,75/4-R	2	напор 8,86 м; расход 32 м ³ ; давление 86,8 кПа
Циркуляционный насос системы ГВС	WILO IL 32/150-0,37/4	2	напор 7,88 м; расход 15,1 м ³ ; давление 77 кПа
Циркуляционный насос «котел-теплообменник»	WILO IL 32/170-0,55/4	2	напор 10,4 м; расход 17 м ³ ; давление 102 кПа
Насос исходной воды	DAВ ВРН 120/280.50 Т	2	напор 11,7 м; расход 32,3 м ³ ; давление 114 кПа
Пластинчатый теплообменник	Z3-45	1	кол-во пластин- 45; расход по вторичному контур-11,5 м ³ /ч мощность: 668,7кВт

4 Автоматизация работы котельной

В настоящее время большой популярностью пользуются автоматизированные котельные. Они могут работать без постоянного присутствия обслуживающего персонала. В автоматизированных котельных кроме обязательной котловой автоматики предусматривается:

1. Общекотловая автоматика - в отсутствии людей управляет всей котельной, т.е.:

- автоматически производит попеременную работу котлов;
- при отключении котла его насос должен работать еще примерно 20 мин.;
- автоматически производит попеременную работу насосов отопления, вентиляции, горячего водоснабжения;
- в зависимости от нагрузки автоматически включает (отключает) дополнительный котел;
- автоматически поддерживает температуру теплоносителя на обратном трубопроводе котла (заданную заводом изготовителем котла);
- автоматически осуществляет подпитку системы при понижении давления теплоносителя;
- автоматически поддерживает температурный график теплоносителя в системе отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологического процесса [28].

2. Технологическая сигнализация - фиксирует все аварийные ситуации и выдает световую и звуковую сигнализацию. В технологическую сигнализацию входят сигналы:

- утечка газа (Метан);
- появление угарного газа (CO₂);
- понижение либо повышение давления газа (выход за уставки);

- понижение либо повышение давления теплоносителя (выход за уставки);
- понижение, повышение (выход за уставки) либо пропадание фазы питающей сети;
- аварии котла N1-n;
- пожара;
- охраны;

При появлении на технологической сигнализации любого сигнала, кроме аварии котла N1-n и сигнала охраны - должно произойти экстренное отключение газового электромагнитного клапана.

3. Удаленная диспетчеризация - дублирует состояние технологической сигнализации в помещении дежурного и включает звуковую и световую сигнализацию.

Это обязательный минимум, который необходимо отслеживать, независимо от питающей сети.

Для управления работой котла и газовой блочной горелки применяется электронный микропроцессорный блок, который обеспечивает автоматический пуск, модулированное регулирование теплопроизводительности, а так же защиту котла при аварийных ситуациях [28].

После отключения котла при аварийной ситуации повторного автоматического пуска не происходит. Повторный пуск производится обслуживающим персоналом после выявления причины аварийной ситуации и ее устранения [22].

Перечень функций датчиков и регулирующих приборов, устанавливаемых на котле:

- Датчик DN1 min-1 – понижение уровня воды (промежуточный теплоноситель);
- Датчик SKI Tmax – температура пара (воды) промежуточного теплоносителя);

- Датчик давление SP2 min – понижение давления сетевой воды на выходе из котла;
- Датчик температуры TC1, TC2 – температура сетевой воды на входе и выходе из котла;
- Сигнализатор уровня САУ-М7Е-Н – уровень промежуточного теплоносителя;
- Датчик температуры ВК1 – регулирование теплопроизводительности;
- Датчик давления ВР1/н – понижение разрежения за котлом [8].

Узел учета тепловой энергии (тепловычислитель) обеспечивает учет выработанной тепловой энергии и расхода теплоносителя. Показания тепловычислителя хранятся в энергозависимой памяти прибора и могут быть переданы на компьютер посредством модема, порта RS232 или накопительного пульта, либо распечатаны на подключенном к прибору принтере.

Система автоматики обеспечивает защиту котла в следующих аварийных ситуациях:

- повышение или понижение давления газа перед горелкой;
- понижение давления воздуха перед горелкой;
- понижение разрежения дымовых газов за котлом;
- погасание факела горелки;
- повышение температуры воды на выходе из котла;
- понижение давления воды на выходе из котла;
- понижение уровня промежуточного теплоносителя;
- повышение температуры промежуточного теплоносителя;
- неисправности цепей защиты, отключение электроэнергии [23].

При возобновлении электроэнергии запуск и все последующие операции по розжигу котла проходят в соответствии с «Руководством по эксплуатации горелки»

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

5 Технико-экономическое обоснование работы

В настоящее время большой популярностью пользуются автоматизированные котельные, которые могут работать без постоянного присутствия обслуживающего персонала. В бакалаврской работе предлагается реконструкция системы теплоснабжения ООО «НПО НефтеГазМаш» г. Рузаевка. Предлагаемая блочно-модульная котельная используется для отопления и горячего водоснабжения производственных площадей и административных зданий предприятия. Результатом предлагаемой реконструкции должно стать уменьшение текущих затрат на снабжение предприятия теплом для нужд отопления и горячего водоснабжения.

Расчет технико-экономических показателей работы котельной и определение себестоимости отпускаемой теплоты необходим для оценки эффективности работы котельной. К системе технико-экономических показателей при проектировании котельной относятся суммарные и удельные капиталовложения, ежегодные издержки производства, себестоимость продукции [26].

Себестоимость отпускаемой тепловой энергии рассчитываем по количеству вырабатываемой теплоты за год. Этот показатель отражает эффективность использования устанавливаемого оборудования.

Рассмотрим порядок расчета отдельных составляющих себестоимости производства тепловой энергии.

1. Годовой расход топлива зависит от количества произведенной теплоты и качества сжигаемого газа.

Стоимость топлива $C_m, p.$, предназначенного для выработки тепловой энергии, определяют на основе общей потребности в тепловой энергии, ее потерь при передаче от котельной до потребителя с учетом удельной нормы расхода топлива на выработку тепловой энергии

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

$$C_m = \frac{Q_m}{Q_p \eta_k} C_m, \quad (5.1)$$

где Q_m – количество тепловой энергии, необходимое для всех категорий потребителей, МДж;

η_k – КПД котлов;

C_m – цена единицы топлива, р./м³, принимаем $C_m = 5,1$ р./м³;

Q_p – низшая рабочая теплота сгорания топлива, кДж/м³, принимаем $Q_p = 35,61$ МДж/м³.

$$C_{m(o)} = \frac{15,5 \cdot 10^6}{35,61 \cdot 10^6 \cdot 0,92} 5,1 = 2412,9 \text{ тыс.р.}$$

$$C_{m(звс)} = \frac{13,7 \cdot 10^6}{35,61 \cdot 10^6 \cdot 0,92} 5,1 = 2132,7 \text{ тыс.р.}$$

$$C_m = C_{m(o)} + C_{m(звс)} = 2412,9 + 2132,7 = 4545,6 \text{ тыс.р.}$$

2. Расходы на электроэнергию $C_э$, тыс.р., для технических нужд (выработку тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения) по тарифу

$$C_э = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_{ci} \cdot D_i \cdot T_э, \quad (5.2)$$

где P_i – мощность, потребляемая i -м видом технологического оборудования, кВт;

t_{ci} – продолжительность работы i -го вида оборудования в сутки, ч;

D_i – продолжительность дней работы i -го вида оборудования в году, дн.;

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

$T_э$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч, принимаем $T_э = 3,77$ руб./кВт·ч

$$C_{э(о)} = 75,2 \cdot 24 \cdot 210 \cdot 3,77 = 1428,86 \text{ тыс.р.};$$

$$C_{э(звс)} = 20 \cdot 24 \cdot 335 \cdot 3,77 = 606,22 \text{ тыс.р.}$$

$$C_э = C_{э(о)} + C_{э(звс)} = 1428,86 + 606,22 = 2035,08 \text{ тыс.р.}$$

3. Стоимость израсходованной воды $C_в$, тыс.р., определяем по формуле

$$C_в = Ц_в \left(Q_в + \frac{H_n Q_в t_k}{100} \right), \quad (5.3)$$

где $Ц_в$ – стоимость единицы объема воды, р./м³ (цена или себестоимость), принимаем $Ц_в = 28,03$ р./м³

$Q_в$ – объем воды на разовое заполнение системы отопления объектов и наружных теплосетей, м³;

H_n – норма подпитки, % объема воды в трубопроводах и присоединенных системах отопления за 1 ч. работы котельной (0,25%);

t_k – годовая продолжительность работы котельной, ч.

$$C_{в(о)} = 28,03 \left(35 + \frac{0,25 \cdot 35 \cdot 8040}{100} \right) = 20,7 \text{ тыс.р.}$$

$$C_{в(звс)} = 28,03 \cdot 1525,33 = 42,755 \text{ тыс.р.}$$

$$C_в = C_{в(о)} + C_{в(звс)} = 20,7 + 42,755 = 63,455 \text{ тыс.р.}$$

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

4. Котельная работает в автоматическом режиме, позволяющем обеспечить полный контроль за работой всех узлов оборудования без постоянного вмешательства со стороны обслуживающего персонала. На предприятии для наблюдения за котельной и отключения в ручном режиме систем ее энергообеспечения, в случае выхода из строя систем автоматики, принимаем 3 оператора, прошедших обучение и имеющих квалификационный разряд. Месячная оплата труда устанавливается в размере 12130 руб.

$$Z_n = 12130 \cdot 3 \cdot 12 = 436,7 \text{ тыс.р.}$$

Начисления на заработную плату по страховым взносам принимают в размере 30% от всех видов заработка [4]

$$H_{zn} = Z_n \cdot 0,30.$$

$$H_{zn} = 436,7 \cdot 0,30 = 131 \text{ тыс.р.}$$

Фонд заработной платы с начислением страховых взносов

$$Z_{zn} = Z_n + H_{zn} = 436,7 + 131 = 567,7 \text{ тыс.р.}$$

5. Капитальные затраты на сооружения котельной

В дипломном проекте в уже существующей блочно-модульной котельной на предприятии ООО «НПО НефтеГазМаш» г. Рузаевка, размеры которой составляют 11000x6000x3000 и позволяют замену оборудование, производим установку новых комплектующих котельной.

В стандартной комплектации в котельной установлено оборудование, представленное в таблице 5.1.

В таблице 5.2 представлены расходы на различные виды работ по возведению оборудования.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Таблица 5.1 – Стоимость капитальных вложений на модернизацию котельной

Наименование	Марка	Кол-во	Стоимость, р.	
			1 шт.	всего
Водогрейный котел	КВ-Г-1,1-90Н марка «Vacumatic» со встроенной горелкой типа ГМГРБ-1.	2	1 736 987	3473974
Сетевой насос отопления	WILO IL 65/120-4/2-R	2	102352	204704
Насос циркуляционный	WILO IL 50/160-0,75/4-R	2	58453	116906
Циркуляционный насос ГВС	WILO IL 32/150-0,37/4	2	43338	86676
Насос исходной воды	DAB BPH 120/280.50 T	2	46560	93120
Циркуляционный насос «котел теплообменник»	WILO IL 32/170-0,55/4	2	52769	105538
Подогреватель системы ГВС (теплообменник)	Z3-45	1	350000	350000
Расширительный бак	CAL-PRO - 105л.	4	8534	34136
Комплект внутренних трубопроводов	Россия	к-т	28300	28300
Комплект трубопроводной арматуры	Ballomax, ADL (Россия)	к-т	50520	50520
Итого				4543874

Таблица 5.2 – Стоимость работ по модернизации котельной

Наименование	Стоимость, р.
Проектные работы	200000
Монтаж оборудования	1590355,9
Пусконаладочные работы	130000
Электроизмерительные работы	25000
Газоснабжение	50000
Прочие расходы (доставка, согласование и т.д.)	199535,59
Итого	2194891,49

$$K_k = 4543874 + 2194891,49 = 6738765,49 \text{ р.} = 6738,76 \text{ тыс.р.}$$

6. Затраты на амортизационные отчисления складываются из затрат на реновацию и затрат на ТО и ТР. Нормы отчислений на реновацию составляют 2,8 %, нормы отчислений на ТО и ТР - 2 % [4].

$$Z_{ам} = \frac{\alpha_m^{сmp}}{100} K_в, \quad (5.4)$$

$$Z_p = \frac{\alpha_m^{об}}{100} K_в,$$

где $Z_{ам}$ – годовые амортизационные отчисления, *тыс.р.*;

$\alpha_m^{сmp}$ – средняя норма амортизации общестроительных работ и зданий [4];

$\alpha_m^{об}$ – средняя норма амортизации оборудования с монтажом [4].

$$Z_{ам} = \frac{2,8}{100} 6738,76 = 188,7 \text{ тыс.р.}$$

$$Z_p = \frac{2}{100} 6738,76 = 134,8 \text{ тыс.р.}$$

7. Затраты на общие эксплуатационные расходы в котельной составляют, по нормативам, 10 % от суммы амортизационных отчислений и затрат на оплату труда

$$Z_{оэ} = 0,1(Z_{ам} + Z_{зн}) \quad (5.5)$$

$$Z_{оэ} = 0,1(188,7 + 378,46) = 56,7 \text{ тыс.р.}$$

Себестоимость отпускаемой тепловой C , руб./Гкал энергии определяется по следующей формуле

$$C = \frac{Z}{Q_{год}}, \quad (5.6)$$

где Z – годовые эксплуатационные затраты котельной, руб./год;

$Q_{год}$ – количество производимой теплоты в год, Гкал/год, $Q_{год} = 6965$ Гкал/год;

Годовые эксплуатационные затраты по котельной Z , тыс.руб./год

$$Z = Z_m + Z_э + Z_в + Z_{зн} + Z_{ам} + Z_{оэ} + Z_p, \quad (5.7)$$

где Z_m – затраты на топливо, тыс.руб./год;

$Z_э$ – затраты на электрическую энергию, тыс.руб./год;

$Z_в$ – затраты на воду, тыс.руб./год;

$Z_{зн}$ – затраты на заработную плату, тыс.руб./год;

$Z_{ам}$ – затраты на амортизационные отчисления, тыс.руб./год;

$Z_{оэ}$ – затраты на общие эксплуатационные расходы, тыс.руб./год.

$$Z = 4545,6 + 2035,08 + 63,455 + 567,7 + 188,7 + 134,8 + 56,7 = 7592 \text{ тыс.руб./год.}$$

$$C = \frac{7592}{6965} = 1090 \text{ руб./Гкал.}$$

Рассчитаем срок окупаемости котельной при следующих условиях: по данным предприятия цена тепловой энергии собственной котельной по данным отчетов составляла $C=1337$ руб./Гкал с учетом НДС. Себестоимость собственной тепловой энергии $C = 1090$ руб./Гкал.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Годовой экономический эффект

$$P_{эф} = (Ц - С)Q_{выр}^{год}, \quad (5.8)$$

где $Ц$ – расчетная стоимость 1 $Гкал$ тепловой энергии для покрытия потребностей предприятия, $р./Гкал$;

$С$ – себестоимость произведенной тепловой энергии, $р./Гкал$.

$$P_{эф} = (1337 - 1090) \cdot 6965 = 1720 \text{ тыс.р./год.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

$$T_{ок} = \frac{K_{к}}{P_{эф}}, \quad (5.9)$$

$$T_{ок} = \frac{6738,76}{1720} = 3,9 \text{ год}$$

Результаты расчетов занесем в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Техничко-экономические показатели эффективности капиталовложений

Показатель	ед. изм.	Значение
Капитальные затраты	тыс.р.	6738,76
Годовая выработка теплоты	Гкал	6965
Годовой расход топлива	тыс.м ³	891,3
Годовой расход воды	тыс.м ³	2,26
Годовой расход электроэнергии	тыс.кВт·ч	539,8

Окончание таблицы 5.3

Годовые эксплуатационные затраты	<i>тыс.р.</i>	7402,8
- затраты на топливо		4545,6
- затраты на воду		63,455
- затраты на электроэнергию		2035,08
Тариф на тепловую энергию	<i>р./Гкал</i>	1337

В результате технико-экономического расчета была просчитана себестоимость тепловой энергии в проектом варианте с учетом замены оборудования котельной. Прибыль от производства собственной тепловой энергии, полученная от разницы цен себестоимости тепловой энергии от устанавливаемой котельной и произведенной ранее энергии составила *247 р./Гкал*. Несмотря на капиталовложения в сумме *6738,76 тыс.р.*, срок окупаемости составит *3,9* года при годовом производстве тепловой энергии в объеме *6965 Гкал*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе проведена реконструкция системы теплоснабжения ООО «НПО НефтеГазМаш» г. Рузаевка.

Определяющими данными для проектирования являются максимальные часовые (расчетные) расходы тепла по отдельным видам теплопотребления и суммарные часовые расходы тепла по абоненту в целом с учетом несовпадения часовых максимумов расходов тепла по отдельным видам теплопотребления.

Тепловая потребность предприятия составляет 2179,5 кВт (1,874 Гкал/ч), в том числе:

- отопление – 1747,5 кВт (1,503 Гкал/ч);
- горячее водоснабжение – 432 кВт (0,371 Гкал/ч).

Для покрытия нагрузок выбраны новые экономичные котлы КВ-Г-1,1-90Н марка «Vasumatic» со встроенной горелкой типа ГМГРБ-1.

Теплопроизводительность котельной составляет 2200 кВт (1,89 Гкал/ч).

Теплоноситель – горячая вода с параметрами 95-70°C. Топливом для установки служит природный газ.

В работе предусмотрен выбор насосов и дымохода, так же произведен расчет теплообменника ГВС. Кроме того в работе произведен гидравлический расчет тепловых сетей, расчет и выбор тепловой схемы котельной, рассмотрены вопросы автоматизации работы котлоагрегатов.

Предусмотренные в работе средства КИПиА технологических процессов, системы учета расхода электроэнергии, топлива, воды обеспечивают работу установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала, а также возможность анализа работы оборудования.

Предусмотрено подключение котельной к действующим сетям: силовому электрическому кабелю, водопроводу, газопроводу.

Срок окупаемости капиталовложений составит 3,9 года.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Байгалиев Б. Е. Теплообменные аппараты: учебное пособие / Б. Е. Байгалиев, А. В. Щелчков, А. Б. Яковлев, П. Ю. Гортышов. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. –180 с.
- 2 Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения / И. А. Башмаков // Энергосбережение. – 2010 – №2. – С. 46 – 52.
- 3 Валимухаметова А. И., Гареева Д. А. Теплообменники. Виды и область применения // Аллея Науки, Том 7, №11 (27):. Издательский центр Quanttum, 2018. – С. 553 – 540.
- 4 Водяников В. Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК / В. Т. Водяников. – М.: Колос, 2008. – 263 с.
- 5 Гидравлический расчет систем водяного отопления : метод. указания / С. А. Мальцев и др. - ГОУВПО «МГУ им. Н. П. Огарева». – Саранск, 2006 – 70 с.
- 6 Закирова Р. Н., Чичирова Н. Д. Снижение затрат на производство тепловой энергии на стадии проектирования котельных жилых микрорайонов / ТРУДЫ АКАДЕМЭНЕРГО №3: Изд-во Казанский научный центр Российской академии наук, 2015. – С. 48 – 53.
- 7 Котлы водогрейные типа КВ-Г-1,1-90Н марки «Vacumatic» [Электронный ресурс]: // [сайт информ. – сайт компании Дорогобужкотломаш]. – Режим доступа: <http://www.dkm.ru/catalog/malye-kotly/28.html>.
- 8 Котлы водогрейные вакуумные типа КВ-Г // Руководство по монтажу и эксплуатации, 2005.
- 9 Левцев А. П. Проектирование теплоснабжения предприятий : учеб. пособие / А. П. Левцев, А. Г. Ванин. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2000. – 160 с.
- 10 Малая Э. М., Галеев А. О. Совершенствование гидравлических режимов систем горячего водоснабжения // Научно-технические проблемы

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения №1.: Изд-во Саратов. госуд. техн. ун-тет им. Гагарина Ю. А., 2017 – С. 128 – 134.

11 ООО «НПО НефтеГазМаш» [Электронный ресурс]: // [официальный сайт предприятия]. – Режим доступа: <http://ngmrm.ru/>.

12 Памфилов К. Д. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий / К. Д. Памфилов. – М.: Энергия, 1987 – 62 с.

13 Системы отопления и обогрева с газовыми инфракрасными излучателями // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016 – №5. – С. 54 – 58

14 Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов / Е. Я. Соколов. – 6-е изд., перераб. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.

15 СНиП II-34-76. Горячее водоснабжение. Нормы проектирования.

16 СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. Введ. 2013-01-01. – Москва: Минрегион России, 2012. – 109 с.

17 СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2-04-01*. Введ. 2013-01-01. – Москва: ФАУ «ФЦС», 2012.– 61 с.

18 СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003. – Введ. 2013-01-01. – Москва: ФАУ «ФЦС», 2012. – 74 с.

19 СП 89.13330.2012. Котельные установки (актуализированная редакция СНиП II-35-76).

20 Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.

21 Теплоэнергетика и теплотехника: Общие вопросы: Справочник / Под общ. ред. А. В. Клименко и В. М. Зорина. – 3-е изд., перераб. – М. : Изд-во МЭИ, 1999. – 528 с.

					БР – 02069964 – 13.03.01– 01 – 20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

22 Файорштейн Л. М. Справочник по автоматизации котельной / Л. М. Файорштейн, Л. С. Этингей, Г. Г. Гохбойм. – М.: Энергоатомиздат, 1985 – 320 с.

23 Шевелев М. М. Приборы и средства контроля и учета энергоносителей: учеб. пособие / М. М. Шевелев, С. В. Федорова, Е. А. Плесняев. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2004. – 123

24 Шевченко В. П. Расчет водогрейной автоматизированной котельной малой мощности: методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов по проектированию котельных установок / В. П. Шевченко, А. А. Сеницын. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 36 с.

25 Щекин Р. В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции / Р. В. Щекин, С. М. Корневский – М.: Стройиздат, 1968. – 446 с

26 Шонина Н. А. Экономическая эффективность модернизации котельной / Н. А. Шонина // Сантехника. – №2. – 2010.– С. 52 – 54.

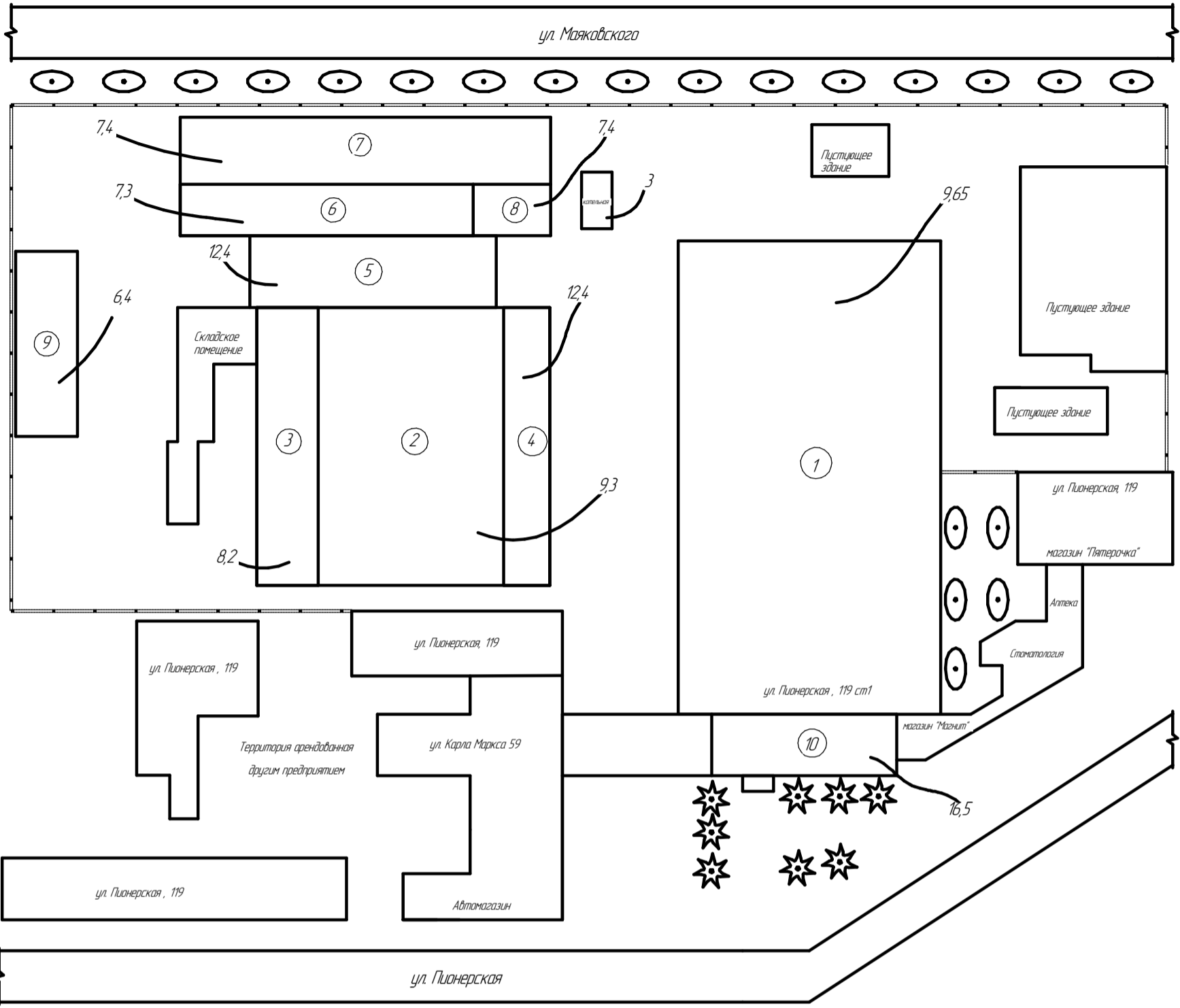
27 Эстеркин Р. И. Котельные установки: курсовое и дипломное проектирование / Р. И. Эстеркин. – Л.: Энергоиздат, 1989. – 280 с.

28 Berr Heat and Energy Saving Strategy: a consultation / Energy, 2009. – pp. 142.

29 Hudson C. Energy systems / C. Hudson, A. Badiru // CRC Press, 2008. pp. 5-1-5-30.

30 Labib S. Design and Implementation of Boiler Automation System Using PLC / S. Labib, S. Ul Alam, S. Hossain, M. Patwary, R. Ahmed, M. Islam // 1st International Conference on Advances in Science, Engineering and Robotics Technology 2019, ICASERT 2019.

БР-02069964-13.03.01-01-20



Справ. №
Перв. примен.

Инд. № подл.
Утв.
Т.контр.
Пров.
Разраб.
Изм.
Лист
Дата
Подп.
Инв. № докл.
Взам. инв. №
Инд. № подл.
Подп. и дата

Экспликация зданий и сооружений

- Условные обозначения
- ж/б ограждение
 - лиственные деревья
 - хвойные деревья
 - дорога

Номер на плане	Наименование	Координаты квадрата сетки
1	Столярный цех	
2	Цокальный цех	
3	Цех нестандартного оборудования	
4	Бытовой корпус	
5	Механический корпус	
6	Цех нестандартного оборудования №2	
7	Столярный цех №2	
8	Гараж	
9	Гараж №2	
10	Административное здание	

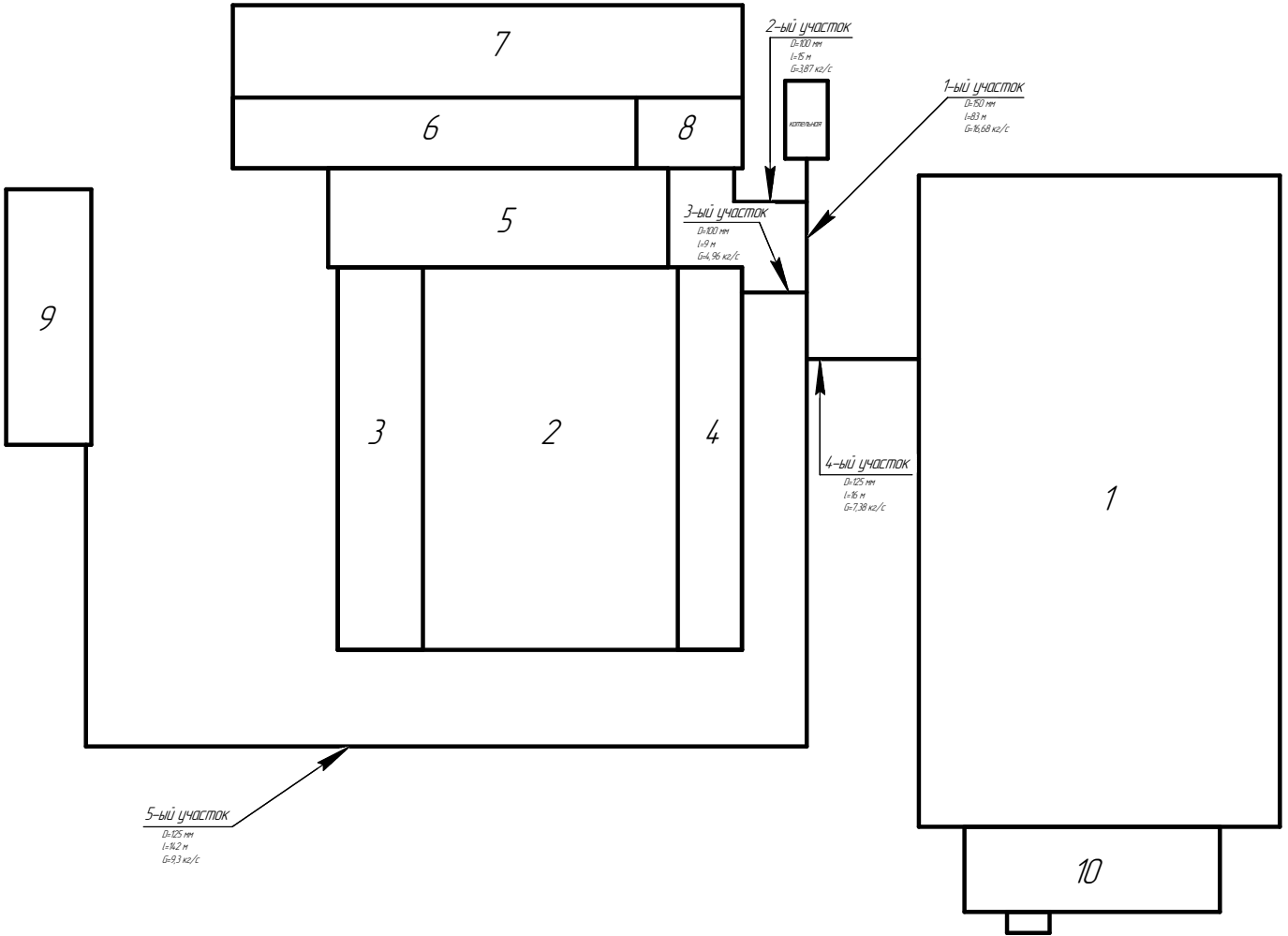
БР-02069964-13.03.01-01-20

<p>Реконструкция системы теплоснабжения ООО "НПО НефтеГазМаш" г. Рузавека</p>	<p>Лит. Д Масштаб 1:1000</p>
<p>Изм. Лист № док. Подп. Дата Разраб. Абрамова И.А. 05.06.20 Пров. Кузнецов Д.В. 12.06.20 Т.контр. И.контр. Кузнецов А.А. 08.06.20 Утв. Левцев А.П. 17.06.20</p>	<p>Лист 1 Листов 5</p>
<p>Генеральный план ООО "НПО НефтеГазМаш"</p>	
<p>ИМЭ, каф ТЭС, д/о, 4052р</p>	
<p>Копировал Формат А3</p>	

БР-02069964-13.03.01-01-20

Перв. примен.

Стр. №



Подп. и дата

Инв. № д/д

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

БР-02069964-13.03.01-01-20

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Абрамова И.А.		05.06.20
Пров.		Кузнецов Д.В.		12.06.20
Т.контр.				
Н.контр.		Кузнецов А.А.		08.06.20
Утв.		Левцев А.П.		17.06.20

Реконструкция системы
теплоснабжения
ООО "НПО НефтеГазМаш"
г. Рузавека

Расчетная схема
тепловой сети

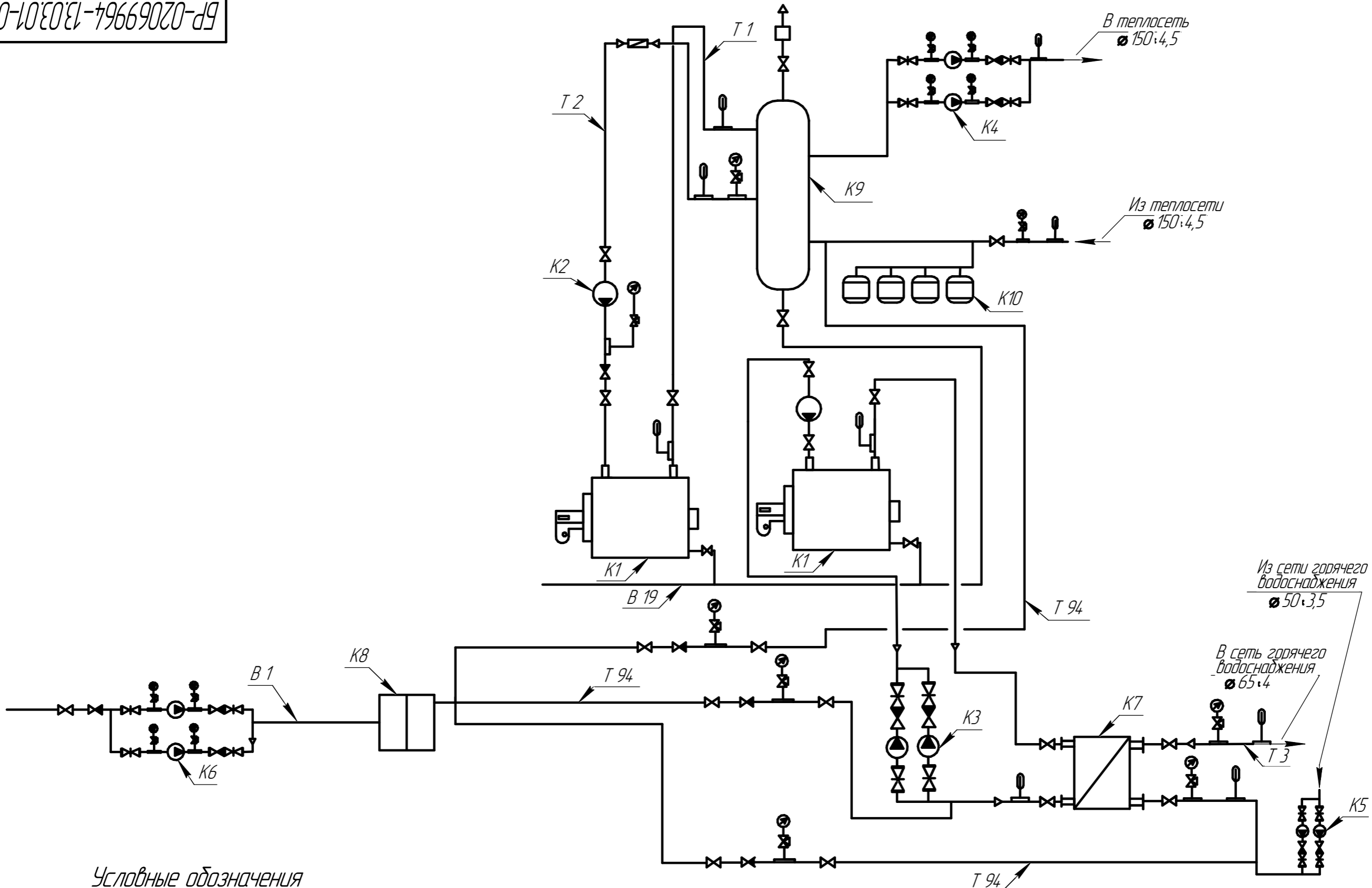
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1000
Лист 2	Листов 5	

ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405 гр.

Копировал

Формат А4

Перв. примен.
 Справ. №
 Подп. и дата
 Инв. № дробл.
 Инв. №
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.



- Условные обозначения**
- T 1 - трубопровод подающий
 - T 2 - трубопровод обратный
 - T 3 - трубопровод горячей воды
 - T 94 - трубопровод подпиточной воды
 - B 1 - водопровод
 - B 19 - трубопровод холодных сливов воды

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Абрамова И.А.		05.06.20
Проб.		Кузнецов Д.В.		12.06.20
Т.контр.				
Н.контр.		Кузнецов А.А.		08.06.20
Утв.		Левцев А.П.		17.06.20

БР-02069964-13.03.01-01-20

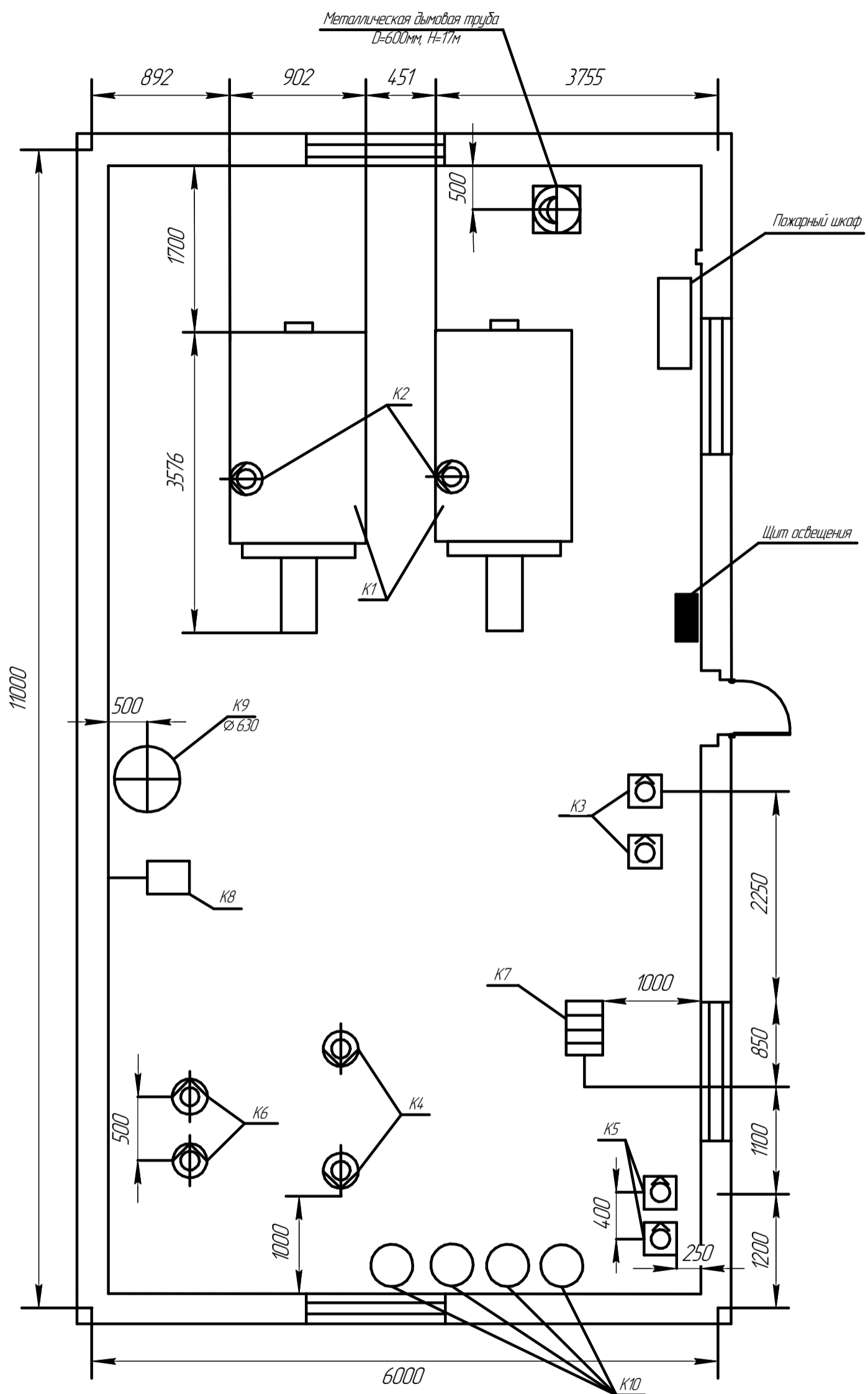
Реконструкция системы
теплоснабжения
ООО "НПО НефтеГазМаш"
г. Рузавка

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 3	Листов 5	

Тепловая схема котельной

ИМЭ, каф ТЭС, д/о, 405гр

Копировал Формат А3



Справ. №	Перв. примен.
----------	---------------

Изм. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата
Разраб.		Абрамова И.А.		05.06.20
Пров.		Кузнецов Д.В.		12.06.20
Т.контр.				
Н.контр.		Кузнецов А.А.		08.06.20
Утв.		Левцев А.П.		17.06.20

БР-02069964-13.03.01-01-20

Реконструкция системы
теплоснабжения
ООО "НПО НефтеГазМаш"
г. Рузавка

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 4	Листов 5	

**Компоновка оборудования
котельной**

ИМЭ, каф ТЭС, д/о, 405гр

БР-02069964-13.03.01-01-20

Перв. примен.

Справ. №

Марка поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса кг	Примечание
K1	KB-Г-11-90H	Котел водогрейный	2		
K2	WILO IL 50/160-0,75/4-R	Насос циркуляционный котловой	2		
K3	WILO IL 32/170-0,55/4	Циркуляционный насос котел-теплообменник	2		
K4	WILO IL 65/120-4/2-R	Насос сетевой	2		
K5	WILO IL 32/150-0,37/4	Циркуляционный насос ГВС	2		
K6	DAB BPH 120/280,50 T	Насос исходной воды	2		
K7	Z3-45	Пластинчатый теплообменник	1		
K8	DECALUX 30VT 1000	Умягчитель подпиточной воды	1		
K9	φ630×7	Гидравлический распределитель	1		H=2900 мм
K10		Расширительный бак	4		V=105 л

Подп. и дата

Инв. № д/д/л

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Абрамова И.А.		05.06.20
Пров.		Кузнецов Д.В.		12.06.20
Т.контр.				
Н.контр.		Кузнецов А.А.		08.06.20
Утв.		Левцев А.П.		17.06.20

БР-02069964-13.03.01-01-20

Реконструкция системы теплоснабжения
ООО "НПО НефтеГазМаш"
г. Рузаевка

Лит.	Масса	Масштаб
Лист 5	Листов 5	

Спецификация оборудования котельной

ИМЭ, каф. ТЭС, д/о, 405гр