

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,  
Заместитель главного инженера  
ООО «Аметист-Челябинск»  
\_\_\_\_\_ И.В. Шевырталов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

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

**ПЕРЕВОД СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
ЗАО «ЧЕЛЯБИНСКИЙ ЗАВОД МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ»  
НА АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА  
ЮУрГУ–13.03.01.2018.231.18 ПЗ ВКР

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

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Т.Б. Жиргалова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы  
студент группы ПЗ–579  
\_\_\_\_\_ Ю.Т. Султанов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018.

## АННОТАЦИЯ

Султанов Ю.Т. Перевод системы теплоснабжения ЗАО «Челябинский завод металлоконструкций» на автономный источник теплоснабжения. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ; 2018, 83 с., 13 ил., библиогр. список – 46 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 1 демонстрационный лист ф. А1.

В выпускной квалификационной работе рассматривается строительство собственной котельной для нужд ЗАО «Челябинский завод металлоконструкций».

Необходимостью строительства котельной является повышение тарифов на тепловую энергию, приобретаемую у АО «Фортум»

Выполнено сравнение выбранного котла КВ-ГМ-4,65-115 с зарубежным аналогом ZWNS4,2-85/60-Y китайского производителя «ZG Boiler».

Сделаны расчеты тепловых нагрузок, температурного графика и тепловой схемы котельной, на основании которых выбран котел и сделаны его расчеты.

К мероприятиям по энергосбережению приняты установка тепловой изоляции и частотных преобразователей на насосное оборудование.

Сделан поверочный расчет существующей дымовой трубы.

Разработана система автоматического регулирования котла КВГМ-4,65-115.

Произведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и разработана система безопасности производственного процесса.

Выполнен технико-экономический расчет, сделан SWOT-анализ для реализации проекта и приведено планирование мероприятий по реализации проекта.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>									
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Перевод системы теплоснабжения ЗАО «Челябинский завод металлоконструкций» на автономный источник теплоснабжения</i>					<i>Лит.</i>			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Султанов Ю.Т.</i>								<i>В</i>	<i>К</i>	<i>Р</i>	<i>3</i>	<i>83</i>
<i>Пров.</i>		<i>Жиргалова Т.Б.</i>								<i>ЮУрГУ</i>				
<i>Н. Контр.</i>		<i>Алабугина Р.А.</i>								<i>Кафедра промышленной теплоэнергетики</i>				
<i>Утв.</i>		<i>Осинцев К.В.</i>												

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕВОДА НА АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ .....	6
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	8
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО КОТЛА КВ-ГМ-4,65-115 С ЗАРУБЕЖНЫМ АНАЛОГОМ ZWNS4,2-85/60-У .....	10
4 ПЕРЕВОД СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК .....	14
4.1 Расчет нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС .....	14
4.2 Расчет температурного графика и расходов сетевой воды .....	16
4.3 Расчет тепловой схемы котельной .....	19
4.4 Выбор котельного агрегата .....	21
4.5 Расчет котла КВ-ГМ-4,65-115 .....	22
4.6 Выбор вспомогательного оборудования .....	34
4.7 Химводоподготовка .....	38
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	41
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ .....	44
6.1 Расчет дымовой трубы .....	44
6.2 Сточные воды котельной .....	51
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ .....	53
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	60
8.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов .....	60
8.2 Безопасность производственного процесса .....	60
9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ .....	71
9.1 Техничко-экономический расчет .....	71
9.1.1 Расчет капитальных затрат на строительство котельной .....	71
9.1.2 Расчет текущих затрат обслуживания котельной .....	73
9.1.3 Выбор лучшего варианта .....	74
9.2 SWOT-анализ для реализации проекта .....	76
9.3 Дерево целей проекта .....	78
9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта) .....	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	81



# 1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕВОДА НА АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Источником теплоснабжения ЗАО «ЧЗМК» на сегодняшний день является ТЭЦ-1 АО «Фортум». Горячая вода поступает на территорию завода по магистральным трубопроводам Акционерного Общества «Уральская теплосетевая компания» (АО «УТСК»). Стоимость 1 МВт/ч тепловой энергии составляет 2186 руб./МВт, что очень дорого и сильно отражается на себестоимости выпускаемой продукции, а соответственно прибыли предприятия.

На основании вышеизложенного, техническим директором предприятия было принято решение отказаться от централизованного теплоснабжения и построить свою собственную котельную. Проектируемая котельная должна отвечать характеристикам имеющейся системы теплоснабжения.

Тепловые сети завода находятся в исправном состоянии и не требуют ремонта. В рамках настоящего проекта строительства котельной необходимо подключить сетевые трубопроводы к новой котельной.

На предприятии используется закрытая система теплоснабжения. Сетевая вода, циркулирующая в тепловой сети, применяется только лишь как теплоноситель и из сети не отбирается на потребителя.

Для системы отопления административно-управленческих корпусов предназначается вода с температурой  $95 \div 70$  °С, а для производственных помещений – с температурой  $115 \div 70$  °С. Система отопления – двухконтурная с верхней разводкой. В качестве нагревательных устройств в производственных помещениях используются регистры из гладких труб, в административно бытовых помещениях – радиаторы М-140.

Во всех корпусах завода функционирует приточно-вытяжная вентиляция с механическим либо естественным побуждением. В качестве вытяжных конструкций установлены вентиляторные камеры серии ОВ-02-139.

На потребности горячего водоснабжения применяется вода с  $t_r=55$ °С. Горячая вода применяется на бытовые и производственные нужды [12].

Топливом для котельной необходимо использовать природный газ от газопровода Бухара-Урал с теплотворной способностью 8670 ккал/м<sup>3</sup>. На территории завода проложен газопровод Ду159мм, а также установлен ГРПШ-03БМ-2У1, который понижает давление газа до 0,06 МПа.

Водоснабжение котельной необходимо предусмотреть от существующего водопровода. Необходимо спроектировать систему водоподготовки, которая будет включать в себя: механические сетчатые фильтры, фильтры Na-катионирования и умягчители воды пропорционального дозирования согласно требования котельного оборудования. Также необходимо предусмотреть бак запаса исходной воды 50 литров. Воду с напорного и безнапорного дренажных трубопроводов необходимо сливать в проектируемый канал, а затем в существующий дренажный приямок.

Отвод дымовых газов от котлов возможно предусмотреть через проектируемые металлические газоходы и дымовую трубу. Для этого необходимо сделать расчет дымовой трубы.

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ					

Котельную спроектировать автоматизированной, но с присутствием обслуживающего персонала. Автоматизацию котлоагрегата выполнить на базе контроллеров и различных датчиков-измерителей.

Прокладка трубопроводов от новой котельной до существующих тепловых сетей по территории предприятия надземная на эстакадах и опорах.

Для уменьшения капитальных затрат в качестве здания котельной рассмотреть помещение, ранее используемое в качестве производственного цеха обжиговых печей. Оборудование данного цеха демонтировано, произведен капитальный ремонт помещения.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



но–экономического развития Челябинской области до 2020 года» от 26 марта 2014 года.

Для разработки данного проекта были использованы также многочисленные каталоги оборудования как российских, так и зарубежных производителей.

При написании отдельных разделов проекта были изучены статьи, опубликованные в сети Интернет.

Рассмотренного списка литературных источников должно хватить для написания данной ВКР. Но допускается его расширить при отсутствии необходимых материалов. Итоговый библиографический список будет указан в конце работы.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



### 3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО КОТЛА КВГМ-4,65-115 С ЗАРУБЕЖНЫМ АНАЛОГОМ ZWNS4,2-85/60-У

В рассматриваемой котельной планируется установка котлоагрегата КВ-ГМ-4,65-115 АО «Дорогобужкотломаш». Существует возможность оборудовать данную котельную ZWNS4,2-85/60-У китайского производителя «ZG Boiler». Произведем сравнение этих котлоагрегатов [39, 41].

Основные технические характеристики котлов КВ-ГМ-4,65-115 и ZWNS4,2-85/60-У приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристик котлов КВ-ГМ-4,65-115 и ZWNS4,2-85/60-У

Показатели	КВГМ-4,65-115	ZWNS4,2-85/60-У
Паропроизводительность, МВт	4,65	4,2
Давление воды, МПа	1,6	1,6
Расход газа, м <sup>3</sup> /час	513	620
Температура воды, °С	115	85
Температура питательной воды, °С	70	60
КПД, %	90,6	90,2
Цена, тыс. руб.	1260,00	1450,00

На рисунке 3.1 приведен общий вид котла КВ-ГМ-4,65-115.



Рисунок 3.1 – Общий вид котла КВ-ГМ-4,65-115



С фронта котла расположена неохлаждаемая открываемая фронтальная камера, на которую устанавливается горелочное устройство. Конструкция камеры позволяет открывать её на любую сторону котла за счёт чего обеспечивается лёгкий и удобный доступ к топочному пространству котла. Доступ к конвективным поверхностям обеспечивается за счёт расположенного над фронтальной камерой лаза. Неохлаждаемая крышка лаза (крышка газохода) открывается на левую сторону котла.

В топочной камере во время эксплуатации присутствует избыточное давление. Герметичность обеспечена безасбестовым уплотнительным шнуром, вложенным в направляющие на внутренней стороне фронтальной камеры и фронтальном торце котла, внутренняя часть фронтальной камеры и крышки лаза теплоизолированы лёгкой футеровкой.

Несущий каркас у котла отсутствует. Котёл имеет опоры, приваренные к нижним коллекторам. Опорами котел устанавливается на швеллерные коробки высотой 200 мм, поставляемые заводом. Швеллерные коробки, в свою очередь, привариваются к полу котельной (если он металлический), либо крепятся на анкера, забетонированные в бетонном полу (заводом не поставляются).

Котел оборудован автоматическими воздухоотводчиками, и удаление воздуха непосредственно из котла происходит без вмешательства обслуживающего персонала. Необходимо предусмотреть удаление воздуха только из подводящих-отводящих трубопроводов. Дренажные линии и штуцера слива конденсата из топки находятся по обеим сторонам котла под нижними коллекторами. Котёл имеет газоплотное исполнение, лёгкую натрубную теплоизоляцию, обшит ламинированным металлическим листом с защитным покрытием.

Замена котлов приведет к улучшению экологической обстановки так как в котлах КВ-ГМ-4,65-115 используются более совершенные методы сжигания топлива (природного газа), которые снижают выбросы оксидов азота [39].

Водогрейный котел ZWNS4,2-85/60-У имеет трех-возвращающую структуру, Верхняя часть котла похожа на обычные котлы, которая состоит из камеры сжигания и неадиабатических труб; нижняя часть состоит из теплоносителя (воды), и камеры сжигания. Котлы оборудуются немецкими или итальянскими горелками, а также комплектом автоматики «Siemens» [41].

Котел ZWNS4,2-85/60-У по сравнению с котлом КВ-ГМ-4,65-115Т имеет меньшую температуру воды, и соответственно меньшую мощность, что может усложнить дальнейшую модернизацию схемы котельной. Но при этом для питания зарубежного котла используется вода с температурой 60 °С, а для котла КВ-ГМ-4,65-115 – вода с температурой 70 °С. Расход газа зарубежного котла превышает расход котла КВ-ГМ-4,65-115, что приведет к увеличенным затратам на обслуживание котельной, так же цена котла ZWNS4,2-85/60-У значительно превышает цену отечественного. Все перечисленные факты делают целесообразной установку отечественного котла КВ-ГМ-4,65-115.

Произведя сравнение отечественного и зарубежного котла, можно сделать вывод, что отечественный котел КВ-ГМ-4,65-115 не уступает в технологической

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ					

части агрегата. Также отечественный котел имеет плюсы в ремонтпригодности, надежности и простоте конструкции [23].

Таким образом для установки котла между зарубежным котлом ZWNS4,2-85/60-У и отечественным КВ-ГМ-4,65-115, выбираем котел отечественной сборки.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>13</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 4 ПЕРЕВОД СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК

Котельная рассчитывается для подогрева горячей воды на отопления, вентиляции и горячего водоснабжения производственных цехов и административно-бытовых корпусов ЗАО «Челябинский завод металлоконструкций».

### 4.1 Расчёт нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС

Потребление тепла на отопление всех потребителей определяем из выражения (4.1) [38]:

$$Q_o = q_o \cdot V \cdot (t_{вн} - t_{но}), \text{ кВт} , \quad (4.1)$$

где  $q_o$  – удельный отопительный показатель строения, Дж/м<sup>3</sup>°C;  
 $V$  – объём строения, м<sup>3</sup>;  
 $t_{вн}$  – температура помещения, °C;  
 $t_{но}$  – температура при проектировании систем отопления, °C.

Для первого корпуса:

$$Q = 0,3 \cdot 148000 \cdot (16 + 30) = 2131,2 \text{ кВт}$$

Потребления теплоты на вентиляцию определяем из выражения (4.2):

$$Q_B = q_B \cdot V \cdot (t_B - t_{нв}), \text{ кВт} , \quad (4.2)$$

где  $q_B$  – удельный вентиляционный показатель строения, Дж/м<sup>3</sup>°C;  
 $V$  – объём строения, м<sup>3</sup>;  
 $t_{вн}$  – температура помещения, °C;  
 $t_{нв}$  – температура при проектировании систем вентиляции, °C.

Для первого корпуса:

$$Q = 0,5 \cdot 148000 \cdot (16 + 17) = 2590 \text{ кВт}$$

Потребление теплоты на ГВС определяем из выражения (4.3):

$$Q_g = \frac{(1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (t_z - t_{хв}) \cdot C_g)}{86400}, \quad (4.3)$$

где  $m$  – расчётное число потребителей;

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- а – норматив потребления воды на горячее водоснабжение, при  $t_r = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  на одного человека, кг/сут.;
- б – норматив потребления воды на горячее водоснабжение, потребляемое в общественных сооружениях, при  $t_r = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ , принимаем 25 кг/сут. на одного человека;
- $C_B$  – удельная теплоемкость воды, Дж/кг  $^\circ\text{C}$ ;
- $t_r$  – температура горячей воды,  $^\circ\text{C}$ ;
- $t_{хв}$  – температура холодной воды,  $^\circ\text{C}$ .

Для первого корпуса:

$$Q_{г.в.} = \frac{(1,2 \cdot 240 \cdot (270 + 25) \cdot (55 - 5) \cdot 4190)}{86400} = 212,9 \text{ кВт}$$

Расчетная максимальная тепловая нагрузка горячего водоснабжения (4.4):

$$Q_2^p = N \cdot Q_{г.в.}, \quad (4.4)$$

где  $N$  – показатель неравномерности.

$$Q_2^p = 2,4 \cdot 212,9 = 510,9 \text{ кВт}$$

Потребление теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение других сооружений и строений аналогичны, их результаты представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Потребление теплоты

№ по ген. плану	Наименование потребителя	Объем здания, м <sup>3</sup>	Удельная характеристика, Дж/м <sup>3</sup> °C		Расчетный тепловой поток, кВт			
			отопления, $q_o$	вентиляции, $q_v$	отопления	вентиляция	горячего водоснабжения	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Корпус №1	148000	0,3	0,5	2131,2	2590	510,9	5232,1
2	Корпус №2	140000	0,43	0,12	2889,6	588	390,1	3867,7
3	Корпус №3	35000	0,36	0,72	604,8	882	54,3	1541,1
4	Корпус №4	31000	0,48	0,19	714,2	206,1	44,2	964,5
5	Компрессорная станция	4300	0,45		92,9			92,9

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	Экспериментальный участок	3600	0,75		129,6		47,0	176,6
10	Склад масел и химикатов тарного хранения	2700	0,68		88,1			88,1
18	Заводоуправление	6300	0,36		108,9		69,1	178,0
21	ОГТ	4200	0,45		90,7		47,0	137,7
Итого					6850	4266,1	1162,6	12278,7

#### 4.2 Расчет температурного графика и расходов сетевой воды

Значения температур сетевой воды в зависимости от температур наружного воздуха определяются методом регулирования тепловых нагрузок и температурным графиком теплосети. В данном случае имеем качественное регулирование по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения при температурном графике теплосети 95/70 °С [38].

Перепад температур воды внутри тепловой сети (4.5):

$$\delta\tau'_0 = \tau'_{01} - \tau'_{02} \quad (4.5)$$

где  $\tau'_{01} = 95^\circ\text{C}$  – температура воды в подающем трубопроводе;

$\tau'_{02} = 70^\circ\text{C}$  – температура воды в обратном трубопроводе.

$$\delta\tau'_0 = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$$

Температурный напор нагревательного напора местной системы (4.6):

$$\Delta t'_0 = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} - t_e \quad (4.6)$$

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

$$\Delta t'_0 = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ\text{C}$$

Перепад температур воды в местной системе (4.7):

$$\theta'_0 = \tau'_{03} - \tau'_{02} \quad (4.7)$$

$$\theta'_0 = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}$$

Относительная величина тепловой нагрузки (4.8):

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q'_0} = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{н0}} \quad (4.8)$$

Температура сетевой воды перед отопительной установкой (4.9):

$$\tau_{01} = t_g + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0.8} + \bar{Q}_0 \cdot (\delta\tau'_0 - 0,5 \cdot \theta'_0) \quad (4.9)$$

Температура сетевой воды после отопительной установки (4.10):

$$\tau_{02} = t_g + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0.8} - 0,5 \cdot \bar{Q}_0 \cdot \theta'_0 \quad (4.10)$$

Результаты расчета температур сетевой воды отображены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Температуры сетевой воды

Величина	Температура наружного воздуха, °С										
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-15,8	-20	-25	-30	-34
$\bar{Q}_0$	0,22	0,31	0,36	0,46	0,56	0,64	0,69	0,73	0,82	0,91	1,0
$\tau_{01}$	41,5	45,9	52,9	59,5	66	72,3	73,3	78,4	84,4	90,3	95
$\tau_{02}$	36	39	43,6	48	52,1	56,1	56,7	60	63,6	67,2	70

Тепловая сеть – это система трубопроводов теплоснабжения, по которым теплота переносится теплоносителем от источника к потребителям. Для ОАО «ЧЗМК» применяются водяные тепловые сети с горячей (перегретую) водой с температурой перед системами теплоснабжения 95 °С, а после этих систем – 70 °С. Вода в тепловых сетях должна иметь давление, при котором не будет происходить ее вскипание. При 95 °С должно поддерживаться давление 0,6 МПа. В зависимости от температуры наружного воздуха температура воды должна соответствовать значениям.

На рисунке 4.1 представлен график температур тепловой сети в подающем и обратном трубопроводе.



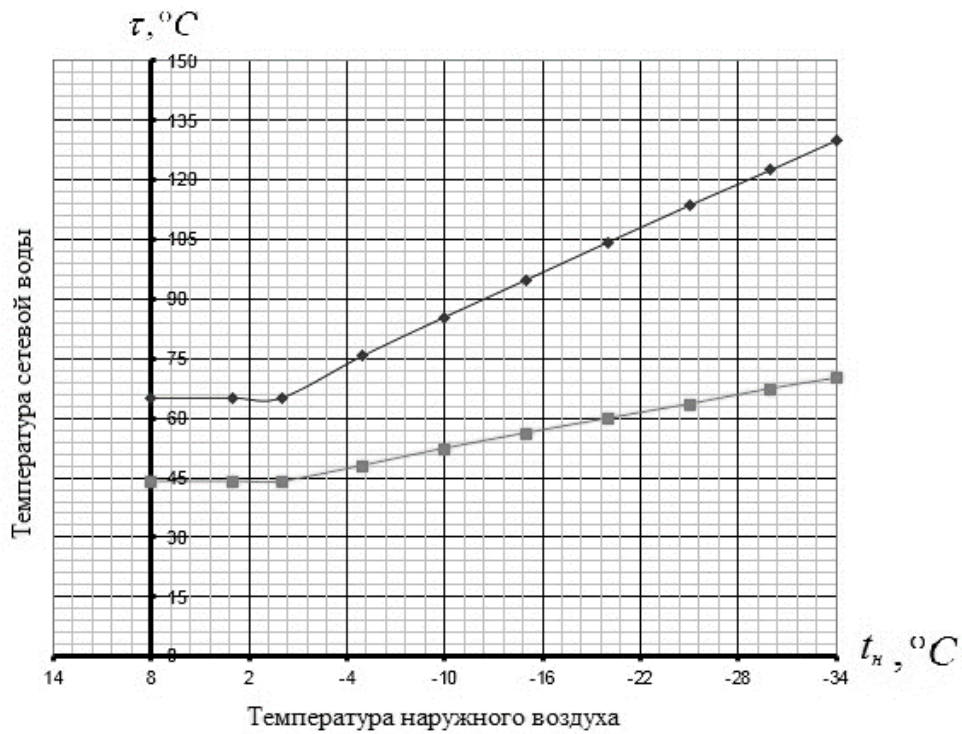


Рисунок 4.1 – График температур тепловой сети

Независимо от метода регулирования тепловых нагрузок необходимо учитывать, что при любых температурах наружного воздуха температура сетевой воды в подающем трубопроводе не может опускаться ниже заданной ( $t_r=65\text{ }^\circ\text{C}$ ). Поэтому необходимо сделать подрезку температурного графика. При определенной температуре наружного воздуха ( $t_{\text{ни}}$ ) происходит смена метода регулирования с качественного на количественное или наоборот [38]. Из графика  $t_{\text{ни}} = -9,22\text{ }^\circ\text{C}$  (рисунок 4.1).

Расход сетевой воды на отопление при  $t_n=-34\text{ }^\circ\text{C}$  (4.11):

$$G_o = \frac{Q_o}{C_p \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})} \quad (4.11)$$

$$G_o = \frac{6,85 \cdot 10^6}{4190 \cdot (75,17 - 37,87)} = 43,8 \text{ кг/с}$$

Расход сетевой воды на вентиляцию при  $t_n=-34\text{ }^\circ\text{C}$  (4.12):

$$G_o = \frac{Q_g}{C_p \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})} \quad (4.12)$$

$$G_g = \frac{4,27 \cdot 10^6}{4190 \cdot (75,17 - 37,87)} = 27,3 \text{ кг/с}$$

Расход воды на горячее водоснабжение (4.13):

$$G_{ГВС} = \frac{G_{ГВС}^{\max}}{C_p \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})} \quad (4.13)$$

$$G_{ГВС} = \frac{1,16 \cdot 10^6}{4190 \cdot (95 - 70)} = 11,1 \text{ кг/с}$$

### 4.3 Расчёт тепловой схемы котельной

Последовательность разработки тепловой схемы котельной состоит из этапов составления принципиальной тепловой схемы, ее расчета и на его основании подбора всего вспомогательного оборудования – насосов и др., а затем составления развернутой и монтажной тепловых схем.

Принципиальная тепловая схема, являющаяся первым этапом проектирования, включает в себя только главное оборудование (котельный агрегат, насосы) и соединяющие его трубопроводы без вспомогательных устройств, запорно-регулирующей арматуры и второстепенных трубопроводов, без указания количества и расположения оборудования.

Основной целью расчета тепловой схемы котельной является:

- определение общих тепловых нагрузок, состоящих из внешних нагрузок и расходов тепла на собственные нужды;
- определение всех тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования;
- определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок тепла, годовых расходов топлива и др.).

Расчет тепловой схемы позволяет определить суммарную теплопроизводительность котельной установки [38].

Котельная спроектирована на двухтрубную закрытую систему теплоснабжения. Исходные данные для расчёта тепловой схемы представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Исходные данные к расчёту тепловой схемы котельной

Наименование параметра	$t_{\text{но}} = -34^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{н}} = +8^{\circ}\text{C}$
Тепловая нагрузка на ГВС, МВт	1,163	0,987
Тепловая нагрузка на отопление, МВт	6,850	2,350
Тепловая нагрузка на вентиляцию, МВт	4,266	1,758
Температура в подающем трубопроводе, $\tau_{01}$ , °C	95	75,17
Температура воды в обратном трубопроводе, $\tau_{02}$ , °C	70	37,87

Результаты расчета котельной приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчёт тепловой схемы котельной

Расчетная величина	Обозначение	Расчетная формула или способ определения	Ед. изм.	Расчетный режим $t_{HO} = - 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5
Расход теплоты на отопление и вентиляцию	$Q_{OB}$	$Q_{OB}^p \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{HO}}$	МВт	$11,1 \cdot \frac{20+34}{20+34} = 11,1$
Расход теплоты на ГВС	$Q_{ГВС}$	из расчета	МВт	1,163
Общая тепловая мощность котельной	$Q_T$	$Q_{OB} + Q_{ГВС}$	МВт	$11,1 + 1,163 = 12,27$
Температура прямой сетевой воды на выходе	$\tau_1$	по рисунку 4.1	$^{\circ}\text{C}$	95
Температура обратной сетевой воды на входе	$\tau_2$	по рисунку 4.1	$^{\circ}\text{C}$	70
Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию	$G_{OB}$	$\frac{Q_{OB}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$	кг/с	$\frac{11,1 \cdot 10^6}{4190 \cdot (95 - 70)} = 69,7$
Расход сетевой воды на ГВС	$G_{ГВС}$	$\frac{Q_{ГВС}}{C_p \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$	кг/с	$\frac{1,163 \cdot 10^6}{4190 \cdot (95 - 70)} = 7,3$
Общий расход сетевой воды	$G_c$	$G_{OB} + G_{ГВС}$	кг/с	$69,7 + 7,3 = 77,01$
Расход воды на подпитку и потери в т/с	$G_{под}$	$0,025 \cdot G_c$	кг/с	$0,025 \cdot 77,01 = 1,93$
Расход теплоты на собственные нужды	$Q_{CH}$	$0,03 \cdot Q_T$	МВт	$0,03 \cdot 12,27 = 0,37$
Общая тепловая мощность ТГУ	$Q_K$	$Q_{OB} + Q_{ГВС} + Q_{CH}$	МВт	$12,27 + 1,163 + 0,37 = 12,64$
Расход воды через котельные агрегаты	$G_K$	$\frac{Q_K}{C_p \cdot (t''_K - t'_K)}$	кг/с	$\frac{12,64 \cdot 10^6}{4190 \cdot (95 - 70)} = 79,39$
Температура воды на выходе из котла	$t''_K$	$70 + \frac{Q_K}{C_p \cdot G_K}$	$^{\circ}\text{C}$	$70 + \frac{12,64 \cdot 10^6}{4190 \cdot 79,4} = 95$
Расход воды через котел на собственные нужды	$G_{CH}$	$\frac{Q_{CH}}{c_p \cdot (t''_K - t'_K)}$	кг/с	$\frac{0,37 \cdot 10^6}{4190 \cdot (95 - 70)} = 2,3$
Расход воды по перемычке подмешивания	$G_{ПМ}$	$\frac{G_c \cdot (t''_K - \tau_1)}{t''_K - \tau_2}$	кг/с	0
Расход химочищенной воды	$G_{ХВО}$	$G_{под}$	кг/с	1,93
Расход исходной воды	$G_{ИСК}$	$1,15 \cdot G_{ХВО}$	кг/с	$1,15 \cdot 1,93 = 2,22$

Назначение водогрейной котельной – выработка тепловой энергии и подача горячей воды в тепловые сети на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения потребителей, присоединённых к этим тепловым сетям.

Водогрейная котельная представляет собой совокупность котлов и оборудования, включающего следующие устройства:

- подачи и сжигания топлива;
- очистки, химической подготовки воды;
- насосы исходной (сырой) воды, сетевые или циркуляционные, подпиточные, питательные, рециркуляционные (подмешивающие);
- дымососы, газовый тракт и дымовую трубу;
- системы автоматического регулирования и безопасности сжигания топлива;
- тепловой щит или пульт управления.

Тепловая схема котельной зависит от вида вырабатываемого теплоносителя и от схемы тепловых сетей, связывающих котельную с потребителями пара или горячей воды, от качества исходной воды.

Основной отличительной особенностью водогрейных котлов от паровых является то, что в них не допускается образование пара, даже в виде пузырьков на внутренних поверхностях труб, подверженных большим тепловым нагрузкам.

Непрерывная циркуляция воды в контуре от котельной через тепловые сети, системы потребления тепла и обратно в котельную обеспечивается сетевыми насосами.

Следующей особенностью работы водогрейных котлов является то, что в хвостовые поверхности, выполненные из стальных труб, поступает вода с низкой температурой, которая может оказаться ниже температуры точки росы продуктов сгорания. Это обстоятельство приведёт к интенсивной низкотемпературной коррозии хвостовых поверхностей нагрева.

При работе котлов на газе температура воды на входе в котлы на должна быть ниже 60 °С.

#### 4.4 Выбор котельного агрегата

Проектом предусмотрена двухконтурная тепловая схема работы котельной, то есть через котлы предполагается пропускать контур котловой воды, который будет нагревать контур сетевой воды.

В соответствии с заданием на проектирование и результатами расчета нагрузок на отопление и ГВС параметры теплоносителя и теплопроизводительность котельной приняты следующие:

- теплоноситель для системы отопления и ГВС – сетевая вода по температурному графику 95/70°С;
- система теплоснабжения закрытая;
- общая тепловая нагрузка 12,64 МВт;
- в качестве топлива для сжигания принят природный газ с  $Q_n^p = 8670$  ккал/м<sup>3</sup> (33520 кДж/м<sup>3</sup>);

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ				

– техническое водоснабжение котельной осуществляется от существующих сетей водоснабжения и водоотведения;

– работа котельной предусматривается в автоматическом режиме, под надзором оператора котельной;

Циркуляцию воды в контуре котла обеспечивают насосы котлового контура, установленные на подаче теплоносителя в котел. Циркуляция в контуре тепловой сети осуществляется сетевыми насосами.

Исходя из этого выбираются 3 котла КВ-ГМ-4,65-115, мощностью по 4,65 МВт каждый, произведенные на АО «Дорогобужкотломаш». Технические характеристики выбранных котлов представлены в таблице 4.5 [39].

Таблица 4.5 – Технические характеристики котлов КВ-ГМ-4,65-115

Наименование	Единица измерения	КВ-ГМ-4,65-115
Номинальная мощность	МВт	4,65
Вид топлива	–	газ
Рабочее давление воды (на выходе из котла)	МПа	1,6
Номинальная температура воды:		
– на входе	°С	70
– на выходе		115
Гидравлическое сопротивление, не более	МПа	0,15
Расход воды	т/ч	88,7
Расход топлива	кг/с	512,4
КПД котла, не менее	%	90,67
Температура уходящих газов	°С	119
Температура наружной (изолированной) поверхности нагрева котла	°С	55
Суммарное аэродинамическое сопротивление	кг/м <sup>3</sup>	14,9
Водяной объем котла	м <sup>3</sup>	2,3
Масса	кг	25000

#### 4.5 Расчет котла КВ-ГМ-4,65-115

Целью теплового поверочного расчета является определение температуры воды, продуктов сгорания на границах между поверхностями нагрева на выходе из котла, КПД котла, расход топлива. В результате расчета получают исходные данные, необходимые для выбора вспомогательного оборудования и выполнения гидравлических, аэродинамических и прочностных расчетов.

Выполним расчёт котла КВ-ГМ 3,48-95М [30, 37].

Исходные данные для расчёта:

- топливом служит природный газ газопровода Бухара–Урал с теплотворной способностью  $Q_H^p=8670\text{ккал/м}^3$ ,
- температура воды на входе  $t' = 70\text{ }^\circ\text{C}$
- температура воды на выходе  $t'' = 115\text{ }^\circ\text{C}$

Расчетный состав топлива:

$$CH_4 = 94,2\%$$

$$C_2H_6 = 2,8\%$$

$$C_3H_8 = 0,4\%$$

$$C_4H_{10} = 0,1\%$$

$$C_5H_{12} = 0,1\%$$

$$N_2 = 2,0\%$$

$$CO_2 = 0,4\%$$

Теоретически необходимый объем воздуха при  $\alpha = 1\text{ м}^3 / \text{м}^3$  для газообразного топлива (4.14):

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n - O_2], \quad (4.14)$$

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

$$V^0 = 0,0476 [ (1 + 0,25 \cdot 4) \cdot 94,2 + (2 + 0,25 \cdot 6) \cdot 2,8 + (3 + 0,25 \cdot 8) \cdot 0,4 + (4 + 0,25 \cdot 10) \cdot 0,1 + (5 + 0,25 \cdot 12) \cdot 0,1 ] = 9,6\text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Теоретический объем продуктов сгорания при  $\alpha = 1\text{ м}^3 / \text{м}^3$ :

– объем трехатомных газов (4.15):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [CO_2 + CO + \sum m \cdot C_m H_n] \quad (4.15)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [0,4 + 1 \cdot 94,2 + 2 \cdot 2,8 + 3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1] = 1,023\text{ м}^3 / \text{м}^3$$

– объем двухатомных газов (4.16):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2 \quad (4.16)$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 9,6 + 0,01 \cdot 2,0 = 7,604\text{ м}^3 / \text{м}^3$$

– объем водяных паров (4.17):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{z.mл.}] + 0,0161 \cdot V^0, \quad (4.17)$$

где  $d_{z.mл.}$  – влагосодержание топлива, отнесенное к  $1 \text{ м}^3$  сухого газа, при  $t_{z.mл.} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  тогда можно подсчитать, что  $d_{z.mл.} = 10 \text{ г/м}^3$ .

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [0,5 \cdot 4 \cdot 94,2 + 0,5 \cdot 6 \cdot 2,8 + 0,5 \cdot 8 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 12 \cdot 0,1 + 0,124 \cdot 10] + 0,0161 \cdot 9,6 = 2,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Конструкция котла выполнена в газоплотном исполнении, то есть присосов воздуха нет, коэффициент избытка воздуха в поверхностях нагрева примем  $\alpha = 1,05 = \text{const}$ . Характеристика продуктов сгорания представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Обозначение величины	Единицы измерения	Топка	Конвективный пучок
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, $\alpha''$	–	1,05	1,05
Коэффициент избытка воздуха средний, $\alpha_{cp}$	–	1,05	1,05
$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0$	$\text{м}^3/\text{м}^3$	8,12	8,12
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0$	$\text{м}^3/\text{м}^3$	2,168	2,168
$V_z = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O}$	$\text{м}^3/\text{м}^3$	11,47	11,47
$r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_z$	–	0,09	0,09
$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_z$	–	0,19	0,19
$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	–	0,28	0,28

В таблице 4.7 представлен расчет энтальпий продуктов сгорания.

Таблица 4.7 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, \text{ }^\circ\text{C}$	$I_g^0, \text{ кДж/м}^3$	$I_z^0, \text{ кДж/м}^3$	$I = I_z^0 + (\alpha'' - 1) \cdot I_g^0, \text{ кДж/м}^3$			
			$\alpha_m'' = 1,05$		$\alpha_{\text{вн}}'' = 1,05$	
			$I$	$\Delta I$	$I$	$\Delta I$
1	2	3	4	5	6	7
30	379,47	–	–	–	–	–
100	1284,36	1506,592	1570,81	–	1570,81	–
200	2588,18	3037,286	3166,695	1595,885	3166,695	1595,885
300	3921,19	4611,044	4807,104	1640,409	4807,104	1640,409
400	5273,66	6228,068	6491,751	1684,648	6491,751	1684,648
500	6655,32	7882,852	8215,618	1723,867	8215,618	1723,867
600	8075,9	9573,75	9977,545	1761,927	9977,545	1761,927

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5	6	7
700	9525,67	11308,86	11785,15	1807,603	11785,15	1807,603
800	10994,9	13104,13	13653,88	1868,728	13653,88	1868,728
900	12464,13	14928,83	15552,03	1898,158	15552,03	1898,158
1000	13972,28	16791,65	17490,26	1938,232	17490,26	1938,232
1100	15519,35	18658,63	19434,59	1944,33	19434,59	1944,33
1200	17066,42	20531,86	21385,18	1950,584	21385,18	1950,584
1300	18788,63	21422,05	22361,48	976,3025	22361,48	976,3025
1400	20199,48	24426,4	25436,38	3074,899	25436,38	3074,899
1500	21785,47	26377,31	27466,58	2030,202	27466,58	2030,202
1600	23381,19	28360,14	29529,2	2062,624	29529,2	2062,624
1700	24967,18	30356,93	31605,29	2076,087	31605,29	2076,087
1800	26553,17	32372,37	33700,02	2094,734	33700,02	2094,734
1900	28187,81	34408,7	35818,09	2118,064	35818,09	2118,064
2000	29812,72	36435,92	37926,55	2108,466	37926,55	2108,466
2100	31515,47	38487,35	40063,13	2136,572	40063,13	2136,572
2200	33072,27	40545,36	42198,97	2135,844	42198,97	2135,844

В таблице 4.8 приведен тепловой баланс котла и расчет расхода топлива.

Таблица 4.8 – Расчет теплового баланса котла и расхода топлива

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Располагаемая теплота топлива	$Q_p^p$	$Q_H^p + Q_{в.вн} + i_{ТЛ}$	кДж/кг	$33520+0+0=33520$
Температура уходящих газов	$\vartheta_{yx}$	по паспорту котла	°С	119
Энтальпия уходящих газов	$I_{yx}$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	1874,03
Температура холодного воздуха	$t_{xв}$	принимаем	°С	30
Энтальпия холодного воздуха	$I_{xв}$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	379,47
Потери тепла с уходящими газами	$q_2$	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{xв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}$	%	$\frac{(1874,03 - 1,05 \cdot 379,47) \cdot 100}{33520} = 4,3$



Продолжение таблицы 4.8

1	2	3	4	5
Потери тепла от химического недожога	$q_3$	по таблице 4-5 [30]	%	0
Потери тепла от механического недожога	$q_4$	по таблице 4-5 [30]	%	0
Потери тепла в окружающую среду	$q_5$	по таблице 3-1 [30]	%	1,5
Сумма тепловых потерь	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	$4,3 + 0 + 0 + 1,5 = 9,4$
КПД котла	$\eta_{ка}$	$100 - \sum q$	%	$100 - 9,4 \approx 90,6$
Коэффициент сохранения тепла	$\varphi$	$1 - \frac{q_5}{\eta_{ка} + q_5}$	—	$1 - \frac{1,5}{94,1 + 1,5} = 0,984$
Температура питательной воды на входе в котел	$t'$	по техническим характеристикам котла	°С	70
Энтальпия питательной воды на входе	$i'$	по таблице VI – 6 [37]	кДж/кг	293,3
Температура питательной воды на выходе из котла	$t''$	по техническим характеристикам котла	°С	95
Энтальпия питательной воды на выходе из котла	$i''$	по техническим характеристикам котла	кДж/кг	398,1
Расход питательной воды через котел	$G$	$\frac{Q_{ка} \cdot 10^3}{(i'' - i')}$	кг/с	$\frac{4,65 \cdot 10^3}{(398,1 - 293,3)} = 33,2$
Полный расход топлива	$B$	$\frac{Q_{ка}}{\eta_{ка} \cdot Q_p^p}$	м <sup>3</sup> /с	$\frac{4,65 \cdot 10^3}{0,906 \cdot 33520} = 142,3$
Расчетный расход топлива	$B_p$	$B \cdot \frac{100 - q_4}{100}$	м <sup>3</sup> /с	$142,3 \cdot \frac{100 - 0}{100} = 142,3$

**Поверочный расчет топки**

При поверочном расчете топки по её тепловым и конструктивным характеристикам определяют температуру газов на выходе из топки  $\vartheta_m''$ . Результаты расчета сведем в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Поверочный расчет топки

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Объем топочной камеры	$V_m$	по конструктивным характеристикам котла	м <sup>3</sup>	7,8
Полная поверхность стен топочной камеры	$F_{cm}$	$\pi \cdot d \cdot l$	м <sup>2</sup>	26
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	$H_l$	по конструктивным характеристикам котла	м <sup>2</sup>	25,2
Коэффициент загрязнения	$\xi$	по таблице 5-2 [30]	—	0,65
Коэффициент тепловой эффективности экранов	$\psi$	$\xi \cdot \frac{H_l}{F_{cm}}$	—	$0,65 \cdot \frac{25,2}{26,0} = 0,63$
Эффективная толщина излучающего слоя	$S$	$3,6 \cdot \frac{V_m}{F_{cm}}$	м	$3,6 \cdot \frac{7,8}{26} = 1,08$
Объемная доля водяных паров	$r_{H_2O}$	по таблице 4.6	—	0,19
Объемная доля трехатомных газов	$r_{RO_2}$	по таблице 4.6	—	0,09
Суммарная поглощательная способность газов	$P_n \cdot S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 = 0,029$
t газов на выходе из топки	$g_m''$	принимаем	°С	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m''$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	17490,26
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_2$	по номограмме 5-5 [30]	—	12,5
Коэффициент ослабления лучей для неосветящихся трехатомных газов	$k_{нсв}$	$k_2 \cdot r_n$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$12,5 \cdot 0,28 = 3,54$

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5
Сила поглощения потока	$k_{PS}$	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$3,54 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,37$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,22
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	—	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 + 0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,1 + 0,42 \cdot 0,4) = 2,98$
Коэффициент ослабления лучей сажи-стыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2 - \alpha_m) \cdot \left(1,6 \frac{T_m''}{1000} - 0,5\right) \cdot \frac{C^p}{H^p}$	—	$0,3(2 - 1,05) \cdot (1,6 \cdot 1,273 - 0,5) \cdot 2,98 = 1,31$
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_2 \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$12,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,81$
Сила поглощения потока	$k_{PS}$	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$4,81 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,51$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,3
Видимое теплонапряжение топочного объема	$q_v$	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	кВт/м <sup>3</sup>	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	$m$	метод интерполяции	—	0,6
Эффективная степень черноты факела	$a_\phi$	$m \cdot a_{св} + (1 - m) \cdot a_{нсв}$	—	$0,6 \cdot 0,3 + (1 - 0,6) \cdot 0,22 = 0,332$
Степень черноты топки	$a_m$	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,332}{0,332 + (1 - 0,332) \cdot 0,63} = 0,406$
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_m$	по таблице 4.6	—	1,05

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_{\text{в}}$	$I_{\text{хв}} \cdot \alpha_m$	кДж/м <sup>3</sup>	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$Q_p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_{\text{в}}$	кДж/м <sup>3</sup>	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	$\vartheta_a$	по таблице 4.7	°С	1955
Средняя теплоемкость газов	$V_{\text{ср}}$	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_a - \vartheta_m''}$	кДж/м <sup>3</sup> · К	$\frac{33750,8 - 17490,26}{1955 - 1000} = 20,28$
Относительное положение максимума температур	$\chi_m$		–	0,5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	$M$	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_m$	–	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_m$	$\frac{\vartheta_a}{M \left( \frac{5,67 \psi_{\text{ср}} F_{\text{сг}} a_{\text{г}} \vartheta_a^3}{10^{11} \phi B_p V_{\text{ср}}} \right)^{0,6+1}} - 273$	°С	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	16742,1
Температура газов на выходе из топки	$\vartheta_m''$	принимаем	°С	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m''$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	16742,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_2$	по номограмме 5-5 [30]	–	10,5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	$k_{\text{нсв}}$	$k_2 \cdot r_n$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$10,5 \cdot 0,28 = 2,98$
Сила поглощения потока	$k_{\text{ПС}}$	$k_{\text{нсв}} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$2,98 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,32$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{\text{нсв}}$	по номограмме 5-4 [30]	–	0,19

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	—	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 + 0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,1 + 0,42 \cdot 0,4) = 2,98$
Коэффициент ослабления лучей сажи-стыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2 - \alpha_m) \left( 1,6 \frac{T_m''}{1000} - 0,5 \right) \times \frac{C^p}{H^p}$	—	1,31
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_2 \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{m \cdot \text{МПа}}$	$10,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,25$
Сила поглощения потока	$k_{PS}$	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{m \cdot \text{МПа}}$	$4,25 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,45$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,33
Видимое теплонапряжение топочного объема	$q_v$	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	кВт/м <sup>3</sup>	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	$m$	метод интерполяции	—	0,6
Эффективная степень черноты факела	$a_{ф}$	$m \cdot a_{св} + (1 - m) \cdot a_{нсв}$	—	$0,6 \cdot 0,33 + (1 - 0,6) \cdot 0,19 = 0,274$
Степень черноты топки	$a_m$	$\frac{a_{ф}}{a_{ф} + (1 - a_{ф}) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,274}{0,274 + (1 - 0,274) \cdot 0,63} = 0,37$
Коэффициент избытка воздуха в топке	$\alpha_m$	по таблице 4.6	—	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_m$	кДж/м <sup>3</sup>	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_в$	кДж/м <sup>3</sup>	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	$\vartheta_a$	по таблице 4.7	°С	1955

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

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

Лист

30

Окончание таблицы 4.9

1	2	3	4	5
Средняя теплоемкость газов	$V_{c_{cp}}$	$\frac{Q_m - I_m''}{g_a - g_m''}$	кДж/м <sup>3</sup> · К	$\frac{34750,84 - 16742,1}{1955 - 961,4} = 18,12$
Относительное положение максимума температур	$\chi_m$		—	0,5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	$M$	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_m$	—	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	$g_m$	$\frac{g_a}{M \left( \frac{5,67 \psi_{cp} F_{CT} a_T g_a^3}{10^{11} \phi B_p V_{c_{cp}}} \right)^{0,6+1}} - 273$	°С	968
Энтальпия газов на выходе из топки	$I_m$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	16870,02
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_l$	$\phi \cdot (Q_m - I_m'')$	кДж/м <sup>3</sup>	$0,988(33750,84 - 16870,02) = 16678,3$
Тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	$q_l$	$B_p \cdot \frac{Q_l}{H_l}$	кВт/м <sup>3</sup>	72,8

**Поверочный расчет конвективного пучка**

Поверочный расчет конвективного пучка водогрейного котла КВГМ-4,65-115 приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Поверочный расчет конвективного пучка

Наименование	Величина		Ед. изм.	Расчет
	Обозн.	Расчетная формула		
1	2	3	4	5
Расположение труб	—	по конструктивным характеристикам котла	—	продольное
Число дымогарных труб	n	по конструктивным характеристикам котла	шт.	34

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

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

Лист

31

Продолжение таблицы 4.10

1	2	3	4	5
Внутренний диаметр жаровой трубы	$d$	по конструктивным характеристикам котла	м	0,054
Расчетная поверхность нагрева	$H_p$	$n \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot l$	м <sup>2</sup>	$34 \cdot 3,14 \cdot 0,054 \cdot 2 = 11,53$
Живое сечение для прохода газов	$F_e$	по конструктивным характеристикам котла	м <sup>2</sup>	0,254
Эффективная толщина излучающего слоя	$S_0$	по конструктивным характеристикам котла	м	1,08
Температура газов перед конвективным пучком	$\vartheta_m$	из расчета топки	°С	968
Энтальпия газов перед конвективным пучком	$I_m$	из расчета топки	кДж/м <sup>3</sup>	16870,02
Температура газов за конвективным пучком	$\vartheta_{\text{кн}}$	по характеристикам котла	°С	119
Энтальпия газов за конвективным пучком	$I_{\text{кн}}$	по таблице 4.7	кДж/м <sup>3</sup>	1874,03
Тепловосприятие конвективного пучка по балансу	$Q_b$	$\varphi \cdot (I_m - I_{\text{кн}})$	кДж/м <sup>3</sup>	$0,988 \cdot \begin{pmatrix} 16870,02 - \\ -1874,03 \end{pmatrix} =$ $= 14816,04$
Средняя температура газов	$\vartheta_{\text{ср}}$	$0,5 \cdot (\vartheta^I + \vartheta^{II})$	°С	$0,5 \cdot (968 + 119) =$ $= 543,5$
Объем газов	$V_g$	по таблице 4.7	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	11,47
Средняя температура воды	$t_{\text{ср}}$	$\frac{t'_g + t''_g}{2}$	°С	$\frac{115 + 70}{2} = 82,5$
Температурный напор на входе в пучок	$t_B$	$\vartheta_m - t_{\text{ср}}$	°С	$968 - 82,5 = 885,5$
Температурный напор на выходе из пучка	$t_M$	$\vartheta_{\text{кн}} - t_{\text{ср}}$	°С	$119 - 82,5 = 36,5$
Средний температурный напор	$\Delta t$	$\frac{t_B + t_M}{\ln \frac{t_B}{t_M}}$	°С	$\frac{885,5 + 36,5}{\ln \frac{885,5}{36,5}} = 289,13$

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

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

Лист

32

Окончание таблицы 4.10

1	2	3	4	5
Средняя температура газов	$\vartheta_{cp}$	$\Delta t + t_{cp}$	°С	$289,13 + 82,5 = 371,63$
Секундный расход газов	$V_{сек}$	$B_p \cdot V_z \cdot \frac{\vartheta_{cp} + 273}{273}$	м <sup>3</sup> /с	$0,11 \cdot 11,47 \cdot \frac{371,63 + 273}{273} = 2,98$
Средняя скорость газов в конвективном газоходе	$W$	$\frac{V_{сек}}{F_z}$	м <sup>3</sup> /с	38,4
Объемная доля трехатомных газов	$r$	по таблице 4.6	—	0,28
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов	$P_n S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 = 0,03$
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	$k_z$	по номограмме 5-5 [30]	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	11
Сила поглощения потока	$k_z P S$	$k_z P_n S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$11 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 1,16$
Степень черноты продуктов сгорания топлива	$a$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,21
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_l$	по номограмме 6-12 [30]	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$	4,1
Коэффициент тепловой эффективности	$\psi$	по таблице 6-2 [30]	—	0,85
Коэффициент теплопередачи	$k$	$\psi \cdot (\alpha_k + \alpha_l)$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}$	3,66
Тепловосприятие конвективного пучка по уравнению теплообмена	$Q_k$	$\frac{k \cdot H_p \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3}$	кДж/м <sup>3</sup>	$\frac{3,66 \cdot 11,53 \cdot 289,13}{0,11 \cdot 10^3} = 14110,9$
Расхождение расчетных тепловосприятия	$\Delta Q$	$\frac{Q_m - Q_{\sigma}}{Q_m} \cdot 100\%$	%	$\frac{14816,2 - 14110,9}{14816,2} \cdot 100\% = 4,7$

Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла представлен в таблице 4.11.

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33



Таблица 4.11 – Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_в$	$I_{хв} \cdot \alpha_m$	кДж/м <sup>3</sup>	398,44
Полезное тепловыделение в топке	$Q_m$	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_в$	кДж/м <sup>3</sup>	33750,84
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_l$	$\varphi \cdot (Q_m - I_m'')$	кДж/м <sup>3</sup>	$0,988(33750,84 - 16870,02) = 16678,25$
Расчетная невязка теплового баланса	$\Delta Q$	$Q_p^p \cdot \eta_{ка} - (Q_l + Q_{кн})$	кДж/м <sup>3</sup>	$33520 \cdot 0,941 - (16678,25 + 14110,9) = 653,2$
Невязка	%	$\frac{\Delta Q}{Q_p^p} 100\%$	–	$\frac{653,2}{33520} \cdot 100 = 1,95$

Полученная погрешность удовлетворяет допустимой (2%), значит расчет проведен верно.

#### 4.6 Выбор вспомогательного оборудования

На основании расчетов тепловой схемы котельной предусматриваем установка трех водогрейных котлов КВ-ГМ-4,65-115.

Сетевой насос. Данный насос служит для циркуляции воды в тепловой сети. Его выбирают по расходу сетевой воды из расчёта тепловой схемы. Сетевые насосы устанавливаются на обратной линии тепловой сети, где температура сетевой воды не превышает 70 °С. Согласно правилам Ростехнадзора РФ, в котельной должно быть установлено не менее 2-х сетевых насосов. Циркуляция в тепловой сети устанавливаемого котла будет обеспечиваться существующей группой насосов типа «Wilо» BL 80/165-22/2 (3 шт.). Технические характеристики представлены в таблице 4.12 [47].

Таблица 4.12 – Технические характеристики насоса «Wilо» BL 80/165-22/2

Параметр	Значение
1	2
Электропитание	3~400 В, 50 Гц



Продолжение таблицы 4.14

1	2
Максимальная температура перекачиваемой жидкости (°С)	90
Минимальная температура перекачиваемой жидкости (°С)	15
Напор насоса (м)	26,2
Класс защиты	IP 54
Расход насоса (м <sup>3</sup> /ч)	8,19
Тип ротора	с сухим ротором

Все выбранное оборудование соответствует расчетным необходимым характеристикам и будет обеспечивать корректную требуемую работу котлов, а также всей котельной.

Согласно техническим характеристикам котла и горелки, газ необходимо подводить под давлением 0,06 МПа. На территории завода уже установлен ГРПШ-03БМ-2У1, который понижает давление газа до 0,06 МПа, поэтому понижения давления не требуется [43].

Выберем газовое оборудование для котельной:

1. Клапан термозапорный КТЗ-100 (1 шт. на вводе в котельную) предназначен для перекрытия газа в случае пожара трубопровода, подводящего газ к бытовым и промышленным приборам для его сжигания. При достижении температуры клапана КТЗ 80–100°С легкоплавкая вставка плавится, освобождая проход для запорного элемента, который пружиной досылается к седлу клапана, перекрывая поток газа. Клапан термозапорный КТЗ является устройством разового действия. Клапан КТЗ представлен на рисунке 4.2 [42].



Рисунок 4.2 – Клапан КТЗ-100

2. Клапан газовый электромагнитный КЗГЭМ-100 (1 шт. после КТЗ-100) предназначен для использования в качестве запорного устройства трубопроводных магистралей с рабочей средой в виде природного газа с давлением до 0,3 МПа (до 3,0 кгс/см<sup>2</sup>). Взвод клапана запорного газового электромагнитного КЗГЭМ-

100 осуществляется вручную. В составе устройства имеется датчик состояния (типа «открыт/закрыт»). Клапан КЗГЭМ приведен на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Клапан КЗГЭМ-100

3. Счетчик газовый СТГ 80-160 Ду 80 используется технического учета расхода природного газа. Принцип работы: вытеснение строго определенного объема газа вращающимися роторами. Объем вытесненного газа определяется объемом измерительной камеры счетчика, образованной внутренней поверхностью корпуса и поверхностями двух синхронно вращающихся в противоположных направлениях роторов. Вращательное движение роторов через редуктор и магнитную муфту передается на 8-ми разрядный счетный механизм, который регистрирует число оборотов роторов, а следовательно и объем газа, прошедший через счетчик. Счетчик газа СТГ регистрирует объем газа при рабочих условиях. Общий вид СТГ 80-160 изображен на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Счетчик СТГ 80-160

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

Лист

37



динения дренажного шарового крана. Верхняя часть может иметь два варианта исполнения: с заглушкой или с крышкой. Крышка представляет собой разъем с фланцем, приваренным к корпусу грязевика и фланцевой заглушкой АТК, которые уплотнены паронитовой прокладкой и стянуты крепежными элементами. В верхней части грязевика устанавливается муфтовый штуцер для подключения автоматического воздухоотводчика.

Абонентские грязевики изготавливаются компанией «Теплотех-Комплект» в нескольких вариантах:

- корпус грязевика неразборный, патрубки под приварку (тип №1);
- корпус неразборный, патрубки фланцевые (тип №2);
- корпус с фланцевым разъемом, патрубки под приварку (тип №3);
- корпус с фланцевым разъемом, патрубки фланцевые (тип №4).

Выбираем тип 3 для удобства монтажа и эксплуатации.

Рабочее давление абонентских грязевиков составляет 1,6 МПа. В стандартном исполнении диаметры патрубков выхода и выхода грязевика одинаковы, то есть это равнопроходной грязевик. Внутренняя часть абонентского грязевика состоит из фильтрующего элемента – сетчатого фильтра из нержавеющей стали. Тонкость очистки или фильтрации можно выбрать при заказе; ячейка сетки может устанавливаться от 0,4 до 5,0 мм.

Материал изготовления корпуса, патрубков и фланцев абонентского грязевика – углеродистая сталь (ст3сп, ст20).

Установка пропорционального дозирования Etatron DLX-01-15 применяется в различных отраслях промышленности, включая химическую, пищевую и фармацевтическую. Также оборудование используется в системах очистки воды в плавательных бассейнах, в сфере водоподготовки и пр. Данная модель представляет собой насос мембранного типа, который не использует смазку и отличается простым техническим обслуживанием. Также устройство имеет кислотостойкий пластиковый корпус и специальную пленку для защиты панели управления от ультрафиолетового излучения [44].

Особенности модели Etatron DLX-01-15:

- режимы дозирования: ручной, по таймеру, по установленному числу ppm, пропорциональный от сигнала 4-20 mA или от импульсного сигнала, например, от импульсного расходомера (умножение  $1 \times N$ , умножение с памятью  $1 \times N(M)$ , деление  $1:N$ );
- наличие трех индикаторов состояния работы, таймера, электронных часов, зуммера;
- поддержка датчиков уровня и выходного потока (в комплект поставки не входят);
- ЖК-дисплей с подсветкой и пятью сенсорными кнопками управления.

Проточная часть насоса DLX-MF/M может быть выполнена из различных материалов для достижения химической совместимости с перекачиваемой средой.

Фильтры натрий-катионитные параллельно-точные ФИПа предназначены для обработки воды с целью удаления из нее ионов-накипеобразователей ( $Ca^{2+}$  и  $M^{2+}$ )

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

в процессе катионирования. Фильтры используются на водоподготовительных установках промышленных и отопительных котельных.

Пример условного обозначения фильтра производительностью 20 м<sup>3</sup>/ч для умеренного климата и категории размещения при эксплуатации: ФИПа I – 1,0-0,6 На У4. Диаметр – 350 мм., рабочее давление — 0,6 МПа.

Натрий-катионитные параллельно-точные фильтры представляют собой вертикальный однокамерный цилиндрический аппарат и состоят из следующих основных элементов: корпуса, верхнего и нижнего распределительных устройств, трубопроводов и запорной арматуры, пробоотборного устройства и фильтрующей загрузки.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		





- автоматическая котельная нового поколения обладает КПД до 93%, а также значительно быстрее реагирует на колебания температуры окружающей среды, что приводит к экономии энергоносителей по сравнению с существующим на сегодня расходом в крупных котельных;
- расход электроэнергии котельных нового поколения в пересчете на единицу отпускаемой тепловой энергии по сравнению с существующими котельными значительно сокращается;
- сокращается обслуживающий персонал котельной до минимально необходимого дежурного персонала располагаемого на центральном диспетчерском пункте;
- значительно сокращаются ежегодные расходы на капитальный ремонт [28].

В данном проекте применяются энергосберегающие технологии. Основным является применение энергосберегающих средств регулирования.

Насосное оборудование потребляет около 60% электроэнергии собственных нужд котельных. Поэтому регулирование их режимных параметров оказывает существенное влияние на мощность и экономичность работы котельных установок.

Необходимо установить преобразователи частоты Allen-Bradley PowerFlex 4M на насосное оборудование. Характеристики частотных преобразователей Allen-Bradley PowerFlex 4M приведены в таблице 5.1 [42].

Таблица 5.1 – Характеристики Allen-Bradley PowerFlex 4M

Наименование параметра	Значение
Управление двигателем	вольт-частотное
Номинальные данные	при 200–240В: 0,2 - 7,5 кВт; 1,6 - 33 А
Выходная частота	0 – 400 Гц
Обмен данными	встроенный Modbus RTU (RS 485)
Рабочие температуры	IP20: от –10 до +50°С

Общий вид частотных преобразователей Allen-Bradley PowerFlex 4M представлен на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Общий вид Allen-Bradley PowerFlex 4M

Конструкция преобразователей частоты PowerFlex 4М позволяет монтировать их вплотную друг к другу, что обеспечивает оптимальное использование пространства монтажной панели, при этом возможно использование проходного подключения кабелей. Все приводы данной линейки имеют возможность установки на DIN-рейку для быстрого монтажа. Благодаря встроенным логическим функциям и ПИД-регуляторам имеется возможность отказаться от применения дополнительных контроллеров управления.

Применение преобразователя частоты имеет ряд преимуществ:

- регулирование скорости вращения от «0» до номинальной и выше номинальной;
- плавный разгон и торможение;
- ограничение тока на уровне номинального в пусковых, рабочих и аварийных режимах;
- увеличение срока службы механической и электрической частей оборудования;
- высвобождение части оборудования (например, заслонок).

Также необходимо установить теплоизоляцию трубопроводов горячей воды с помощью технической теплоизоляции Energoflex Super в зависимости от диаметра. Устанавливается на трубопроводы при помощи капроновых стяжек с негорючим покрытием. Форма Energoflex Super приведена на рисунке 5.2 [13].



Рисунок 5.2 – Форма Energoflex Super

Energoflex Super – изоляция на базе вспененного полиэтилена путем добавления различных модификаторов и усилителей определенных свойств для трубопроводов, машин и оборудования, работающих в диапазоне температур от -40 до +100 °С.

Преимущества теплоизоляции Energoflex Super: невысокая плотность (не более 30 кг/м<sup>3</sup>); легкий в монтаже и эксплуатации; не пропускает пар; не впитывает воду; не взаимодействует с промышленными газами; не требует внешней защиты.





$V_{H_2O}^0 = 2,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$  (из расчета котла);

Котел считаем газоплотным, поэтому коэффициент избытка воздуха принимаем  $\alpha = 1,05$ .

Объем дымовых газов при нормальных условиях (6.1):

$$V_z = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0 \quad (6.1)$$

$$V_z = 1,023 + 7,604 + 2,16 + (1,05 - 1) \cdot 9,6 = 11,47 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива при рабочих условиях ( $P_p=97000 \text{ Па}$ ;  $t_p=119 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (6.2):

$$V_p = \frac{P_{ny} \cdot V_z \cdot T}{P \cdot T_{ny}}, \quad (6.2)$$

где  $t_{yx} = 119 \text{ }^\circ\text{C} = 392 \text{ K}$  – средняя температура уходящих газов.

$$V_p = \frac{101325 \cdot 11,47 \cdot 392}{97000 \cdot 273} = 17,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

В зимний период котельная работает в максимальном режиме, то есть в работе все котлы: 3 КВГМ-4,65-115 мощностью 4,65 МВт.

Расход топлива на котлы (6.3):

$$B_p = \frac{\sum Q}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (6.3)$$

где:  $\sum Q$  – суммарная мощность котлов; так как каждый котел КВГМ-4,65-115 имеет общую дымовую трубу, то расчет проводим для одного котла мощностью  $Q=13,95 \text{ МВт}$ ;

$\eta = 94,1\%$  – КПД котла.

$$B_p = \frac{13,95}{33,52 \cdot 0,941} = 0,102 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе котлов (6.4):

$$V = V_p \cdot B \quad (6.4)$$

$$V = 17,2 \cdot 0,102 = 1,75 \text{ м}^3/\text{с}$$

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

В летний период котельная работает только для покрытия нагрузок горячего водоснабжения в размере  $Q_{гвс}=1,16$  МВт, поэтому работает 1 котел КВГМ-4,65-115. Расчет проводим для одного котла.

Расход топлива на котлы:

$$B_p = \frac{4,65}{33,52 \cdot 0,941} = 0,076 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе котлов:

$$V = 17,2 \cdot 0,076 = 1,307 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расчет выбросов оксидов азота ведется согласно методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 20 Гкал в час для зимнего периода и для летнего [31].

Суммарное количество оксидов азота, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами (6.5):

$$M_{NO_2} = B_p \cdot Q_n^p \cdot K_{NO_2}^z \cdot \beta_K \cdot \beta_t \cdot \beta_\alpha \cdot (1 - \beta_\Gamma) \cdot (1 - \beta_\delta) \cdot k_{II}, \quad (6.5)$$

где:  $K_{NO_2}^z$  – удельный выброс оксидов азота при сжигании газа,  $г/МДж$ , для водогрейных котлов (6.6):

$$K_{NO_2}^z = 0,0113 \cdot \sqrt{Q_T} + 0,03, \quad (6.6)$$

где:  $Q_T$  – фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт (6.7):

$$Q_T = B_p \cdot Q_n^p \quad (6.7)$$

$$Q_T = 0,102 \cdot 33,52 = 3,69 \text{ МДж/с}$$

$$K_{NO_2}^z = 0,0113 \cdot \sqrt{3,69} + 0,03 = 3,69 \text{ г/МДж}$$

$\beta_K = 1$  – безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки.

$\beta_t$  – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения (6.8):

$$\beta_t = 1 + 0,002 \cdot (t_{зв} - 30) \quad (6.8)$$

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$\beta_t = 1 + 0,002 \cdot (1000 - 30) = 2,94$$

$t_{г.в.}$  – температура горячего воздуха, °С;

$\beta_\alpha = 1$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота;

$\beta_r$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота (6.9):

$$\beta_r = 0,16 \cdot \sqrt{r} \quad (6.9)$$

где  $r$  – степень рециркуляции дымовых газов.

$$\beta_r = 0,16 \cdot \sqrt{1} = 0,16$$

$\beta_\delta = 0,01$  – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру;

$k_{II}$  – коэффициент пересчета, при определении выбросов в граммах в секунду  
 $k_{II} = 1$ ;

$$M_{NO_2} = 0,102 \cdot 33,52 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot (1 - 0,16) \cdot (1 - 0,01) \cdot 1 = 0,47 \text{ г/с}$$

Для летнего периода:

$$Q_T = 0,076 \cdot 33,52 = 2,76 \text{ МДж/с}$$

$$K_{NO_2}^2 = 0,0113 \cdot \sqrt{2,76} + 0,03 = 0,049 \text{ г/МДж}$$

$$\beta_t = 1 + 0,002 \cdot (1000 - 30) = 2,94$$

$$\beta_r = 0,16 \cdot \sqrt{1} = 0,16$$

$$M_{NO_2} = 0,076 \cdot 33,52 \cdot 0,049 \cdot 1 \cdot 2,94 \cdot 1 \cdot (1 - 0,16) \cdot (1 - 0,01) \cdot 1 = 0,33 \text{ г/с}$$

Расчет рассеивания выбросов ведется в соответствии с СН-369-74, согласно которым минимальная высота трубы определяется из условия, что максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое  $C_m$  не превосходит максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

$$C_m \leq \text{ПДК}$$

Максимальная концентрация выбросов  $NO_2$  может быть рассчитана по формуле (6.10):

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_m = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (6.10)$$

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

$\Delta T$  – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

$V_1$  – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, м<sup>3</sup>/с;

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

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

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой;

$\eta$  – поправочный коэффициент на рельеф. Если перепад высот в местности размещения источника выбросов не превышает 50 м на 1 км или препятствия (откосы, каньоны, горная гряда и т.п.) удалены более чем на 50Н, то  $\eta = 1$ .

Так как в рассматриваемой котельной уже установлены дымовые трубы, то необходимо произвести их поверочный расчёт с учётом вновь установленных котлов, т.е. определить максимальную концентрацию выбросов и сравнить ее с предельно допустимой концентрацией. Если условие будет выполняться, и максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое  $C_m$  не будет превосходить максимально разовую ПДК, то данные дымовые трубы будут соответствовать условиям эксплуатации и не будет необходимости в её реконструкции. Расчёта проведем также для двух периодов года: зимнего и летнего.

Для зимнего периода:

1. Скорость газа при высоте трубы 18 м и диаметре трубы 1000 мм найдем по формуле (6.11):

$$w_2 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_o^2} \quad (6.11)$$

$$w_2 = \frac{4 \cdot 1,75}{3,14 \cdot 1^2} = 2,23 \text{ м/с}$$

2. Находим значения коэффициента  $f$  (6.12):

$$f = \frac{10^3 w_2^2 D_o}{h_1^2 \Delta T} \quad (6.12)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 2,23^2 \cdot 1}{36^2 \cdot 153} = 0,25$$

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49



Тогда коэффициент  $m$  (6.13):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (6.13)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,25} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,25}} = 1,07$$

Коэффициент  $v_m$  (6.14):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T / h_1} \quad (6.14)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,75 \cdot 153}{18}} = 2,23 \text{ м/с}$$

Так как  $0,5 < v_m < 2$ , то  $n = 1,283$ ;

3. Максимальная концентрация выбросов  $\text{NO}_2$  от одного котла:

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,47 \cdot 1 \cdot 1,07 \cdot 1,283}{18^2 \cdot \sqrt[3]{1,75 \cdot 153}} = 0,012 \text{ мг/м}^2$$

4. Максимальная концентрация выбросов  $\text{NO}_2$  от трёх котлов:

$$C_m = 3 \cdot 0,012 = 0,036 \text{ мг/м}^2$$

Максимальная концентрация выбросов  $\text{NO}_2$  в зимний период не превышает ПДК $_{\text{NO}_2}$  = 0,085 мг/м<sup>3</sup>

Для летнего периода:

1. Скорость газа при высоте трубы 36 м и диаметре трубы 1000 мм найдем по формуле:

$$w_z = \frac{4 \cdot 1,307}{3,14 \cdot 1^2} = 1,67 \text{ м/с}$$

2. Находим значения коэффициентов  $m$  и  $n$ .

$$f = \frac{10^3 \cdot 1,67^2 \cdot 1}{36^2 \cdot 96} = 0,022$$

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



ственно выделяются грубодисперсные примеси. Воду при  $pH > 9$  целесообразно направлять на нейтрализацию кислых стоков ВПУ.

Сточные воды ионообменной части ВПУ представляют собой истинные растворы солей. Эти воды можно в зависимости от местных условий направить: в водоемы с соблюдением санитарно-гигиенических и рыбо-хозяйственных требований к качеству воды водоема в расчетном растворе. Способ очистки сточных вод химических промывок и консервации оборудования зависит от состава примесей в воде. При обезвреживании сточных промывочных вод основным является разрушение, образовавшихся при промывках, комплексов металла с реагентами, выделение этих металлов в осадок и разрушение органических соединений.

Сточные воды ВПУ перед сбросом в водоем должны освободиться от грубодисперсных примесей и солей. В сточных водах ВПУ содержатся нейтральные соли, кислоты и щелочи, что приводит к увеличению солесодержания водоемов и изменению показателя  $pH$ . Сточные воды ионообменной части ВПУ после смешения сбросов регенеративных вод от катионовых и анионовых фильтров имеют кислую реакцию. Для нейтрализации сточных вод применяют известь или аммиачную воду. Ионообменный метод опреснения и обессоливания основан на последовательном фильтровании воды через Na-катионитовый, а затем  $HCO_3^-$ ,  $OH^-$  или  $CO_3^{2-}$ -анионитовый фильтр. В Na-катионитовом фильтре содержащиеся в воде катионы, главным образом Ca (II), Mg (II) и Na (I), обмениваются на водород-катионы [34].

Сброс бытовых и других сточных вод осуществляется напрямую в систему канализации, после чего они будут направлены на очистные сооружения.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						52
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



- давление воды на входе в котёл;
- давление воды на выходе в котёл;
- температура воды на входе в котёл;
- температура воды на выходе в котёл;
- давление воздуха перед горелкой;
- разрежения в топке котла;
- расход воды через котёл;
- температура уходящих газов.

7. Управление: при оснащении системы автоматики водогрейного котла КВ-ГМ-4,65-115 управлением средствами «верхнего уровня», реализуется [29];

- представление информации о работе котла на экран монитора компьютера в виде мнемосхем и графиков,
- управление котлом,
- архивирование и регистрация параметров.

В автоматике котла КВ-ГМ-4,65-115 установлен электронный самописец – четырёхканальный «Термодат» 17М5, фиксирующий первопричину аварии.

Шкаф управления на контроллере SMH2010 представлен на рисунке 7.1 [42].



Рисунок 7.1 – Шкаф управления SMH2010

Функциональная схема автоматики предназначена для отображения в виде основных технических решений по оснащению объектов управления приборами и средствами автоматизации. В процессе разработки данной схемы формируется структура созданной системы и функциональные связи между объектом управления и аппаратом, который обеспечивает автоматизацию этого процесса. Функциональная схема представляет собой чертеж, на котором в упрощённом виде



- НМІ;
- клавиатура – 22 кнопки, 6 функциональных;
- графический дисплей – 4 строки × 20 символов, LED-подсветка;

Применение SMH 2010:

- автономный контроллер;
- мастер – контроллер, управляющий любым другим устройством, поддерживающим Modbus;
- шлейф – ведомый контроллер в сети (получает команды верхнего уровня);
- узловой контроллер сети Modbus – принимает и обрабатывает данные, одновременно работает с верхним и нижним уровнем Modbus;
- удаленный терминал – работает как пульт управления (функции дисплея, клавиатуры).

При построении схемы автоматики будем руководствоваться развернутым методом. В данном методе каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, на схеме указывается отдельным условным обозначением.

Обозначение приборов на схеме согласно ГОСТ 21.404-85. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.

Установка оборудования автоматического регулирования изображена на схеме. Выбор оборудования представлен в спецификации.

В водогрейных котлах существует два контура регулирования:

1 – топливо: с датчика температуры (позиция 8) сигнал передается на регулятор температуры;

2 – разряжение: разряжение в топке котла измеряется с помощью тягонапоромера, откуда подается сигнал на заслонку с электрическим однооборотным механизмом, которая при необходимости закрывается или открывается.

Автоматизация котла предусматривает:

- регулирование температуры теплоносителя на выходе из котла;
- регулирование давления разряжения в топке котла;
- управление насосом рециркуляции: включение насоса при пуске котла, отключение – с выдержкой времени после останова котла (по СНиП);
- аварийный останов котла при:
  - повышении температуры теплоносителя;
  - повышении давления теплоносителя;
  - понижении давления теплоносителя;
  - отсутствии воды в котле;
  - исчезновении напряжения;
  - светозвуковая сигнализация с запоминанием первопричины аварии.

Защиты по снижению давления газа в горелке, понижению давления воздуха к горелке, погасанию пламени заложены в автоматике горелки [33].

Лампочки на лицевой панели пульта управления горелки:

D – загорается при понижении значения давления газа до аварийного минимального значения;





Контроллер ИМ 2300 измеряет выходные сигналы измерительных преобразователей параметров измеряемой среды и рассчитывает количество теплоносителя, тепловой энергии, расхода газа в стандартных условиях, расхода жидкости.

Контроллер работает со следующими преобразователями – расходомерами, счетчиками жидкости, газа, пара, преобразователями давления, разности давления, термометрами сопротивления.

Теплоэнергоконтроллер ИМ2300 предназначен для решения задач:

- коммерческого учета энергоносителей с помощью измерительных преобразователей;
- автоматического управления исполнительными механизмами (включить - выключить);
- контроля режимов расходования энергоносителей и работы оборудования на узлах учета;
- архивирования учетных параметров;
- передачи данных о потреблении энергоресурсов в службы диспетчеризации, управления, информационную сеть.

Приборы и средства автоматизации заземляются согласно ПУЭ, присоединив к общему контуру заземления.

В таблице 7.1 представлена спецификация контрольно-измерительных приборов и средств автоматики.

Таблица 7.1 – Спецификация приборов КИПиА

Обозначение по схеме	Назначение средства КИПиА	Марка, модель	Количество
1	2	3	4
TI	Контроль температуры среды	Термометр показывающий БЕ-51.211	6
PI	Измерение давления среды	Манометр показывающий МП4-У	6
NS	Пуск электрического привода	Магнитный пускатель Schneider Electric РМИ2510К	
FI	Измерение расхода среды	Расходомер Взлет-М	2
PE	Контроль давления среды	Датчик давления КМІ-35	5
TE	Контроль температуры среды	Термопара 0.200.011 SIT 200 L 750	4
PEI	Контроль измерения давления показывающий	Дифманометр МДП4-СМ-Т	4
ТА	Контроль температуры среды с контактным устройством	Термометр ТЕМП 3.1	1
QCR	Контроль состава дымовых газов регистрирующий	Газоанализатор Кристалл СЗЦ-1	1

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

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

Лист

58

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4
FCRI	Контроль расходы среды регистрирующий	Расходомер Взлет-2М	1
РА	Контроль давления среды с контактным устройством	Дифманометр ДЕМ-102-01-1-2	1
PCRI	Контроль давления показывающий и регистрирующий на щите приборов	Измеритель ОВЕН ТРМ200	1
TCRI	Контроль температуры показывающий и регистрирующий на щите приборов		
PIA	Измеритель давления сигнализирующий	Автоматика ПКЦ-1Д	1
–	Сигнализация световая	Лампа сигнальная красная SG 2372.000	3
–	Сигнализация световая	Лампа сигнальная зеленая SG 2372.010	3
–	Сигнализация световая	Лампа сигнальная желтая SG 2372.020	1
–	Сигнализация звуковая	Звонок громкого боя МЗ-1	1

## 8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В данном проекте рассматривается строительство котельной на котлах КВГМ-4,65-115, работающих на природном газе. Котельная предназначена для покрытия нагрузки отопления, вентиляции и ГВС, а также на собственные нужды.

### 8.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Котельная частично автоматизирована, но внутри здания постоянно находится эксплуатационный персонал. Ремонт, обслуживанием и контролем контрольно-измерительных приборов и автоматики, контролем датчиков метана занимается слесарь КИПиА.

В соответствии с ГОСТ 12.0.002-80 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы», на слесаря КИПиА оказывают влияние следующие опасные и вредные факторы [3, 4]:

- физические;
- химические;
- психофизиологические.

Объекты, которые могут стать причиной травмирования работника:

- ручная запорная арматура;
- электрифицированные задвижки, электродвигатели;
- горячие трубопроводы, нагретые металлические конструкции, нагретые элементы оборудования, крышка котла;
- гладкие или скользкие лестницы, низкие ограждения, различные предметы.

Возможные аварийные ситуации:

- разрыв трубопровода вследствие повышения давления, образования свищей или усталости труб;
- взрыв котла или образование в нем дыр или трещин.

### 8.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

Условия работы – это набор факторов в производственной среде, которые влияют на здоровье и производительность человека в процессе работы. Благоприятные условия труда не только поддерживают здоровье, но также обеспечивают высокую производительность и предотвращают травмы.

Особое внимание уделяется созданию безопасных условий труда в АО ЧЗМК. Освещение на каждом рабочем месте измеряется и доводится до нормы своевременно. Для обеспечения температурного режима во всех цехах предприятия предусмотрено центральное отопление, а для необходимого воздухообмена в цехах предприятия предусмотрено устройство принудительной вентиляции.

Организация работы по созданию здоровых и безопасных условий труда, профилактике профессиональных травм, профессиональных заболеваний, а также соблюдению законодательства о защите труда поручается предприятию бюро инспекции безопасности, которое выполняет свою работу в соответствии с планами,

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ				





- осуществление мероприятий на основе расследования тяжелых и групповых аварий и аварий;
- организация внедрения стандартов безопасности труда;
- готовность персонала цеха к работе в аварийных условиях;
- соблюдение установленного режима работы и отдыха, трудовой дисциплины.

Результаты проверки документируются в акте и обсуждаются через неделю на встречах с руководителем предприятия с участием профсоюзного актива.

### Неблагоприятное освещение

Неблагоприятное освещение возникает вследствие плохой работы осветительных приборов и затененностью оборудования, конструкций.

В выпускной квалификационной работе предусматривается обеспечить достаточным дневным светом помещения котельной, а в ночное время искусственным освещением. Места, которые по технологическим причинам не обеспечиваются дневным светом, предусмотрено обеспечить электрическим светом.

Помимо рабочего освещения в котельной предусматривается аварийное освещение от источников питания, независимых от общей электроосвещенности котельной. Подлежат обязательному оборудованию аварийным освещением следующие места:

- фронт котлов, а также проходы между котлами, сзади котлов и над котлами;
- тепловые щиты и пульты управления;
- водоуказательные и измерительные приборы;
- помещения для баков и деаэраторов;
- насосные помещения.

В таблице 8.1 приведены нормы освещенности в зависимости от места расположения в котельной [11].

Таблица 8.1 – Требования к освещению

Наименование оборудования и помещения	Освещение,
Измерительные приборы, указатели уровня	50
Фронт котлов; вентиляционное, бункерное и дымососное отделение; приборы автоматики, химводоочистки; приборы управления щитами котлов и топливоподачи	20
Помещения баков, деаэраторов, площадки обслуживания котлов и за котлами	50
Тепловые щиты, пульты управления	200
Коридоры, лестницы	10
Машинный зал	200

## Защита от теплового излучения

Котельные агрегаты являются источником избыточных выделений тепла. В целях профилактики тепловых травм, температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его конструкций не должна превышать 45°C.

Для условий поддержания нормальных параметров микроклимата предусмотрена теплоизоляция и обмуровка поверхностей котлов. Это снижает температуру поверхностей оборудования до предельно допустимой.

В качестве изоляции применена щитовая обмуровка, состоящая из двух слоев:

- минеральной ваты (толщина слоя 40 – 80 мм);
- обшивка из стального листа (толщина слоя 40 мм, коэффициент теплопроводности 100 Вт/(м °С)).

В местах, где невозможно заизолировать поверхности оборудования с температурой выше 45°C, установлено:

- перегородки, исключающие случайный контакт с персоналом;
- таблички и указатели, предупреждают об опасности получения ожога.

Для защиты обслуживающего персонала от воздействия тепловых излучений (плотностью более 140 Вт/м<sup>2</sup>) предусмотрены блочные щиты управления [13].

## Защита от шума

Для теплоэнергетического оборудования характерны следующие шумы: механические, аэродинамические, гидродинамические.

В котельной значительный шум вызывают аэродинамические причины, к ним относятся:

- работа предохранительных клапанов;
- пробивание прокладок фланцевых соединений;
- движение газов в трубах с большой скоростью.

В котельном цехе, с целью снижения уровня шума, проводят следующие мероприятия:

- улучшение режима эксплуатации оборудования;
- центровка и балансировка механизмов;
- наложение шумовой изоляции (шумозащитные кожухи).

При кратковременном пребывании в очень шумном помещении применяют наушники – противоушины или беруши [7].

## Электрический ток

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели насосов и оборудование КИПиА. В таблице 8.2 представлены величины напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц [8].

										Лист
										64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2018.231.18 ПЗ





страционный номер. Котел снабжается арматурой и приборами безопасности (термометры, манометры, предохранительные клапана, водоуказательные приборы). При работе машиниста котла напряженность труда вызвана монотонностью нагрузок [2].

С целью обеспечения механической прочности оборудования, следует применять трубки с условным диаметром 50 мм, толщиной стенок 3,5 мм (ГОСТ 3262-75 «Трубы оцинкованные»). Если в ходе расчета на прочность данная толщина стенок не соответствует требованиям, применяются усиленные трубки с толщиной стенки 4,5 мм.

Механическая прочность оборудования обеспечивается предварительными испытаниями на прочность, путем проверки качества сварных швов, гидравлических испытаний.

При работе котла возможно коррозионное разрушение элементов котла. Коррозионная стойкость оборудования обеспечивается увеличением коррозионной стойкости конструктивного материала, путем нанесения соответствующего покрытия и удаления кислорода из воды. Для этого ее подвергают деаэрации.

Все трубопроводы имеют в верхних точках воздушники, а в нижних точках и застойных зонах — дренажные устройства, соединенные непосредственно с атмосферой.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала котельной предусмотрены следующие защитные устройства:

- манометр, показывающий давление горячей воды;
- предохранительные клапана для автоматического выпуска избыточной воды из котлов;
- воздушно-указательные приборы для наблюдения за уровнем воды;
- водозапорный вентиль для регулирования расхода воды на котел;
- спускные и продувочные вентили;
- воздушные клапана для удаления воздуха из котла;
- манометр, показывающий давление перегретого пара.

Помещение котельной, согласно должно быть освещено таким образом, чтобы гарантировать возможность правильного и безопасного обслуживания котлов.

### **Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять следующие задачи:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ					



Газопроводы оборудуют водяными затворами или пламяпреградителями для защиты от попадания взрывной волны или пламени со стороны сети потребления, а также от проникновения кислорода.

Помещения котельной построено таким образом, чтобы ограничить распространение огня во время взрыва или пожара и уменьшить их разрушительные последствия. Для этого устанавливаются прочные массивные стены из несгораемых материалов в тех направлениях, в которых взрыв или пожар приведет к наиболее разрушительным последствиям.

Важную роль в пожарной безопасности помещения котельной имеют эвакуаци-

онные и аварийные выходы. Выходы являются эвакуационными, если они ведут:

а) из помещений первого этажа наружу: непосредственно; через коридор; через лестничную клетку; через коридор и лестничную клетку;

б) из помещений любого этажа, кроме первого: непосредственно в лестничную клетку; в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку или на лестницу; в холл (фойе), имеющий выход непосредственно в лестничную клетку;

в) в соседнее помещение на том же этаже, обеспеченное выходами, указанными в а и б.

Выходы не являются эвакуационными, если в их проемах установлены раздвижные и подъемно-опускные двери и ворота, ворота для железнодорожного подвижного состава, вращающиеся двери и турникеты.

В котельной имеется два эвакуационных выхода, которые располагаются рассредоточено. Каждый из выходов обеспечивает безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании. Двери эвакуационных выходов и другие двери на путях эвакуации должны открываться по направлению выхода из здания и не должны иметь запоров, препятствующих их свободному открыванию изнутри без ключа.

Выходы, не отвечающие требованиям, предъявляемым к эвакуационным выходам, рассматриваются как аварийные и предусматриваются для повышения безопасности людей при пожаре. Аварийные выходы не учитываются при эвакуации в случае пожара. К аварийным выходам относятся:

а) выход на открытый балкон или лоджию с глухим простенком не менее 1,2 м от торца балкона (лоджии) до оконного проема (остекленной двери) или не менее 1,6 м между остекленными проемами, выходящими на балкон (лоджию);

б) выход на открытый переход шириной не менее 0,6 м, ведущий в смежную секцию здания класса Ф1.3 или в смежный пожарный отсек через воздушную зону;

в) выход на балкон или лоджию, оборудованные наружной лестницей, поэтажно соединяющей балконы или лоджии;

г) выход непосредственно наружу из помещений с отметкой чистого пола не ниже -4,5 м и не выше + 5,0 м через окно или дверь с размерами не менее 0,75x1,5 м, а также через люк размерами не менее 0,6x0,8 м; при этом выход через приямок должен быть оборудован лестницей в приямок, а выход через люк лестницей в помещении; уклон этих лестниц не нормируется;

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ					



Специальные огнезащитные покрытия и пропитки, нанесенные на открытую поверхность конструкций, должны соответствовать требованиям, предъявляемым к отделке конструкций. В технической документации на эти покрытия и пропитки должна быть указана периодичность их замены или восстановления в зависимости от условий эксплуатации. Для увеличения пределов огнестойкости или снижения классов пожарной опасности конструкций не допускается применение специальных огнезащитных покрытий и пропиток в местах, исключающих возможность их периодической замены или восстановления.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						70
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Экономическая часть работы содержит две части: технико-экономическое обоснование выбранного варианта, а также создание структуры реализации проекта строительства котельной для нужд ЗАО «ЧЗМК» [18].

### 9.1 Техничко-экономический расчет

В технико-экономическом расчете сравниваются два варианта строительства котельной.

Первый вариант – установка котлов КВГМ-4,65-115 (3 шт.).

Второй вариант – установка котлов ZWNS4,2-85/60-У (3 шт.).

#### 9.1.1 Расчет капитальных затрат на строительство котельной

Капитальные затраты включают стоимости оборудования, монтажные и пусконаладочные работы, разработка проекта.

#### I вариант – установка котлов КВГМ-4,65-115

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту АО «Дорогобужкотломаш» и сведена в таблицу 9.1 [39, 42, 43, 44].

Таблица 9.1 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
Котел КВГМ-4,65-115	3	1207,00	362,00	3621,00	1086,00
Горелка Sib Unigas R93A	3	348,00	104,00	1044,00	312,00
Комплект автоматики SMH2010	3	124,00	37,00	372,00	111,00
Комплект водоподготовки Etatron DLX	1	321,00	96,00	321,00	96,00
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	250,00	75,00	250,00	75,00
Комплект газового хозяйства	1	150,00	45,00	150,00	45,00
ИТОГО:				5758,00	1725,00

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

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

Лист

71

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования (9.1):

$$K_{\partial} = 0,05 \cdot K_{об}, \quad (9.1)$$

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

0,05 – расходы на грузовые перевозки 5 % (по данным транспортной компании).

$$K_{\partial} = 0,05 \cdot 5758,00 = 287,9 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 500,00 тыс. руб. (по данным ООО «Автономные ТеплоСистемы»).

Общие капитальные вложения на расширение котельной (9.2):

$$K_1 = K_{об} + K_m + K_{\partial} + K_{пр}, \quad (9.2)$$

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

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

$$K_1 = 5758,00 + 1725,00 + 287,9 + 500 = 8270,90 \text{ тыс.руб.}$$

## II вариант – установка котлов ZWNS4,2-85/60-Y

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту ООО «Котельная компания ZBG» и сведена в таблицу 9.2 [41, 44].

Таблица 9.2 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
1	2	3	4	5	6
Котел ZWNS4,2-85/60-Y	3	1450,00	435,00	4350,00	1305,00
Горелка Weishaupt G20	3	286,00	85,00	858,00	255,00
Комплект автоматики Siemens PR8476	3	154,00	46,00	462,00	138,00
Комплект водоподготовки Etatron DLX	1	321,00	96,00	321,00	96,00

Продолжение таблицы 9.2

1	2	3	4	5	6
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	250,00	75,00	250,00	75,00
Комплект газового хозяйства	1	150,00	45,00	150,00	45,00
ИТОГО:				6391,00	1914,00

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования:

$$K_0 = 0,05 \cdot 6391,00 = 319,6 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 500,00 тыс. руб. (по данным ООО «Автономные ТеплоСистемы»).

Общие капитальные вложения на расширение котельной:

$$K_2 = 6391,00 + 1914,00 + 319,6 + 500,00 = 9124,60 \text{ тыс.руб.}$$

### 9.1.2 Расчет текущих затрат обслуживания котельной

Текущие затраты – это периодические затраты на функционирование котельной. Расчет ведется на 1 год обслуживания.

#### I вариант – установка котлов КВГМ-4,65-115

Вычисляем расходы, которые подлежат изменению вследствие расширения. Годовые затраты на природный газ (9.3):

$$I_T = C_T \cdot B_{год}, \quad (9.3)$$

где  $C_T$  – тариф на природный газ, руб./м<sup>3</sup> ( $C_T = 2750$  руб./м<sup>3</sup> – по данным ПАО «Новатэк» [45]);

$B_{год}$  – годовой расход газа, м<sup>3</sup>/год, по расчету главы 4.

$$I_T = 2750 \cdot 164,5 \cdot 10^6 = 452,4 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на воду (9.4):

$$I_g = C_g \cdot G_{год}, \quad (9.4)$$

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



где  $C_{\text{в}}$  – тариф на воду, руб./м<sup>3</sup> ( $C_{\text{т}} = 23,59$  руб./м<sup>3</sup> – по данным МУПП «ПОВВ» [40]);

$G_{\text{год}}$  – годовой расход воды, м<sup>3</sup>/год, по расчету главы 4.

$$I_{\text{т}} = 23,59 \cdot 78,4 \cdot 10^6 = 185,6 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на электроэнергию (9.5):

$$I_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot N_{\text{год}}, \quad (9.5)$$

где  $C_{\text{э}}$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч ( $C_{\text{т}} = 3,2$  руб./кВт·ч – по данным ПАО «Челябэнергосбыт» [46]);

$G_{\text{год}}$  – годовой расход электроэнергии, кВт·ч /год.

$$I_{\text{э}} = 3,2 \cdot 18,7 \cdot 10^6 = 215,0 \text{ тыс.руб./год}$$

Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт (9.6):

$$I_{\text{э}} = 0,01 \cdot C + 0,1 \cdot K_{\text{об}}, \quad (9.6)$$

где 0,01 – 1% на содержание и эксплуатацию энергооборудования;

0,1 – 10% на амортизацию энергооборудования;

$K_{\text{об}}$  – общая стоимость оборудования всей котельной, млн.руб.

$$I_{\text{э}} = 0,01 \cdot 5758,00 + 0,1 \cdot 5758,00 = 633,4 \text{ тыс.руб./год}$$

Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений (9.7):

$$I_{\text{р}} = 0,0025 \cdot K_{\text{об}}, \quad (9.7)$$

где 0,0025 – 0,25% на цеховые расходы;

$K_{\text{об}}$  – общая стоимость оборудования всей котельной, млн. руб..

$$I_{\text{р}} = 0,0025 \cdot 5758,00 = 14,4 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма всех затрат (9.8):

$$I_{\Sigma} = \sum I_i = I_{\text{м}} + I_{\text{э}} + I_{\text{р}}, \quad (9.8)$$

где  $\sum I_i$  – сумма всех затрат, млн.руб./год;

										Лист
										74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2018.231.18 ПЗ

$$I_1 = 452,40 + 185,60 + 215,00 + 633,40 + 14,40 = 1500,80 \text{ тыс.руб./год}$$

## II вариант – установка котлов ZWNS4,2-85/60-Y

Вычисляем расходы, которые подлежат изменению вследствие расширения.  
Годовые затраты на природный газ:

$$I_T = 2750 \cdot 162,3 \cdot 10^6 = 446,30 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на воду:

$$I_T = 23,59 \cdot 82,5 \cdot 10^6 = 172,4 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на электроэнергию:

$$I_y = 3,2 \cdot 18,7 \cdot 10^6 = 194,7 \text{ тыс.руб./год}$$

Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт:

$$I_y = 0,01 \cdot 6391,00 + 0,1 \cdot 6391,00 = 703,0 \text{ тыс.руб./год}$$

Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений:

$$I_p = 0,0025 \cdot 6391,00 = 15,9 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма всех затрат:

$$I_2 = 446,30 + 172,4 + 194,7 + 703,0 + 15,9 = 1532,3 \text{ тыс.руб./год}$$

### 9.1.3 Выбор лучшего варианта

Приведенные затрат рассчитываем по выражению (9.9):

$$Z_i = E_n K_i + I_i \rightarrow \min, \quad (9.9)$$

где  $Z_i$  – приведенные затраты по  $i$ -му варианту, тыс.руб./год;

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

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, 1/год;

					13.03.01.2018.231.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

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

Сведем в таблицу 9.3 исходные данные для расчета приведенных затрат.

Таблица 9.3 – Исходные данные

Затраты	I вариант – установка котлов КВГМ-4,65-115	II вариант – установка котлов ZWNS4,2-85/60-Y
Капитальные К, тыс. руб.	8270,90	9124,60
Текущие И, тыс.руб/год	1500,80	1532,30

$$Z_1 = 0,15 \cdot 8270,90 + 1500,80 = 2741,4 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_2 = 0,15 \cdot 9124,60 + 1532,30 = 2900,9 \text{ тыс.руб./год}$$

Вывод: согласно расчету приведенных затрат получили величину приведенных затрат для I варианта – установка котлов КВГМ-4,65-115 меньше, чем для II вариант – установка котлов ZWNS4,2-85/60-Y, поэтому I вариант экономически эффективнее.

### Определение себестоимости тепловой энергии

Основным технико-экономическим показателем работы котельной является стоимость вырабатываемой единицы тепловой энергии. Себестоимость 1 Гкал тепла определяется по формуле (9.10):

$$C_{тэ} = \frac{\sum I}{Q_{год}} = \frac{I_1}{Q_{год}}, \text{ тыс.руб./МВт}, \quad (9.10)$$

где  $I_1$  – годовые эксплуатационные затраты, тыс.руб/год;  
 $Q_{год}$  – годовой отпуск тепла, МВт/год.

$$C_{тэ} = \frac{1500,80}{867,5} = 1,73 \text{ тыс.руб./Гкал}$$

### 9.2 SWOT-анализ для реализации проекта расширения

Качественный подход к описанию рисков заключается в последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределённость, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды);



Продолжение таблицы 9.5

О: возможности	Т: угрозы
1) Спрос на тепловую энергию; 2) Хорошие экономические отношения с поставщиками из Китая	1) Отсутствие дилера в городе по обслуживанию и ремонту таких котлов; 2) Нестабильность экономической обстановки на рынке энергоресурсов; 3) Ужесточение требований безопасности оборудования; 4) Рост цен на топливо.

Вывод: согласно SWOT-анализу установка котлов КВГМ-4,65-115 наиболее выгодна, так как у этого варианта больше сильных сторон.

### 9.3 Планирование целей предприятия и проекта

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую подчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. На рисунке 9.1 изображено дерево целей проекта строительства котельной ЗАО «ЧЗМК» с установкой котлов КВГМ-4,65-115.



Рисунок 9.1 – Дерево целей проекта

## 9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

График отражает примерное распределение процессов во времени и их логическую последовательность, должен быть скорректирован и дополнен при детальной проработке проекта изменений [18]. График отображен в таблице 9.6.

Таблица 9.6 – График Ганта

Этапы работы	Исполнитель	Продолжительность этапов 01.01.2019 г. по 01.07.2020 г.																		
		2019 год										2020 год								
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль
Разработка требуемых режимов работы котельной	Начальник службы эксплуатации	■																		
Подбор необходимого оборудования	Инженер службы эксплуатации		■																	
Разработка технических условий	Начальник службы эксплуатации			■																
Расчет стоимости строительства котельной	Инженер-экономист			■																
Проверка затрат бюджета	Управляющий директор				■															
Утверждение бюджета	Владелец предприятия					■														
Разработка проекта	Инженер-проектировщик						■	■	■											
Согласование проекта	Главный инженер проекта									■										
Выбор и заключение договора с подрядчиком	Начальник договорного отдела										■	■								
Монтаж оборудования котельной	Монтажная организация												■	■	■	■	■			
Контроль и приемка монтажных работ	Служба эксплуатации																		■	■

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассматривалось строительство собственной котельной для нужд ЗАО «Челябинский завод металлоконструкций». На основании расчетов и анализов принято решение об установке четырех котлов КВГМ-4,65-115.

Котельная ЗАО «ЧЗМК» рассчитана на покрытие нужд отопления, вентиляции, горячего водоснабжения производственных помещений и административно-бытовых корпусов завода.

В качестве сравнения было сделано сопоставление характеристик котла КВГМ-4,65-115 производства АО «Дорогобужкотломаш» с зарубежным аналогом ZWNS4,2-85/60-Y китайского производителя «ZG Boiler».

Выполнены расчеты необходимой мощности. Общая мощность котельной составляет 13,95 МВт. Расход исходной воды при этом составляет 0,81 кг/с, а расход топлива – 1536 м<sup>3</sup>/ч. Сделан тепловой расчет схемы котельной

В составе мероприятий по энергосбережению рассмотрена политика предприятия, а также преимущества применения частотных преобразователей для плавного регулирования и насосного оборудования.

В качестве отвода уходящих газов принято решение использовать существующую дымовую трубу высотой 18 м и диаметром 1000 мм, оставшуюся от бывшего здания производственного цеха.

Разработана система автоматического регулирования котла КВГМ-4,65-115 на основе контроллеров, регуляторов и датчиков SMH2010.

Произведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и разработана система безопасности производственного процесса.

Выполнен технико-экономический расчет. На основе приведенных затрат получили вариант установки выбранного котельного агрегата наиболее экономичным. Представлен SWOT-анализ для реализации проекта и приведено планирование мероприятий по реализации проекта. Себестоимость 1 МВт тепловой энергии составит 1730,00 рублей, в сравнении с 2186,00 рублей при покупке у АО «Фортум».

Проект показывает, что перевод предприятия на автономный источник теплоснабжения технически обоснован, экологически эффективен и экономичен.

										Лист
										80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.231.18 ПЗ					







34 Пугач, Л.И. Энергетика и экология / Л.И. Пугач. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2008. – 390 с.;

35 Сергеев, А.В. Справочное учебное пособие для персонала котельных: Тепломеханическое оборудование котельных / А.В. Сергеев. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2012. – 256 с.;

36 Сибикин, Ю.Д. Технология энергосбережения / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2006. – 12 с.;

37 Сидельковский, Л.Н., Юренев В. Н. Котельные установки промышленных предприятий: Учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. – 528 с.;

38 Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 472 с.;

39 Официальный сайт АО «Дорогобужкотломаш» – <http://www.tep-holding.ru>;

40 Официальный сайт МУП «ПОВВ» – <http://voda.uu.ru>;

41 Официальный сайт ООО «Котельная компания ZBG» – <https://ru.zbgboiler.com>;

42 Официальный сайт ООО «Сегнетикс» – <http://www.segnetics.com>;

43 Официальный сайт ООО «Чиб Унигаз» – <http://www.cibunigas.com>;

44 Официальный сайт АО «Этатрон С.Спа» – <https://www.etatron.ru>;

45 Официальный сайт ПАО «Новатэк» – <http://www.novatek74.ru>;

46 Официальный сайт ПАО «Челябэнергосбыт» – <http://esbt74.ru>;

47 Официальный сайт ООО «Вило-РУС» – <https://wilo.com/ru/ru>.

					<i>13.03.01.2018.231.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						83
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		