

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,
Начальник участка наладки и испытаний
АО «Челябоблкоммунэнерго»
_____ Е.И.Адищев
« ____ » _____ 2017г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики,
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2017 г.

**РАСШИРЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ П. БАЖОВА
Г. КОПЕЙСКА ПУТЕМ УСТАНОВКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КОТЛА
КВГМ-3,5-115**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.115.18.ПЗ ВКР

Консультант по разделу
«Экономика и управление»,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2017 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ А.И.Грибанов
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы,
студент группы П-480
_____ П.И. Цыпышев
« ____ » _____ 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Цыпышев П.И. Расширение отопительной котельной п. Бажова г. Копейска путём установки дополнительного котла КВГМ-3,5-115. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2017, 84 с., 1 ил., библиогр. список – 48 наим., 5 листов чертежей ф.А1, 1 лист плаката ф.А1.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является предложение расширения отопительной котельной п. Бажова г. Копейска путем установки дополнительного котла КВГМ-3,5-115.

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

Первая глава посвящена описанию существующей отопительной котельной и обоснованию, актуальности и сути её расширения.

Во второй главе произведен обзор литературных источников используемых в работе.

В третьей главе проведено сравнение отечественных и зарубежных передовых технологий и решений в области пластинчатых теплообменных аппаратов.

Четвертая глава посвящена вопросам энергосбережения и реализации энергосберегающих мероприятий на котельной.

С четвертой по седьмую главу включительно выполнена специальная часть выпускной квалификационной работы. Рассчитаны тепловые нагрузки потребителей на отопление и горячее водоснабжение. Выполнен расчет годового потребления тепловой энергии, расходов сетевой воды на отопление и ГВС. Рассчитаны и выбраны теплообменные аппараты для разделения котлового контура и контура тепловых сетей. Произведен поверочный тепловой расчет водогрейного котла КВГМ-3,5-115.

В восьмой главе выполнен расчет выбросов окислов азота, а также сделан поверочный расчет дымовой трубы. Девятая глава посвящена вопросам автоматизации процессов работы котельного оборудования. В десятой главе рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности на производстве.

В одиннадцатой главе выполнен экономический расчет расширения котельной.

Графическая часть выполнена с применением AutoCAD.

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>								
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>									
<i>Выполнил</i>	<i>Цыпышев П.И.</i>				<i>Расширение отопительной котельной п. Бажова г. Копейска путём установки дополнительного котла КВГМ-3,5-115</i>								
<i>Руковод.</i>	<i>Грибанов А.И.</i>												
<i>Н.контр.</i>	<i>Алабугина Р.А.</i>												
<i>Зав.каф.</i>	<i>Осинцев К.В.</i>												
					<table border="1"> <tr> <td><i>Лит.</i></td> <td><i>Лист</i></td> <td><i>Листов</i></td> </tr> <tr> <td><i>В</i> <i>К</i> <i>Р</i></td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">84</td> </tr> </table>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	<i>В</i> <i>К</i> <i>Р</i>	3	84
<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>											
<i>В</i> <i>К</i> <i>Р</i>	3	84											
					ЮУрГУ Кафедра промышленной теплоэнергетики								

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ	8
1ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	9
2ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	12
3СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ водогрейных котлов	14
4РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК.....	16
4.1 Исходные данные	16
4.2 Сезонная нагрузка	16
4.3 Круглогодичная тепловая нагрузка.....	18
4.5 Расчет тепловой схемы	20
5РасчеткотлаКВГМ-3,5-115.....	24
5.1 Расчет объемных продуктов сгорания топлива	25
5.2 Расчет энтальпий продуктов сгорания.....	27
5.3 Тепловой баланс котла	29
5.4 Расчет топочной камеры.....	31
5.5 Тепловой поверочный расчет топки	31
5.6 Расчет конвективного пучка	37
6Выбор вспомогательного оборудования	42
6.1 Выбор насоса	42
6.2 Выбор оборудования для водоподготовки	43
6.3 Выбор теплообменного оборудования	44
7ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	53
8ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ.....	56
8.1 Расчет дымовой трубы.....	57
9КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА	68
10БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	71
10.1 Безопасность производственных процессов и оборудования	71
10.2 Пожаровзрывобезопасность.....	72
10.3 Электробезопасность	72
11ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	74

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

11.1	Расчет капитальных затрат.....	74
11.2	Расчет текущих затрат	75
11.3	Расчет стоимости единицы теплоты 1Гкал	77
11.4	Расчет срока окупаемости проекта.....	78
11.5	SWOT- анализ вариантов проектных решений.....	78
11.6	Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов	79
11.6	Планирование целей отопительной котельной в дереве целей.....	80
11.7	Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)...	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		83
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....		84

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

ВВЕДЕНИЕ

Система теплоснабжения предназначена для снабжения потребителей тепловой энергией для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Различают централизованные и децентрализованные системы теплоснабжения. В централизованных системах источник и потребитель тепла расположены раздельно, чаще всего даже на значительных расстояниях друг от друга. Децентрализованные системы отличаются от централизованных тем, что у каждого потребителя вблизи есть свой источник тепла.

Также по способу подключения системы теплоснабжения бывают закрытые (двухконтурные) и открытые (одноконтурные).

Одноконтурной системой называется система, когда теплоноситель от источника тепловой энергии (ТЭЦ, котельная) поступает непосредственно к потребителю. При такой системе в схеме не предусмотрено наличие центральных или индивидуальных тепловых пунктов. Выражаясь простым языком, вода из тепловых сетей поступает напрямую в батареи.

В двухконтурной же системе присутствуют ЦТП (центральный тепловой пункт) и ИТП (индивидуальный тепловой пункт). Теплоноситель, циркулирующий по тепловым сетям, нагревает воду в теплообменнике (1-й контур). Нагретая в теплообменнике вода циркулирует уже в системе отопления потребителей (2-й контур).

Рассматриваемая котельная является двухконтурной.

Климат Российской Федерации обуславливает развитые системы теплоснабжения в населенных пунктах. Чаще всего это централизованные городские тепловые сети, источником тепла в которых является ТЭЦ, ГРЭС и отопительные котельные. Но в малых населенных пунктах выработка тепловой энергии производится преимущественно в относительно небольших водогрейных котельных.

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

В работе рассмотрен вопрос расширения котельной поселка Бажова города Копейск. Предусмотрена установка водотрубного водогрейного котла КВГМ-3,5-115 мощностью 3,5 МВт.

										13.03.01.2017.115.18 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>							8

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В работе рассматривается вопрос расширения отопительной котельной п. Бажова г. Копейска путем установки дополнительного котла КВГМ-3,5-115. В существующей котельной установлено три водогрейных котла КВГМ-3,5-115 теплопроизводительностью 3,5 МВт, работающих на газе. В связи с расширением поселка Бажова, котельная не может покрыть тепловую нагрузку. Характеристики котла КВГМ-3,5-115 представлены в таблице 1.1.

Система теплоснабжения двухконтурная, с принудительной циркуляцией.

Установленное оборудование в котельной:

- Котел КВГМ-3,5-115 работающий на природном газе (основное топливо) и дизельном топливе (резервное топливо) – 3 шт.[35].

Таблица 1.1- Характеристики котла КВГМ- 3,5-115

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение
Номинальная теплопроизводительность	Q_{max}	МВт	3,50
Номинальная температура воды			
На входе	$t_{вх}$	°С	70,00
На выходе	$t_{вых}$	°С	115,00
Температура уходящих газов	t_{yx}	°С	132,00
Расход воды	D	т/ч	66,00
КПД котла	η_k	%	92,60
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	F_m	м ²	26,00
Конвективная поверхность нагрева	F_k	м ²	63,80
Расчетное аэродинамическое сопротивление	R_a	Па	1323,00
Расчетное гидравлическое сопротивление	R_z	Па	3780,00
Масса котла	M	кг	5520,00
Водяной объем котла	V	м ³	1,27

- Горелка: P515A – природный газ, дизельное топливо - 3шт;
- Насосы сетевые: WiloNL 125/200-110-2-12-50Hz $G = 366 \text{ м}^3/\text{час}$, $H = 54,8 \text{ м.вод.ст.}$ – 3 шт.
- Насосы циркуляции котлов: WiloBL 125/210-7,5/4 $G = 193,5 \text{ м}^3/\text{час}$, $H = 8,5 \text{ м.вод.ст.}$ – 3 шт.
- Насосная установка подпитки сетевого контура: WiloCO-3 MVI 1607-6/CC $G = 75 \text{ м}^3/\text{час}$, $H = 32 \text{ м.вод.ст.}$ – 1 шт.
- Насосная установка подпитки котлового контура: DABAquajet 112M $G = 3 \text{ м}^3/\text{час}$, $H = 34 \text{ м.вод.ст.}$ – 2 шт.
- Подпиточные баки: емкость $V=10 \text{ м}^3$ - 2шт; емкость $V=2 \text{ м}^3$ с поплавковым выключателем – 1 шт.
- Система обработки подпиточной воды – TS91-13M.

Газорегуляторное устройство (ГРУ), для снижения и регулирования давления поступающего газа: $P_{вх.} = 6 \text{ кгс/см}^2$, $P_{раб} = 0,4 \text{ кгс/см}^2$

Назначение котла КВГМ-3,5-115.

Водогрейные котлы серии КВГМ-3,5-115 предназначены для получения горячей воды давлением 0,6 (6,0) МПа (кгс/см^2) и номинальной температурой 95° или 115°C , используемой в системах отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий.

Состав и работа котла КВГМ-3,5-115.

Котел выполнен в газоплотном исполнении, имеет горизонтальную компоновку, состоит из топочной камеры и конвективного газохода. Топочная камера, имеющая горизонтальную компоновку, экранирована трубами $\text{Ø}51 \times 3$ с шагом 75мм, входящими в коллекторы $\text{Ø}108 \times 4,5$ мм. Конвективная поверхность нагрева расположена над топочной камерой, состоит из U-образных ширм из труб $\text{Ø}28 \times 3$ с шагом $S_1=64$ мм и $S_2=40$ мм. Боковые стены конвективного газохода закрыты трубами $\text{Ø}83 \times 3,5$ мм и являются одновременно коллекторами конвективных ширм.

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 теплоизолирована лёгкой футеровкой.

Несущий каркас у котла отсутствует. Котёл имеет опоры, приваренные к нижним коллекторам. Опорами котел устанавливается на швеллерные коробки высотой 200мм, поставляемые заводом. Швеллерные коробки, в свою очередь,

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

привариваются к полу котельной (если он металлический), либо крепятся на анкера, забетонированные в бетонном полу (заказом 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, легкую натрубную теплоплувую изоляцию, обшит ламинированным металлическим листом с защитным покрытием.

Для комплектации котлов, по согласованию с заказчиком, могут быть использованы газовые, легко-жидкотопливные и комбинированные автоматизированные горелочные устройства различных отечественных и зарубежных производителей, имеющие соответствующие технические характеристики и сертификат Госстандарта РФ.

Водный режим

Циркуляция воды в котле принудительная. Водно-химический режим должен обеспечивать работу котла без отложений накипи и шлама на тепловоспринимающих поверхностях.

Качество сетевой подпиточной воды должно соответствовать:

КВГМ-1,16-95Н(Смоленск-1), КВГМ-2,32-95Н(Смоленск-2), КВГМ-3,5-115(Смоленск-3) - РД 24.031.120-91.

Предполагается установка четвертого котла КВГМ-3,5-115 работающего также на природном газе, данные котлы хорошо себя зарекомендовали в процессе эксплуатации, они надежны, также для этих котлов не составляет труда найти дешевые запасные части и у них хорошие технико-экономические показатели.

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>11</i>

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основной работы являются «Энергетическая стратегия России до 2030 года» от 13 ноября 2009 года[5] и Федеральный закон №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»[1]. Эти нормативно-правовые акты направлены на выполнение мероприятий по оптимизации использования энергетических ресурсов и внедрению современных энергосберегающих технологий.

В сравнение зарубежных и отечественных технологий проведено с использованием публикации П.А. Хаванова «Водогрейные котлоагрегаты малой мощности»[38].

Расчет тепловых нагрузок выполнен с использованием учебника «Теплофикация и тепловые сети» автора Е.Я. Соколова[30].

Расчет тепловой схемы котельной проводился по учебному пособию Е.В. Шумилина «Расчет тепловых схем и подбор основного оборудования котельных»[32], также использовался нормативный документ СП 89.13330.2012. Котельные установки[13].

Расчет водогрейного котла выполнен на основании книги «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод» под редакцией Н.В. Кузнецова[31] по методике, изложенной в учебном пособии «Расчет водогрейного котла» авторов А.П. Лумми, В.А. Мунц[26].

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

В рассмотрении вопросов экологии было использовано учебное пособие «Промышленная экология» под редакцией В.В. Денисова[29], Грибанов, А.И. Расчет дымовой трубы. Методическое пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005.

Контрольно-измерительные приборы и система автоматизации котельной рассмотрены с использованием ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах»[10].

Экономико-управленческая часть выполнена на основе пособия «Системы организации управления» Аверченкова В.И. Также использована методика, изложенная в пособии А.А. Алабугина «Экономико-управленческая часть дипломного проекта»[19].

Раздел «Безопасность жизнедеятельности» основан на приказе Минтруда России №551н от 17.08.2015 «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок»[6]. Также был использован ряд нормативно-правовых актов [8, 9, 14, 15, 16, 17]. Кроме этого, был использован

						13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			12

учебник «Безопасность жизнедеятельности» авторов Э.А. Арустамова, А.Е. Волощенко, Г.В. Гуськова[21].

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>13</i>

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

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

Приведем для сравнения к устанавливаемому котлу КВГМ-3,5-115 котел Viessmann Vitomax 200-LW [36,42]. Основные характеристики котлов сведены в таблицу 3.1.

В сравнении видно, что покупка котла КВГМ-3,5-115 обойдется дешевле, также котел имеет более высокий КПД, гидравлическое сопротивление выше, что приведет к увеличению мощности привода питательного насоса. Котел КВГМ-3,5-115 имеет большую массу по сравнению с Viessmann Vitomax 200-LW, но за счет меньшей цены, более высокого КПД и хорошо зарекомендовавшего себя в работе, выберем для установки котел КВГМ-3,5-115.

Таблица 3.1 – Характеристики котлов

Показатель	Единица измерения	КВГМ-3,5-115	Viessmann Vitomax 200-LW
1	2	3	4
Номинальная теплопроизводительность	МВт	3,50	3,50
Топливо		газ	
КПД	%	92,80	92,00
Температура воды на входе/выходе	°С	70/115	70/115
Рабочее давление в котле	МПа	0,60	0,60
Гидравлическое сопротивление	МПа	0,25	0,20
Температура дымовых газов	°С	132,00	132,00

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
Габаритные размеры (ДхШхВ)	мм	4773x1842x 3540	4650x1850 x3120
Цена	тыс. руб.	1445,10	1612,30

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

4 РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

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

4.1 Исходные данные

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

Исходные данные для расчета:

- расчетная температура воздуха для проектирования отопления $t_{но} = -34^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура воздуха для проектирования вентиляции $t_{нв} = -21^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура горячей воды у абонента $t_r = +65^{\circ}\text{C}$;
- число жителей $z = 7405$ чел.
- продолжительность работы системы отопления $n_o = 218$ сут $= 1,8835 \cdot 10^7$ с.

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

4.2 Сезонная нагрузка

Сезонная нагрузка включает в себя нагрузки отопления и вентиляции.

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

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

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

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

$F_{ж}$ - жилая площадь, м^2 ;

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

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

Общую тепловую нагрузку можно рассчитать по формуле (4.2):

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

Рассчитаем общую тепловую нагрузку по формуле (4.2):

$$F_{ж} = 1,25 \cdot 7405 = 9362,5 \text{ м}^2$$

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

$f_{уд} = 12,5 \text{ м}^2/\text{чел}$ для зданий;

$z = 7405$ – число жителей.

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

$$Q_o = 96 \cdot 92562,5 \cdot (1 + 0,25) = 11,1 \text{ МВт}$$

Средняя отопительная нагрузка считается по формуле (4.3):

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

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

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

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

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

По формуле (4.3) найдем среднюю отопительную нагрузку:

$$Q_o^{cp} = 11,1 \cdot \frac{(20 + 7,1)}{(20 + 34)} = 5,66 \text{ МВт}$$

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

Текущая отопительная нагрузка находится по формуле (4.4):

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

где $t_{н}$ – температура наружного воздуха в текущем режиме.

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

$$t_n = t_n^{xM} = -15,5^{\circ}\text{C}.$$

Определим текущую отопительную нагрузку при $t_n = t_n^{xM} = -15,5^{\circ}\text{C}$. по формуле (4.4):

$$Q_o^{cp} = 11,1 \cdot \frac{(20 + 15,5)}{(20 + 34)} = 6,51 \text{ MBm}$$

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

$$Q_o^{cp} = 11,1 \cdot \frac{(20 - 8)}{(20 + 34)} = 2,5 \text{ MBm}$$

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

Расход теплоты на вентиляцию.

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

4.3 Круглогодичная тепловая нагрузка

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

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

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

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

c_B - теплоемкость воды, принимается в расчетах $c_B = 4,19 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.
 $t_{Г} = 65^{\circ}\text{C}$ - температура горячей воды.

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

n - продолжительность суток, с.

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

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

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

Рассчитаем общую тепловую нагрузку на ГВС по формуле (4.5) :
 $m = 7405$ чел.

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср.н}} = 11,2 \cdot (110 + 20) \cdot 7405 \cdot 4,19 \cdot \frac{(65 - 5)}{86400} = 2,42 \text{ МВт}$$

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

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

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

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

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

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = \frac{(65 - 15)}{(65 - 5)} \cdot 2,42 \cdot 0,8 = 1,58 \text{ МВт}$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = 1,36 \text{ Гкал}$$

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

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

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

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

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

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{п}} = 1,2 \cdot 2 \cdot 2,42 = 5,8 \text{ МВт}$$

Рассчитанные значения $Q_{\text{ГВС}}$ сводятся в таблицу 4.1.

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.1 – Расчетные значения тепловых нагрузок

Наименование нагрузки	Температура наружного воздуха				
	$t_{HO} = -34\text{ °C}$	$t_H^{XM} = 15\text{ °C}$	$t_H^{cp.c} = -7,1\text{ °C}$	$t_H = 8\text{ °C}$	$t > 8\text{ °C}$
Отопительная Q_o , МВт	11,1	6,5	5,6	2,5	0,0
ГВС $Q_{ГВС}$, МВт	2,4	2,4	2,4	2,4	1,5
Суммарная, Q_{Σ} , МВт	13,5	8,9	8,1	4,9	1,5

4.5 Расчет тепловой схемы

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

Тепловая схема представлена на рисунке 4.4.

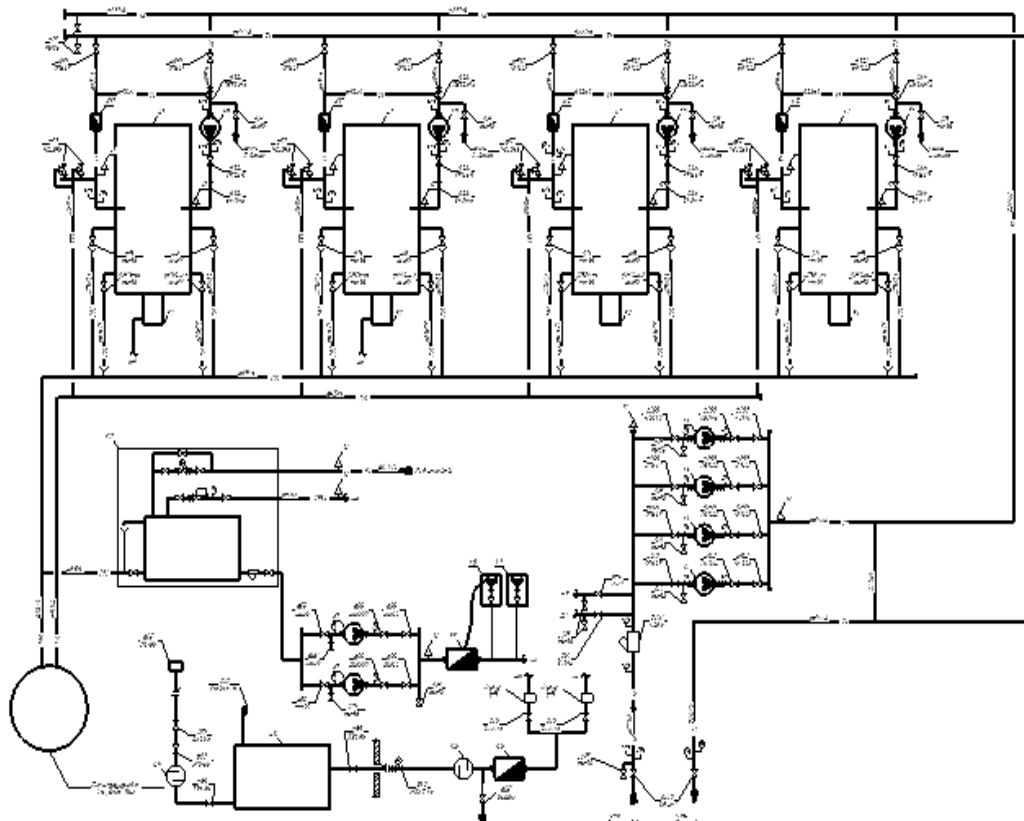


Рисунок 4.4 – Развернутая тепловая схема котельной

Предполагается установка четвертого котлоагрегата. При этом в летнем режиме будет работать один котел, который обеспечит покрытие летней тепловой нагрузки на горячее водоснабжение

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

Контур теплосети работает по графику 95/70°C, а котельный контур – на 115/70°C. Регулирование температуры воды на входе в теплообменные аппараты осуществляется трехходовым клапаном, а регулирование температуры обратной воды перед котлами – рециркуляционными насосами. В контуре котлов предусмотрена линия рециркуляции для поддержания минимальной температуры обратной воды.

Подпитка обоих контуров осуществляется умягченной и химически обработанной водопроводной водой. Запас умягченной подпиточной воды обеспечивает бак объемом 1м³. Для каждого контура предусмотрена отдельная установка для коррекционной обработки воды.

Тепловая схема представлена на плакате [Приложение]

Рассчитаем расходы теплоносителя для максимального зимнего режима.

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

$$Q_{сн} = 0,03 \cdot (Q_{о.в} + Q_{гвс}) \quad (4.8)$$

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

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

$Q_{гвс}$ – нагрузка системы ГВС, Вт;

Определим тепловую нагрузку на собственные нужды по (4.8):

$$Q_{сн} = 0,03 \cdot (11,1 + 2,42) = 0,4 \text{ МВт}$$

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

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

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

Определим потери с теплообменника по (4.9):

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

$$Q_{mo} = 0,01 \cdot (11,1 + 2,42) = 0,135 \text{ MBm}$$

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

$$Q_{mc} = 0,05 \cdot (Q_{o.v} + Q_{гвс}) \quad (4.10)$$

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

Определим потери в тепловых сетях по (4.10):

$$Q_{mc} = 0,05 \cdot (11,1 + 2,42) = 0,676 \text{ MBm}$$

Общая тепловая мощность котельной рассчитывается по формуле(4.11):

$$Q_k = Q_{o.v} + Q_{гвс} + Q_{сн} + Q_{mo} + Q_{mc} \quad (4.11)$$

Определим общую тепловую мощность котельной по (4.11):

$$Q_k = 11,1 + 2,4 + 0,4 + 0,135 + 0,676 = 14,7 \text{ MBm}$$

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

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

где c_p – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

τ'_{o1}, τ'_{o2} – температуры прямой и обратной воды, °С;

Определим расход воды через котельную по (4.12):

$$G_k = \frac{14700}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 78,12 \text{ кг/с}$$

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

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

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

$$t'' = 70 + \frac{14700}{4,19 \cdot 78,12} = 114,9^\circ\text{C}$$

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

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

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

Определим расход воды на собственные нужды по (4.14):

$$G_{c.n} = \frac{400}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 2,14 \text{ кг/с}$$

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

$$Q_{сн} = 0,03 \cdot 1,58 = 0,047 \text{ МВт}$$

$$Q_{то} = 0,01 \cdot 1,58 = 0,0158 \text{ МВт}$$

$$Q_{mc} = 0,05 \cdot 1,58 = 0,079 \text{ МВт}$$

$$Q_k = 1,58 + 0,047 + 0,0158 + 0,079 = 1,72 \text{ МВт}$$

$$G_k = \frac{1720}{4,19 \cdot (115 - 70)} = 9,12 \text{ кг/с}$$

$$t'' = 70 + \frac{1720}{4,19 \cdot 9,12} = 115 \text{ °С}$$

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

5 РАСЧЕТ КОТЛА КВГМ-3,5-115

В соответствии с исходными данными и расчетом нагрузок предполагается установка водотрубного однокотлового водогрейного котла КВГМ-3,5-115. Котел работает на природном газе с данной горелкой (возможна работа на легком жидком топливе в зависимости от горелочного устройства). Характеристики топлива представлены в таблице 4.2.

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

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

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

Таблица 4.3- Характеристики котла КВГМ- 3,5-115

Параметр	обозначение	Единицы измерения	Значение
Номинальная теплопроизводительность	Q_{max}	МВт	3,5
Номинальная температура воды			
На входе	$t_{вх}$	°С	70,00
На выходе	$t_{вых}$	°С	115,00
Температура уходящих газов	t_{yx}	°С	132,00
Расход воды	D	т/ч	66,00
КПД котла	η_k	%	92,60
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	F_m	м ²	26,00
Конвективная поверхность нагрева	F_k	м ²	63,80
Расчетное аэродинамическое сопротивление	R_a	Па	1323,00
Расчетное гидравлическое сопротивление	R_2	Па	3780,00
Масса котла	M	кг	5520,00

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Проведем расчет в соответствии с методикой [26].

5.1 Расчет объемных продуктов сгорания топлива

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

Теоретически необходимый объем воздуха при $\alpha=1,1$ $\text{м}^3/\text{м}^3$ рассчитывается по формуле (4.15):

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

Рассчитаем теоретический объем воздуха по (4.15):

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

Теоретические объемы продуктов сгорания рассчитывается:

Трехатомных газов по формуле (4.16):

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

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

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

Двухатомных газов по формуле (4.17):

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

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

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

Водяных паров по формуле (4.18):

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

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

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

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

Действительный объем водяных паров по формуле (4.19):

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

Рассчитаем действительный объем водяных паров по (4.19):

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

Действительный объем дымовых газов по формуле (4.20):

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

Рассчитаем действительный объем дымовых газов по (4.20):

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

Объемные доли продуктов сгорания:

Объемные доли водяных паров по формуле (4.21):

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

Рассчитаем объемные доли водяных паров по (4.21):

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						26
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Доля трехатомных газов по формуле (4.22):

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

Рассчитаем объемные доли трехатомных газов по (4.22):

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

Суммарные доли по формуле (4.23):

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

Рассчитаем суммарные доли трехатомных газов (4.23):

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

5.2 Расчет энтальпий продуктов сгорания

В общем случае энтальпию находят по формуле (4.24):

$$I_2 = I_2^0 + I_2^0 \cdot (a - 1), \quad (4.24)$$

где I_2^0 и I_2^0 - теоретические теплосодержания газов и воздуха, кДж/м³;

Теплосодержание газов рассчитывается по формуле (4.25):

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

, кДж/м³

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

Теплосодержание воздуха рассчитывается по формуле (4.26):

$$I_2^0 = V_2^0 \cdot (c \cdot \theta)_2, \quad (4.26)$$

где $(c \cdot \theta)_2$ - энтальпия воздуха при температуре θ ;

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

Значения энтальпий сведены в таблицу 4.8.

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.8 – Энтальпии воздуха и продуктов сгорания

$\theta, ^\circ\text{C}$	$I_2^0, \text{кДж/м}^3$	$I_6^0, \text{кДж/м}^3$	$I_2, \text{кДж/м}^3$
1	2	3	4
100	1472,846	1259,514	1598,798
200	2974,780	2534,214	3228,202
300	4519,044	3825,050	4901,549
400	6096,950	5144,360	6611,386
500	7720,315	6501,636	8370,479
600	9385,983	7877,895	10173,773
700	11093,105	9292,120	12022,317
800	12831,018	10715,836	13902,602
900	14612,538	12177,518	15830,289
1000	16422,846	13648,691	17787,715
1100	18251,930	15138,847	19765,814
1200	20113,307	16647,986	21778,105
1300	21941,404	18166,616	23758,065
1400	23838,030	19704,229	25808,453
1500	25754,935	21251,334	27880,068
1600	27687,811	22807,930	29968,604
1700	29645,319	24364,526	32081,772
1800	31609,137	25930,614	34202,199
1900	33579,416	27515,685	36330,984
2000	35566,819	29100,755	38476,894
2100	37564,884	30695,317	40634,416
2200	39567,258	32289,879	42796,245

13.03.01.2017.115.18 ПЗ

Лист

28

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

5.3 Тепловой баланс котла

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

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

Таблица 5.1- Габаритные параметры котла

Параметр	обозначение	Единицы измерения	Значение
Объем топки	V_T	м ³	9,110
Наружный диаметр труб в конвективном пучке	d	мм	28,000
Длина топки	L	м	3,825
Ширина топки	B	м	1,430
Высота топки	H	м	1,660

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

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

где Q_D^r – располагаемое тепло на рабочую массу топлива, кДж/м³;

Q_1 - полезное тепло на нагрев сетевой воды, кДж/м³;

Q_2 - потери тепла с уходящими газами при t_{yx} , кДж/м³;

Q_3 - потери тепла с химическим недожогом топлива, кДж/м³;

Q_5 - потери тепла в окружающую среду (через обмуровку), кДж/м³.

Определим КПД котла в удельных единицах по (4.28):

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

где η - КПД котла, %;

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

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.115.18 ПЗ

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

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

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

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

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

Q_p^r – располагаемое тепло топлива, для газов принимают

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

Определим потери тепла с уходящими газами по(4.28):

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

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

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

Определим КПД котла по формуле(4.28):

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

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

$$B = \frac{G_c \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{Q_p^н \cdot \eta} \quad (4.31)$$

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

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

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

Определим расход топлива по(4.31):

$$B = \frac{18,3 \cdot 4,19 \cdot (115 - 70)}{35,805 \cdot 10^3 \cdot 0,8948} = 0,108 \text{ м}^3 / \text{с}$$

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

5.4 Расчет топочной камеры

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

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

$$\Theta_T'' = \frac{T_T''}{T_T} = \frac{Bo^{0,6}}{MBu + Bo^{0,6}} \quad (4.32)$$

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

5.5 Тепловой поверочный расчет топки

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

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

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

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

Bu -критерий эффективности Бугера;

B -расчетный расход топлива m^3/c ;

F_{CT} -поверхность стен топки, m^2 .

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

ψ_{cp} -среднее значение тепловой эффективности экранов;

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

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

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

Найдем коэффициент сохранения тепла по формуле (4.34)

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

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

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

Полезное тепловыделение в топке найдем по формуле (4.35):

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

где $Q_p^r = 35805$ -располагаемое тепло топлива кДж/м³

q_3 -удельные потери тепла с химическим недожогом

Полезное тепловыделение в топке найдем по формуле (4.35):

$$Q_T = 35805 \cdot \frac{100 - 0,1}{100} = 35706,9 \text{ кДж/м}^3$$

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

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

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

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$(V_c)_{cp} = \frac{35769 - 30705,78}{1754 - 1100} = 7,74 \text{ кДж/м}^3$$

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

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

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

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

Рассчитаем χ_Γ по формуле (4.38):

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

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

Рассчитаем параметр M по формуле (4.37):

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

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

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

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

$p = 0,1$ -давление в потоке, МПа;

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

где $V_T = 9,11$ -объем топочной камеры, м³;

$F_{CT} = 26$ - лучевоспринимающая поверхность топки, м².

Рассчитаем эффективную толщину излучающего слоя по формуле (4.40):

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

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

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

где k_{Γ} -Коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания (RO₂, H₂O), 1/МПа;

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

Коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания (RO₂, H₂O), 1/МПа, рассчитывается по формуле (4.42):

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

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

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

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

Определим коэффициент поглощения лучей газовой фазой продуктов сгорания (RO₂,H₂O) по формуле (4.42):

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

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

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

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

где $\alpha_T = 1,1$ - коэффициент избытка воздуха на выходе из топки;
 $\frac{C^r}{H^r}$ -соотношение углерода и водорода в рабочей массе топлива.

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

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

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

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

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

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

Найдем коэффициент поглощения топочной среды по формуле(4.41):

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

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

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

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

β -коэффициент, учитывающий взаимный теплообмен между топкой и поверхностью нагрева, при размещении за окном фестона $\beta = 0,9$, котельного пучка $\beta = 1$. Для данного котла $\zeta = 0,65$.

Рассчитаем коэффициент $\zeta_{\text{вых}}$ по формуле (4.47):

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

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

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

где B -расход топлива, м³/с;

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

$V_T = 9,11$ - объем топки, м³.

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

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

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

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

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

Тепловосприятие топки, кДж/м^3 , рассчитывается по формуле (4.48):

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

Рассчитаем тепловосприятие топки по формуле (4.50):

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

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

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

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

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

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

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

5.6 Расчет конвективного пучка

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

Основными уравнениями являются: уравнение теплового баланса Q_{δ} и уравнение теплопередачи Q_T .

Известны все основные параметры: температура газов на выходе из топки θ_T'' и температура уходящих газов θ_{yx} , по ним определяют среднее значение температуры газов, а далее значения Q_{δ} и Q_T .

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

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

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

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

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

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

По уравнению (4.51) находим значение Q_{δ} :

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

Расчет уравнения теплопередачи, кДж/м^3 , имеет вид формулы (4.52):

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

где k -коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воде, текущей внутри труб конвективного пучка, $\text{Вт/(м}^2\text{К)}$, определяется по формуле (4.53);

Δt -температурный напор, $^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле (4.62);

H -поверхность нагрева конвективной части, м^2 , дается в характеристиках котла.

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле (4.53):

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

где $\psi = 0,8$ -коэффициент тепловой эффективности пучка, зависит от топлива и средней температуры газов Θ_{cp}^{Γ} , принимается по таблице 7.1 [26];

$\alpha_k = 81,1$ -коэффициент теплоотдачи конвекцией (по рис. П. 5) [26] для гладких труб при продольном омывании дымовыми газами, $\text{Вт/(м}^2\text{К)}$;

α_l -коэффициент теплоотдачи излучением трехатомных газов рассчитывается по формуле(4.57) , $\text{Вт/(м}^2\text{К)}$.

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

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

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

где V_{Γ} -объем газов в конвективном пучке по табл. 2.1 [26], $\text{м}^3/\text{м}^3$;

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2017.115.18 ПЗ

F - живое сечение для прохода дымовых газов в пучке, м^2 , рассчитывается по формуле (4.56);

$B = 0,108$ - расход топлива, $\text{м}^3/\text{с}$;

θ_{cp}^{Γ} - среднее значение температуры газов в пучке, $^{\circ}\text{C}$, рассчитывается по формуле (4.55):

$$\theta_{cp}^{\Gamma} = \frac{\theta_{T}'' + \theta_{yx}}{2} \quad (4.55)$$

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

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

Найдем значение живого сечения конвективного пучка, м^2 , по формуле (4.56):

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

где $F_{газ} = 1,57$ - площадь поперечного сечения газохода, м^2 , из паспорта котла;

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

$d = 0,028$ - диаметр труб в пучке, м.

Найдем значение живого сечения конвективного пучка, м^2 , по формуле (4.56):

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

Рассчитываем скорость дымовых газов по (4.54):

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

Расчет коэффициента теплоотдачи излучением, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$, по формуле (4.57):

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

где a - степень черноты;

$\alpha_{н} = 218,6$ - коэффициент теплоотдачи дымовых газов определяется по рис. П.7 [26], $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$;

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

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

$k_{\Gamma} = 42,5$ - коэффициент ослабления лучей трехатомными газами, определяется по рис. П.3 [26] в зависимости от r_{H_2O} , комплекса $(r_{H_2O} + r_{RO_2}) \cdot sp$ и средней температуры газов в конвективном пучке для незапыленного потока, 1/МПа;

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

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

$$s = 0,9d \left(\frac{4S_1S_2}{\pi d^2} - 1 \right) \quad (4.60)$$

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

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

Определим эффективную толщину излучающего слоя по формуле (4.60):

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

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

$$kps = 42,5 \cdot 0,273 \cdot 0,1 \cdot 0,079 = 0,241$$

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

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

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

Температурный напор считается по формуле(4.62):

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

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta t_m = \Theta_{yx} - t_2$$

где t_1 и t_2 -температура воды перед и после конвективного пучка, °С;
 Θ' и Θ_{yx} - температура дымовых газов перед и после конвективного пучка, °С.
 Рассчитаем температурный напор по формуле (4.62):

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

$$\Delta t_6 = 1662,9 - 75 = 1592,9^\circ\text{C}$$

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

Рассчитаем коэффициент теплопередачи по формуле (4.53):

$$k = 0,8 \cdot (81,1 + 47) = 102,5 \text{ Bm}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

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

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

Расчет погрешность Δ по формуле (4.63):

$$\Delta = \frac{Q_6 - Q_T}{Q_T} \cdot 100\% \quad (4.63)$$

Рассчитаем погрешность расчета по формуле (4.63):

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

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

6 ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

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

6.1 Выбор насоса

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

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

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

В котловом контуре расход составляет $G_{\text{ка}} = 258 \text{ м}^3/\text{ч}$. Достаточный напор для преодоления гидросопротивлений равен 10 м. Установим насос WiloCO-3 MVI 1607-6/CC: при подаче в $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ насос развивает больше 12 метров, чего вполне достаточно. В летнем режиме насос будет работать не в полную мощность благодаря частотному преобразователю, что положительно скажется на сроке службы. Второй насос – резервный.

В наружном контуре максимальный расход составляет $G_{\text{mc}} = 488 \text{ м}^3/\text{ч}$. Требуемый напор равен 50 м. В качестве сетевых установим насос WiloNL 125/200-110-2-12-50Hz. Такой насос при подаче $490 \text{ м}^3/\text{ч}$ развивает напор 54,8 метров, что соответствует расчетам.

Насосы рециркуляции по рекомендации производителя котлов рекомендуется выбирать на 30% от максимального значения расхода воды через котел. В качестве рециркуляционных выберем насосы TOP-S 50/4.

Для подпитки предполагается установка насосной станции с баком для сглаживания работы насоса при утечках в системе. Расход подпитки в закрытых системах теплоснабжения принимается равным 0,75% от расхода воды в системе [31], и с учетом внутреннего контура равен $G_{\text{подп}} = 3 \text{ м}^3/\text{ч}$. Исходя из этого

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

выбираем станцию DABAquajet 112M, в состав которой входят: два центробежных насоса WiloMP 303, каждый из которых развивает при величине подачи $3\text{м}^3/\text{ч}$ напор 34м.

Также для котлов необходимо установить расширительные баки. Выберем два мембранных расширительных бака Reflex NG100.

6.2 Выбор оборудования для водоподготовки

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

Промежуточным звеном процесса водоподготовки является бак подпиточной воды объемом 1м^3 . Предполагается установка бака Aquatech 1000 [43] с системой слежения за уровнем и автоматическом пополнении до нужного.

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

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

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

Дозирующий комплекс может работать в одном из двух режимов:

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

- Пропорциональный – дозирование пропорционально расходу воды по контактному сигналу от водосчетчика (или датчика рН);
- Постоянный – постоянное дозирование с заданной на контроллере частотой ходов насоса в минуту.

Выбор режима работы осуществляется при настройке дозирующего комплекса.

6.3 Выбор теплообменного оборудования

Существует множество различных моделей теплообменников. Это и спиральные, и кожухотрубные, и витые, и ребристые устройства и т.д. Среди этого большого разнообразия особое внимание следует уделить пластинчатым, так как они пользуются наибольшей популярностью. Их востребованность объясняется немалым количеством преимуществ.

В первую очередь следует отметить такое важное достоинство, как простота обслуживания. В тех случаях, когда происходит засорение данного агрегата, необходимо разобрать устройство и тщательно промыть его. После этого его следует просушить и собрать. При этом для данной процедуры не потребуются какие-то большие физические или временные затраты.

Второе преимущество связано с тем, что при использовании данного типа теплообменника можно наблюдать низкий уровень загрязняемости поверхности теплообмена. Это достигается за счёт высокой турбулентности потока жидкости, которая образуется рифлением. Кроме того, на данный фактор влияет также и то, что теплообменные пластины имеют качественную полировку.

Третье важное достоинство заключается в экономичности. Данный агрегат способен прослужить более 20 лет. При этом если в процессе потребуется провести замену пластин, то это легко можно сделать, при этом сэкономив немалые средства. Так, например, при ремонте кожухотрубного агрегата придётся распрощаться с большей суммой денег.

Следует также сказать о том, что объём такого типа теплообменника в любой момент можно увеличить или уменьшить. Всё, что для этого требуется, - только добавить нужное количество пластин или, наоборот, убрать их. Это также является весьма существенным преимуществом такого рода оборудования.

Однако, несмотря на большое количество достоинств, необходимо также отметить и недостатки данного агрегата. Самым главным минусом пластинчатого теплообменника будет то, что если использовать некачественный теплоноситель, то устройство в скором времени загрязнится.

Исход из того, что наша отопительная котельная имеет два контура, то можно не беспокоиться о некачественном теплоносителе, т.к котловая вода будет циркулировать ко котловому контуру.

Можно сделать вывод, что пластинчатые теплообменники оптимально подходят для установки в нашей котельной.

Для разделения контуров котельной наиболее прогрессивным решением в настоящее время является установка пластинчатых теплообменников. В них

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

теплообмен осуществляется через стянутые в пакет гофрированные пластины с уплотнениями.

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

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

- $F_l = 0,2 \text{ м}^2$,
- $S = 22,5 \text{ мм}$,
- $h = 7 \text{ мм}$,
- $d_s = 0,0059 \text{ м}$,
- $f_l = 0,0008 \text{ м}^2$,
- $L_n = 0,8 \text{ м}$.

Уравнение теплового баланса имеет вид формулы (6.1):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = 78,2 \cdot 4,2 \cdot (115 - 75) = 13137,6 \text{ кВт}$$

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Схема движения потоков противоточная:

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

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

Средний температурный напор рассчитывается по формуле (6.3):

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

где

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

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

Подставим эти значения в формулу (6.3):

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

Определим рациональную скорость движения греющей воды в каналах теплообменника. Для ориентировочного расчета скорости примем коэффициент теплоотдачи $\alpha_1 = 10000$ Вт/(м²·К), среднюю температуру стенки $\bar{t}_{cm} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{2} = \frac{90 + 82,5}{2} = 86,25^{\circ}\text{C}$, и коэффициент общего гидравлического сопротивления $\xi_1 = 1,95$. Расчетная формула (6.4) для скорости имеет следующий вид:

$$\omega_1 = 2 \sqrt[3]{\frac{\alpha_1 \cdot (\bar{t}_1 - \bar{t}_{cm}) \cdot \Delta P_1}{c_1 \cdot (t_1' - t_1'') \cdot \rho_1^2 \cdot \xi_1}} \quad (6.4)$$

где ξ_1 - коэффициент общего гидравлического сопротивления;

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

ΔP_1 - допустимое гидравлическое сопротивление, Н/м².

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

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

									Лист
									46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

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

$$Re = \frac{\omega_1 \cdot d_3}{\nu_1} \quad (6.5)$$

Рассчитаем критерий Рейнольдса по формуле (6.5):

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

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

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

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

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

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

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

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \nu_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1} \quad (6.7)$$

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

ν_1 - кинематическая вязкость рабочей среды при данной температуре, м²/с;

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

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

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

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

									Лист
									47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

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

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

Рассчитаем критерий Прандтля по формуле (6.8):

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

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

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

Рассчитаем критерий Нуссельта по формуле (6.9):

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

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

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

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

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

Погрешность с принятым значением:

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

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

Рациональная скорость движения нагреваемой воды в каналах теплообменника. Для этого примем $\alpha_2 = 15000$ Вт/(м²·К), средняя температура

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

стенки осталась прежней $\bar{t}_{cm} = 86,25 \text{ }^\circ\text{C}$, и коэффициент общего гидравлического сопротивления $\xi_2 = 1,7$:

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

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

где \bar{t}_2 - средняя температура нагреваемой воды, $^\circ\text{C}$.

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

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

Критерий Рейнольдса считается по (6.12):

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

где ν_2 -кинематическая вязкость рабочей среды при данной температуре, $\text{м}^2/\text{с}$;
 d_3 - диаметр канала теплообменника, мм.

Рассчитаем критерий Рейнольдса по формуле (6.12):

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

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

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

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

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

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

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

где $c_2 = 4,198$ - теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг·К);
 $\nu_2 = 3,5 \cdot 10^{-7}$ - кинематическая вязкость рабочей среды при данной температуре, м²/с;
 $\lambda_2 = 0,6755$ - коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/(м·К).
 Рассчитаем критерий Прандтля для средней температуры нагреваемой воды по формуле (6.13):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Погрешность с принятым значением:

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

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Значение достаточно близко к принятому $\alpha_2=15000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

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

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

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_2}{\alpha_2} \quad (6.16)$$

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

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_2}{\alpha_2} 0,00023(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

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

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

Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле (6.18):

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

Рассчитаем коэффициент теплопередачи по формуле (6.18):

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

Общая поверхность теплопередачи находится по формуле (6.19):

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

Рассчитаем поверхность теплопередачи теплообменника по формуле (6.19):

$$F_a = \frac{13,137 \cdot 10^6}{6423,46 \cdot (90 - 82,5)} = 272,7 \text{ м}^2$$

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

В соответствии с расчетом необходимая поверхность теплообмена составила 272,7 м².

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

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

Параметры	Значение	
	Гор. среда	Хол. среда
Расход, кг/с	40,0	52,0
Температура на входе, °С	115,0	70,0
Температура на выходе, °С	75,0	95,0
Тепловая нагрузка, мВт	7,1	
Общее количество пластин, шт	85,0	
Площадь поверхности теплообмена, м ²	142,3	
Расчетная температура, °С	115,0	

7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

В декабре 2010г. в Российской Федерации принята государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Общими целями этой программы являются: снижение потребления топлива, затрат на энергию и различного рода потерь.

Настоящий закон устанавливает основные принципы энергосберегающей политики государства, а именно:

- Приоритет эффективного использования энергоресурсов;
- Любой товар, произведенный или импортируемый на территории РФ, должен пройти сертификацию и содержать полную информацию об их энергетической эффективности;
- Устанавливает необходимость соответствия энергоэффективности зданий и сооружений требованиям правил, утвержденных правительством РФ;
- Любые производимые, передаваемые и потребляемые энергоресурсы в обязательном порядке подлежат учету;
- Бюджетные учреждения обязаны снизить не менее чем на 15% объемы потребления энергоресурсов от уровня потребления в 2009 году в течении 5 лет начиная с 2010 году, причем ежегодные темпы снижения потребления должны составлять не менее 3%.

Задачи государственной политики в области энергосбережения отражены так же в проекте энергетической стратегии России на период до 2030 года [4]. Согласно ему, целью энергетической политики России является максимальное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укрупнению его внешнеэкономических позиций[4].

С учетом специфики различных секторов экономики, определены подпрограммы, объединяющие группы однотипных мероприятий. В частности, подпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в теплоснабжении и системах коммунальной инфраструктуры» предполагает[4]:

- модернизацию и реконструкцию котельных;
- ликвидацию неэффективно работающих котельных;
- передачу тепловой нагрузки на эффективную когенерацию, снижение на этой основе затрат топлива на выработку тепла.

На эксплуатируемых в настоящее время котельных можно выявить следующие недостатки:

- большой физический и моральный износ оборудования;
- отсутствие систем автоматики или их низкая эффективность;
- несовершенство газогорелочных устройств;
- плохая теплоизоляция;
- образование отложений на поверхностях нагрева;
- неплотности газоходов

							Лист
							53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ		

Исходя из этого можно предложить направления реконструкции и модернизации котельных[34].

Снижение потерь теплоты с уходящими газами:

- поддержание оптимального коэффициента избытка воздуха в топке котла и снижение присосов воздуха по его тракту;
- поддержание чистоты внутренней и наружной поверхностей нагрева, что позволяет увеличить коэффициент теплопередачи;
- увеличение площадей хвостовых поверхностей нагрева;
- перевод котлов на природный газ.

Для уменьшения интенсивности образования солевых отложений на поверхностях теплообмена предполагается совершенствование системы водоподготовки. В зависимости от требуемых показателей качества воды (жесткость, окисляемость, сухой остаток, содержание взвешенных веществ) рекомендуют ту или иную технологию водоподготовки (фильтрование, отстаивание, осаждение, десорбция, химводоочистка)).

Замена обмуровки котлов малой мощности из традиционных материалов позволяет снизить теплотери в определённой среде за счёт теплоотдачи с наружных нагретых поверхностей в 1,5-2 раза, что повысит общий КПД котельной на 1,5-2% [34].

В дипломном проекте предполагается установка котла КВГМ-3,5-115, работающего на природном газе. В целом котельная автономна, т.е. не требует вмешательства в работу человека, что позволит исключить отказы, сбой из-за человеческого фактора. Котлы оборудованы современными системами погодозависимой автоматики, которая предполагает автоматическое оперативное регулирование параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха. Это обеспечит экономичность работы в любом режиме.

Предполагается установка частотных регуляторов приводов насосов для того, чтобы регулировать их параметры в зависимости от требуемого расхода. Насос не будет работать постоянно на полную мощность, а при необходимости снижения подачи перепускать часть воды из выходного патрубка во входной. Вместо этого будет регулироваться частота вращения для обеспечения требуемой подачи, что позволит снизить энергопотребление котельной на собственные нужды.

Вся автоматика управляется единым блоком, что и позволяет исключить из работы человека.

Также котельная разрабатывается двухконтурная. Это обосновано, во-первых, современными требованиями, а во-вторых, надёжностью оборудования. Теплосеть в данном районе построена давно, следовательно, имеют место быть утечки, частые ремонты, коррозия и перенос по сети механических частиц. Рубашка котла имеет цельный корпус с патрубками в верхней части, следовательно, при попадании в нее механических частиц, чистка рубашки котла не представляется возможной. Также водоподготовка для котельного

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

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

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

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

8 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

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

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

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

В результате расширения котельной трубу демонтировали.

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

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

Для котлов малой мощности:

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

где B – расход топлива, м³/с;

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

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

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

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

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

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

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

8.1 Расчет дымовой трубы

Для Челябинска средняя температура самого холодного месяца (января) равна $t_n = -15,5^\circ\text{C}$ [12] средняя температура самого жаркого месяца (июль) $t_n = 22,8^\circ\text{C}$. Из расчета котла: действительный объем продуктов сгорания при нормальных условиях $V_2^H = 11,627 \text{ м}^3/\text{м}^3$; расход топлива на один котёл $B=0,108 \text{ м}^3/\text{с}$. Зная нагрузку, по рисунку 1.1 [24] определим значение параметра $K_{\text{NO}_2} = 0,095 \text{ кг/МДж}$. Тогда по формуле (8.1) выброс окислов азота составит:

В зимнем режиме:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 4 \cdot 0,108 \cdot 35000 \cdot 0,095 \cdot (1 - 0) = 1,44 \text{ г/с}$$

В летнем режиме:

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 1 \cdot 0,108 \cdot 35000 \cdot 0,095 \cdot (1 - 0) = 0,36 \text{ г/с}$$

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

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

где $P_{ny}=760 \text{ мм рт. ст.}$ - атмосферное давление при нормальных условиях;
 $T_p=132^\circ\text{C}=405\text{K}$ - температура дымовых газов на выходе из котла;
 $P_p=740 \text{ мм рт. ст.}$ - атмосферное давление;
 $T_{ny}=20^\circ\text{C}=293\text{K}$ - температура при нормальных технических условиях
Рассчитаем объем продуктов сгорания по формуле (8.2):

$$V_p = \frac{760 \cdot 11,627 \cdot 405}{740 \cdot 393} = 16,5 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

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

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

где n – число котлов.

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Рассчитаем объем продуктов сгорания по формуле (8.3):

В зимнем режиме:

$$V_p = 0,108 \cdot 4 \cdot 16,5 = 7,13 \text{ м}^3 / \text{с}$$

В летнем режиме:

$$V_p = 0,108 \cdot 1 \cdot 16,5 = 1,78 \text{ м}^3 / \text{с}$$

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

Рассчитаем минимальную высоту трубы для зимнего режима.

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

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

Рассчитаем диаметр устья трубы по формуле (8.4):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,13}{3,14 \cdot 20}} = 0,67 \text{ м}$$

Выберем ближайший стандартный диаметр для металлической труб

$D = 0,8 \text{ м}$

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

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

Рассчитаем реальную скорость дымовых газов по формуле (8.5):

Для зимы:

$$\omega_o = \frac{4 \cdot 7,13}{3,14 \cdot 0,8^2} = 14,16 \text{ м/с}$$

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

Для лета:

$$\omega_o = \frac{4 \cdot 1,78}{3,14 \cdot 0,8^2} = 3,54 \text{ м/с}$$

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

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

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

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

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

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

Z – число труб;

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха, °С;
 m и n – коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой. Значения этих коэффициентов определяются по вспомогательным величинам:

$$\Delta T_{\text{зим}} = (t_{\text{ух}} - t_{\text{нв.з}}) = (132 - (-15,5)) = 147,5^\circ\text{С}$$

Значение коэффициента f находится по формуле (8.7):

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

Значение коэффициента v_m находится по формуле (8.8):

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

Коэффициент m рассчитывается по формуле (8.9) при $f < 100$:

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

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

Коэффициент m рассчитывается по формуле (8.10) при $f > 100$:

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

При $v_m \geq 2: n = 1$;

Коэффициент m рассчитывается по формуле (8.11) при $0,5 < v_m < 2$:

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

Коэффициент m рассчитывается по формуле (8.12) при $v_m \leq 0,5$:

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

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

$$h'_3 = 5 \text{ м}$$

$$h''_3 = 10 \text{ м}$$

$$h'''_3 = 20 \text{ м}$$

Проведем расчет для зимы:

$$\text{При } h'_3 = 5$$

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 14,6^2 \cdot 0,8}{5^2 \cdot 147,5} = 43,65$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{43,65} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{43,65}} = 0,388$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{7,13 \cdot 147,5}{5}} = 3,86$$

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

Тогда $n = 1$.

Высота трубы рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,388 \cdot 1 \cdot \frac{1,41}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{7,13 \cdot 147,5}}} = 13,7 \text{ м}$$

При $h'_3 = 10$

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 14,6^2 \cdot 0,8}{10^2 \cdot 147,5} = 13,64$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{13,64} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{13,64}} = 0,592$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{7,13 \cdot 147,5}{10}} = 3,06$$

Тогда $n = 1$.

Высота трубы рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,533 \cdot 1 \cdot \frac{1,41}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{7,13 \cdot 147,5}}} = 15,1 \text{ м}$$

При $h'_3 = 20$

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 14,6^2 \cdot 0,8}{20^2 \cdot 147,5} = 2,78$$

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

Рассчитаем значение m по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{2,78} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{2,78}} = 0,87$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{7,13 \cdot 147,5}{20}} = 2,43$$

Тогда $n = 1$.

Высота трубы рассчитывается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot \frac{1,41}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{7,13 \cdot 147,5}}} = 15,96 \text{ м}$$

Расчетные высоты сведем в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Значения расчета высоты дымовой трубы для зимы

Параметр	Ед. измер.	1	2	3
h_3	м	5,00	10,00	20,00
f	-	46,65	13,64	2,78
m	-	0,39	0,59	0,87
v_m	м/с	3,86	3,06	2,43
n	-	1,00	1,00	1,00
h_p	м	13,71	15,11	15,96

Проведем расчет для лета:

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$\Delta T_{\text{лет}} = t_{\text{ух}} - t_{\text{нв.л}} = 132 - 22,8 = 109,2^{\circ}\text{C}$$

При $h'_3 = 5$

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 14,6^2 \cdot 0,8}{5^2 \cdot 109,2} = 3,58$$

Рассчитаем значение m' по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{3,58} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{3,58}} = 0,72$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,78 \cdot 109,8}{5}} = 2,22$$

Тогда $n = 1$, и высота трубы считается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot \frac{0,36}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,78 \cdot 109,8}}} = 9,2 \text{ м}$$

При $h'_3 = 10$

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 14,6^2 \cdot 0,8}{10^2 \cdot 109,8} = 0,895$$

Рассчитаем значение m' по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,895} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,895}} = 0,915$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,78 \cdot 109,8}{10}} = 1,76$$

Значение n считается по формуле (8.11):

$$n = 0,532 \cdot 1,76^2 - 2,13 \cdot 1,76 + 3,13 = 1,03$$

Высота трубы считается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 0,915 \cdot 1,03 \cdot \frac{0,36}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,78 \cdot 109,8}}} = 11,1 \text{ м}$$

При $h'_3 = 20$

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 3,54^2 \cdot 0,8}{20^2 \cdot 109,8} = 0,224$$

Рассчитаем значение m по формуле (8.9):

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,224} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,224}} = 1,08$$

Найдем значение v'_m по формуле (8.8):

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,78 \cdot 109,8}{20}} = 1,399$$

Значение n считается по формуле (8.11):

$$n = 0,532 \cdot 1,399^2 - 2,13 \cdot 1,399 + 3,13 = 1,2$$

Высота трубы считается по формуле (8.6):

$$h = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1,082 \cdot 1,2 \cdot \frac{0,36}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,78 \cdot 109,8}}} = 12,3 \text{ м}$$

Расчетные значения для лета внесем в таблицу 8.2.

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Таблица 8.2 – Значения расчета высоты дымовой трубы для лета

Параметр	Ед. измер.	1	2	3
h_3	м	5,00	10,00	20,00
f	-	3,58	0,89	0,22
m	-	0,72	0,92	1,08
v_m	м/с	2,22	1,76	1,40
n	-	1,00	1,03	1,20
h_p	м	9,23	10,51	12,33

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

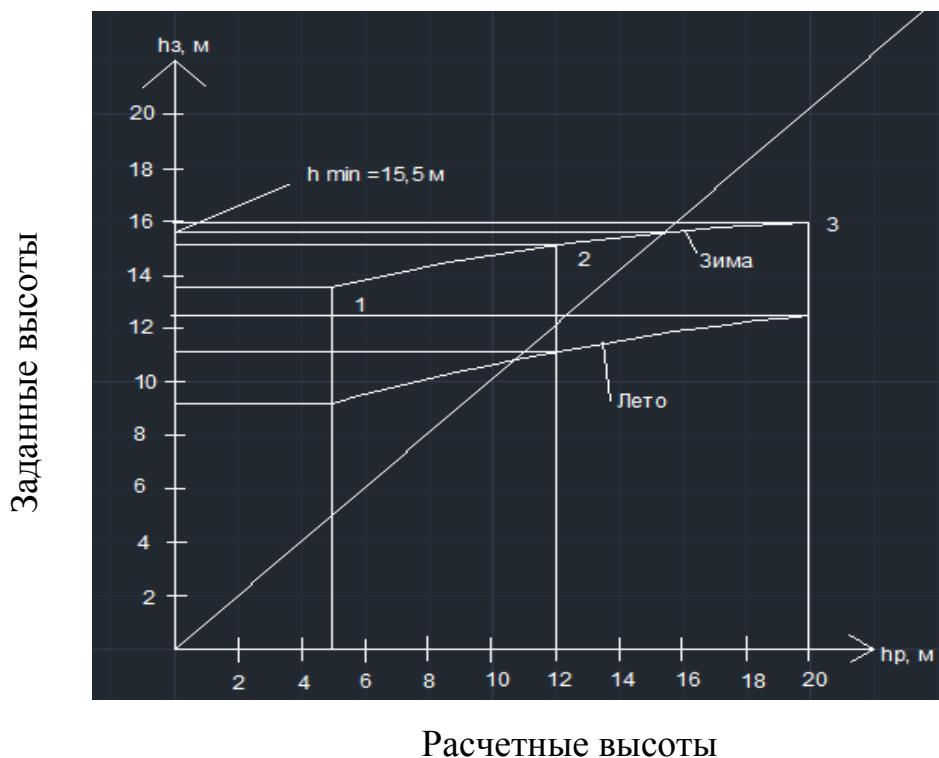


Рисунок 8.1 – Определение минимальной высоты дымовой трубы

Из рисунка видно, что она составляет $h_{min} = 15,5$ м. Выберем высоту дымовой трубы из стандартных, при этом необходимо учесть соответствие санитарным нормам: труба должна быть на 5 и более метров выше высоты конька на кровле любого строения, находящегося в радиусе 25 метров от котельной. Исходя из этого выберем дымовую трубу высотой 30 м. Проверим, соответствует ли эта высота поддержанию концентрации вредных веществ в

приземном слое не выше ПДК. Максимальная приземная концентрация для зимы от источника составит, мг/м^3 , рассчитывается по формуле (8.13):

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

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

$$f' = \frac{10^3 \cdot 14,16^2 \cdot 0,8}{30^2 \cdot 147} = 1,21$$

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,21} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,21}} = 0,88$$

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{7,13 \cdot 147}{30}} = 2,12$$

$$n'=1$$

Приземная концентрация окислов азота зимой:

$$C_m = \frac{160 \cdot 1,41 \cdot 1 \cdot 0,42 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{7,11 \cdot 134}} = 0,01 \text{ мг/м}^3$$

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

Аналогично проверим рассеивание этой трубой выбросов в летнем режиме:

$$f' = \frac{10^3 \cdot 3,54^2 \cdot 0,8}{30^2 \cdot 112} = 0,099$$

$$m' = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,099} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,099}} = 1,164$$

$$v'_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,78 \cdot 112}{30}} = 0,88$$

$$n = 0,532 \cdot 0,88^2 - 2,13 \cdot 0,88 + 3,13 = 1,67$$

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Приземная концентрация окислов азота летом вычислим по формуле(8.13):

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,36 \cdot 1 \cdot 1,0164 \cdot 0,67}{30^2 \cdot \sqrt[3]{1,78 \cdot 112}} = 0,021 \text{ мг} / \text{ м}^3$$

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

9 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА

В котельной должна предусматриваться защита оборудования, сигнализация, автоматическое регулирование, контроль, входящие в автоматизированную систему управления технологическими процессами котельной в объёме требований [13].

Схема автоматизации разработана в соответствии с требованиями [10] и представлена в графической части.

В соответствии с [13] для водогрейных котлов при сжигании газообразного топлива следует предусматривать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

- повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;
- понижении давления жидкого топлива перед горелками за регулирующей арматурой;
- понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;
- уменьшении разрежения и/или повышении давления в топке;
- погасании факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;
- повышении температуры воды на выходе из котла;
- уменьшении расхода воды через котел;
- неисправности цепей защиты.

В котельной следует предусматривать светозвуковую сигнализацию:

- срабатывания защиты;
- повышения и понижения давления газообразного топлива в общем газопроводе к котлам;
- понижения давления воды в каждой питательной магистрали;
- понижения и повышения давления воды в обратном трубопроводе тепловой сети
- отсутствия напряжения на рабочем и резервном вводах питания

Необходимо устанавливать приборы контроля содержания оксида углерода в помещении.

Для устанавливаемых котлов следует предусмотреть регулирование температуры воды на входе в котел.

Следует предусматривать визуальное отображение параметров на мониторе:

- температуры воды в общем трубопроводе перед водогрейными котлами и на выходе из каждого котла (до запорной арматуры);
- давления воды на выходе из водогрейного котла;
- температуры дымовых газов за котлом;
- давления газообразного топлива перед горелками, после последнего (по ходу газа) отключающего устройства;
- давления воды в питательных магистралях;

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

- давления газообразного топлива в магистралях перед котлами;
- давления воды в системах теплоснабжения.

Встроенная система управления горелкой, с помощью специальным образом запрограммированных электронных блоков, позволяют контролировать разные элементы, которые влияют на правильное смешивание топлива с воздухом горения. Так же, эта система, позволяет отрегулировать процесс горения с максимальной точностью. Кроме того, можно расширить возможности системы, подсоединив ее через интерфейс к датчику контроля кислорода и/или к инвертеру для контроля скорости вентилятора, с целью улучшения работы, при этом достигая максимальную экономию энергии, как в виде топлива, так и в виде используемой электрической энергии. Контроллер горелки получает в реальном времени информацию с датчиков, обрабатывает ее и по сигналу от общего контроллера регулирует подачи воздуха и газа. Эта система обладает следующими возможностями:

- встроенный электронный блок контроля пламени;
- интегрированный в систему контроль герметичности газовых клапанов;
- использование датчиков пламени различных типов с целью эксплуатации системы "менеджер горения - горелка" в самых разных приложениях;
- ввод в действие на регулируемой скорости частотного преобразователя (опция только для некоторых вариантов исполнения горелок)
- визуализация кодов ошибок в случае неправильной работы или блокировки горелки; - возможность ввода или исключения в программу работы горелки пост - продувки;
- визуализация часов работы горелки.

Модуль управления каскадом КМ – расширенная функция для управления смесительным контуром, повышением температуры обратной воды или водонагревателем. Предварительно заданная конфигурация систем отопления упрощает управление автоматикой котельной. Оборудован интерфейс для шины eBus, электропитание шины автоматическое. Также оборудовано штекерное подключение. Кроме того модуль КМ включает в себя управление смесительным контуром и в погодозависимом режиме. При снижении температуры в коллекторе ниже 65 °С смесительный клапан перекрывает циркуляцию воды через теплообменник.

Управление насосами осуществляется с помощью контроллера «Logo». Он обрабатывает сигналы с насосов, включает индикатор неисправности при необходимости. Предусмотрены ключи переключения режимов на ручной и автоматический. В ручном режиме выбирается рабочий насос, а в автоматическом режиме рабочий и резервный насосы переключаются по времени или по аварии одного из них. Также на блок приходит сигнал с главного контроллера, который с помощью частотных регуляторов приводы может корректировать работу насосов.

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

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

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

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

На щит автоматизации и сигнализации котельной выводятся аварийные сигналы:

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

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

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

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

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В разрабатываемой котельной предусматривается установка водогрейного котлов КВГМ-3,5-115 теплопроизводительностью 3,5 МВт. В качестве топлива используется природный газ. Максимальная температура нагрева воды составляет 115°C. Кроме котлов также предусмотрена установка пластинчатых теплообменников для разделения контуров, насосного оборудования и оборудования водоподготовки.

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

Возможными причинами получения работником травм могут быть [22]:

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

Возможными аварийными ситуациями могут быть:

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

10.1 Безопасность производственных процессов и оборудования

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

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

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

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

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

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

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

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

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

10.2 Пожаровзрывобезопасность

Основными источниками пожара могут быть:

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

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

10.3 Электробезопасность

Котельная включает в себя следующие возможные источники поражения электрическим током:

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

						13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			72

- рабочее и аварийное освещение;

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

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

В целях предупреждения электротравм предполагаются следующие меры:

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

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

11 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Разработка управленческого решения – один из наиболее важных управленческих процессов. От его эффективности в значительной степени зависит успех всей организации. Для принятия решения расширения отопительной котельной п. Бажова г. Копейск необходимо провести оценку работы объекта после расширения и без проведения расширения.

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

11.1 Расчет капитальных затрат

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

Таблица 11.1 – Капитальные затраты на расширение котельной

Наименование	Цена, тыс. руб.	Кол-во	Величина, тыс. руб.
Проектные работы	-	-	250,0
КВ-ГМ-3,5-115	1445,0	1	1445,0
Запорная арматура с комплектом автоматики	122,0	-	122,0
Горелка Cib Unigas R515A	310,0	1	310,0
Монтажные работы	287,5	-	287,5
Транспортные расходы	150,0	-	150,0
Итого	-	-	2564,5

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

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

где K_1 - стоимость проектных работ, тыс.руб.;

									Лист
									74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

K_2 -стоимость котла КВГМ-3,5-115, тыс. руб.;
 K_3 -стоимость запорной арматуры с комплектом автоматики, тыс. руб.;
 K_4 -стоимость горелки Sib Unigas R515A, тыс. руб.;
 K_5 -стоимость монтажных работ, тыс. руб.;
 K_6 -транспортные расходы, тыс. руб.;
 Рассчитаем капитальные затраты по формуле (11.1):

$$K = 250 + 1445 + 122 + 310 + 287 + 150 = 2564,5 \text{ тыс. руб}$$

11.2 Расчет текущих затрат

Эксплуатация котельной требует постоянных – ежегодных затрат, называемых текущими, они включают в себя затраты на топливо, амортизацию основных фондов, прочие расходы и т.д.

Нормы отчислений на амортизацию котельных установок при работе на природном газе, в случае работы котельной установки от 5000 до 6000 часов в календарном году составляет 6,33%. В общий процент отчислений на амортизацию входят отчисления на реновацию 33%, а на модернизацию и капитальный ремонт 10% и 90% оставшейся суммы после вычета расходов на реновацию. Отчисления в единый ремонтный фонд приняты в размере 20% от суммы амортизационных отчислений. Общепроизводственные и прочие расходы приняты в размере 10% от суммы предыдущих статей затрат. Цена природного газа составляет 4860 руб./1000м³ [44]. Смета текущих затрат по работе котельной до расширения представлены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Текущие затраты до расширения котельной

Статья затрат	Ед. изм-я	Кол-во	Стоимость ед. изм., руб.	Сумма, тыс.руб./год.
1	2	3	4	5
Топливо	м ³ /год	9393,95 тыс.м ³	4,86 руб./ м ³	40 576,62
Электроэнергия	кВт·ч	1500 кВт	2,92 руб./кВт·ч	4 380,00
Сырая вода	м ³ /год	1 847 м ³ /год	3 руб./т	5,54
Амортизация	тыс. руб./год	-	6,33% от стоимости оборудования	7,21

Продолжение таблицы 11.2

1	2	3	4	5
Ремонтный фонд	тыс. руб./год	-	20% от амортизационных отчислений	1,44
Общепроизводственные и прочие расходы	тыс. руб./год	-	10% от суммы вышестоящих статей	4 109,01
Всего затрат	тыс. руб./год	-	-	49 080,01

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

Таблица 11.3 – Текущие затраты после расширения котельной

Статья затрат	Ед. изм-я	Кол-во	Стоимость ед. изм, руб.	Сумма, тыс.руб./год
Топливо	м ³ /год	10 691,36 тыс.м ³	4,86 руб./ м ³	48 960,02
Электрическая энергия	кВт·ч	2 000,00	2,92 руб./кВт·ч	5 150,41
Сырая вода	т/год	2 462,67	3 руб./т	7,39
Амортизация	тыс. руб./год	-	6,33% от стоимости оборудования	7,83
Ремонтный фонд	тыс. руб./год	-	20% от амортизационных отчислений	1,57
Общепроизводственные и прочие расходы	тыс. руб./год	-	10% от суммы вышестоящих статей	4 517,62
Всего затрат	тыс. руб./год	-	-	59 721,87

11.3 Расчет стоимости единицы теплоты 1Гкал

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

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

где Z_1 - текущие затраты до расширения котельной *тыс.руб/год*;

Q_1 -теплота, отпущенная котельной за год до её расширения *Гкал/год*;

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

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

где Z_2 - текущие затраты после расширения котельной *тыс.руб/год*;

Q_2 - теплота, отпущенная котельной за год после её расширения *Гкал/год*;

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

$$C_1 = \frac{49080,1}{89102,8} = 0,614 \text{ тыс.руб./ Гкал}$$

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

$$C_2 = \frac{59721,87}{95470,4} = 0,566 \text{ тыс.руб./ Гкал}$$

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

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

где Q_2 - количество теплоты, отпущенное котельной за год, после расширения;

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

$Q_2 = 95470,4 \text{ Гкал/год}$

$Q_1 = 89102,8 \text{ Гкал/год}$

Найдем величину прибыли от реализации проекта по формуле (11.3):

$$\Delta И = (95470,4 - 89102,8) \cdot 0,566 = 1805,98 \text{ тыс.руб./год}$$

									Лист
									77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ				

11.4 Расчет срока окупаемости проекта

Срок окупаемости проекта можно найти по формуле (11.5):

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

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

$\Delta И$ – прибыль от реализации проекта, тыс.руб./год.;

Рассчитаем срок окупаемости проекта по формуле (11.4):

$$T = \frac{2564,5}{1805,98} = 1,42 \text{ года}$$

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

11.5 SWOT- анализ вариантов проектных решений

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

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

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

Strenghts – сильные стороны – преимущества решения;

Weaknesses – слабые стороны – недостатки решения;

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

Threats – угрозы – факторы, которые могут ухудшить положение.

Суть анализа заключается в составлении 2 матриц, в которых приводятся все эти факторы. В результате анализа должны быть сделаны выводы о наиболее предпочтительном проектном решении, а также меры по укреплению слабых мест и усилению сильных сторон после расширения (таблица 11.4).

					13.03.01.2017.115.18 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Таблица 11.4- Вариант 1(После расширения котельной)

S: <ul style="list-style-type: none"> • Увеличение количества потребителей • Новые рабочие места • Увеличение выработки теплоты 	W: <ul style="list-style-type: none"> • Капитальные затрат на расширение • Увеличение текущих затрат всей котельной
O: <ul style="list-style-type: none"> • Спрос на тепловую энергию • Существование новых технологий и оборудования 	T: <ul style="list-style-type: none"> • Рост тарифов на газ • Нестабильный курс валют

Вариант до расширения представлен в таблице 11.5.

Таблица 11.5- Вариант 2(Без расширения котельной)

S: <ul style="list-style-type: none"> • Отсутствие капитальных затрат • Меньшие объемы выбросов загрязняющих веществ • Отсутствие необходимости подготовки нового рабочего персонала 	W: <ul style="list-style-type: none"> • Котельная не покрывает требуемую тепловую нагрузку
O: <ul style="list-style-type: none"> • Существование новых технологий и оборудования 	T: <ul style="list-style-type: none"> • Рост тарифов на газ • Нестабильный курс валют

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

11.6 Оценка движущих и сдерживающих сил и ресурсов

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

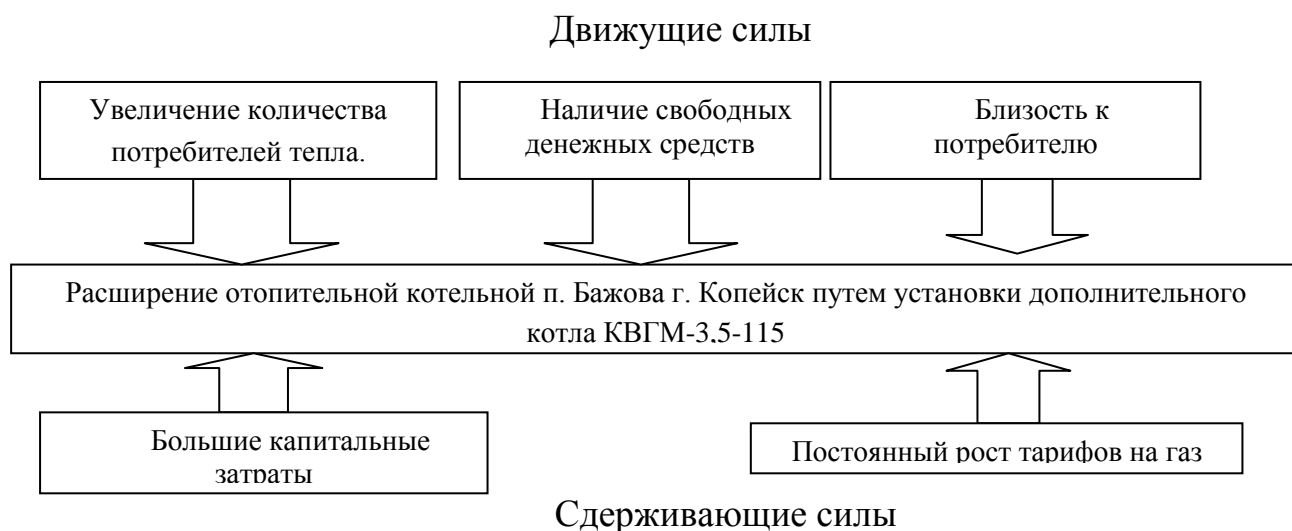


Рисунок 11.1 – Анализ поля сил Курта Левина

Движущие силы:

Увеличение количества потребителей тепла. За последние годы население поселка Бажова города Копейск сильно увеличилось, что

привело к увеличению тепловой нагрузки на котельную (влияние сильное).

Наличие свободных денежных средств. У администрации города Копейск в наличии есть денежные средства на расширение котельной (влияние сильное).

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

Новые рабочие места. В результате расширения котельной появятся новые рабочие места (влияние слабое).

Сдерживающие силы:

Большие капитальные затраты (влияние среднее).

Постоянный рост тарифов на газ. При расширении котельной, потребление топлива увеличится за счет установки четвертого котла (влияние среднее).

Проанализировав поле сил, можно сделать вывод, что движущие силы преобладают над сдерживающими. Это значит, что проект может быть реализован и после окончания строительства жилые дома будут обеспечены теплом и горячим водоснабжением.

11.6 Планирование целей отопительной котельной в дереве целей

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

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

Дерево целей проекта разработки котельной представлено на демонстрационном плакате.

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

Дерево целей проекта показано на рисунке 11.2.

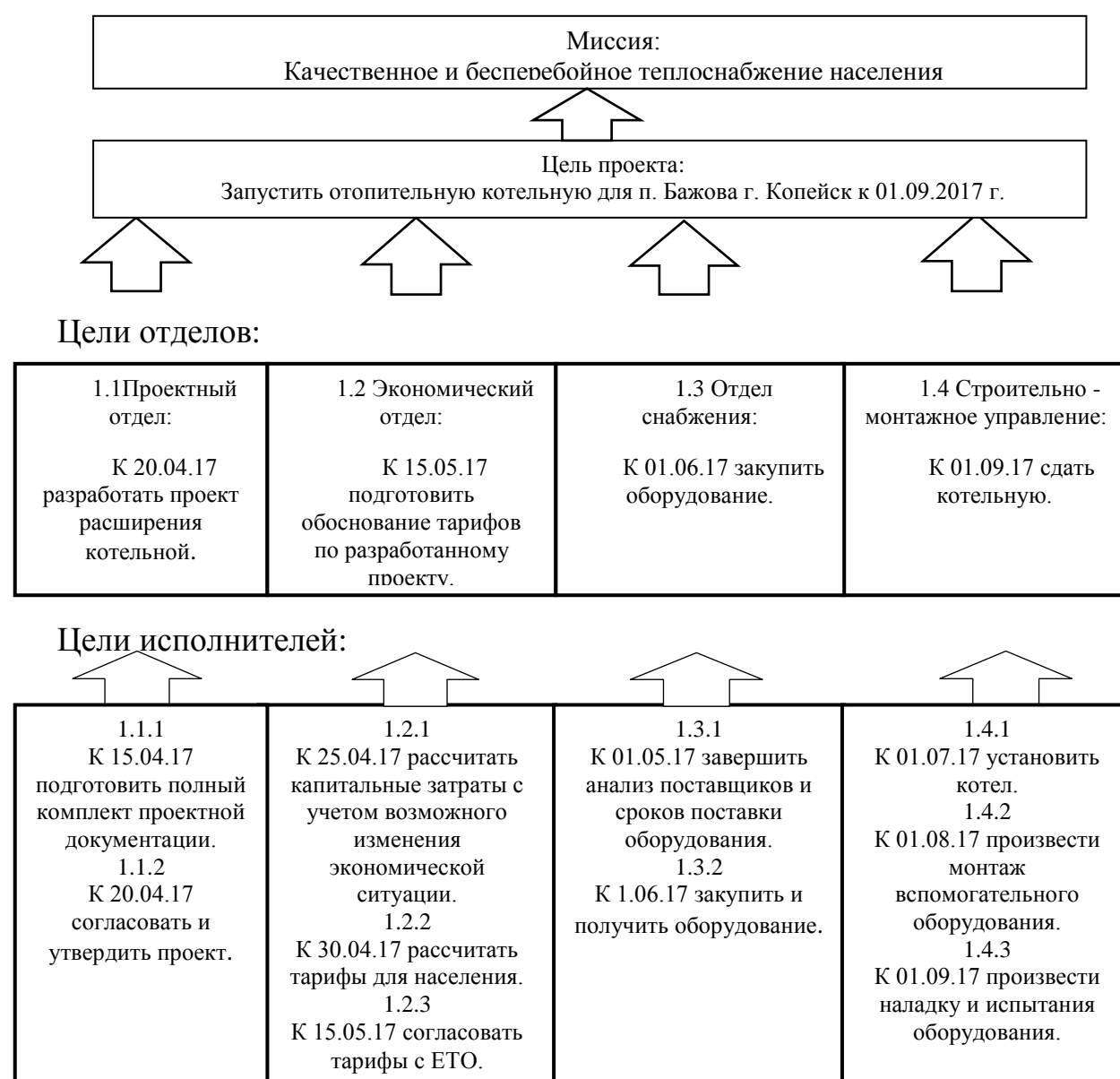


Рис. 11.2- Дерево целей проекта

11.7 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

Диаграмма даёт возможность решить одну из основных задач и показать персоналу, над чем следует работать, какие ресурсы применять в процессе и с какой скоростью выполнять те или иные задачи(таблица 11.6).

Таблица 11.6 – График Ганта

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

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

График Ганта представлен на плакате формата А.1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе предложен вариант расширения отопительной котельной п. Бажова г. Копейска путем установки дополнительного котла КВГМ-3,5-115.

Расчетом тепловых нагрузок определена максимальная нагрузка систем отопления и горячего водоснабжения, которая составила $Q_{\text{сумм}} = 13,5$ МВт.

Расчет тепловой схемы определил необходимую мощность котельной с учетом потерь тепла и собственных нужд, которая составила $Q_{\text{кот}} = 14,1$ МВт.

На основе расчета тепловой схемы выбран водотрубный котёл КВГМ-3,5-115 теплопроизводительностью 3,5 МВт. Расход природного газа по расчету на максимальный зимний режим составил $0,108 \text{ м}^3/\text{с}$.

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

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

В вопросах экологии рассчитан массовый выброс окислов азота, который составил для одного котла $1,41 \text{ г/с}$. Для котельной выбрана дымовая труба высотой 30 м., и при данной высоте трубы рассчитаны значения приземных концентраций окислов азота, составившие соответственно в летнем и зимнем режимах $0,0192 \text{ мг/м}^3$ и $0,021 \text{ мг/м}^3$.

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

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

В экономико-управленческой части произведено обоснование расширения котельной. Произведен расчет срока окупаемости, он составил 1,42 года.

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации // Российская газета. – 2009. – Вып. № 5050 (226).

2 Федеральный закон РФ от 22 июля 2009 года № 123-ФЗ (ред. от 13.08.2015). Технический регламент о требованиях пожарной безопасности // Российская газета. – 2009. Вып. № 4710(0).

3 Постановление Правительства РФ от 25.05.2013 № 391 (ред. от 10.10.2016). О противопожарном режиме // Российская газета. – 2013. Вып. № 5887 (115).

4 Стратегия развития теплоснабжения и когенерации в Российской Федерации.

5 Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. – <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostrategy>

6 Приказ Минтруда России от 17.09.2016 № 552н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок». – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_187101/.

7 ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

8 ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 4с.

9 ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 15 с.

10 ГОСТ 21.208-2013. СПДС. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Стандартинформ, 2014. 31 с.

11 СП 41-104-2000. Проектирование автономных источников теплоснабжения. – М.: ГУП ЦПП, 2008. – 17 с.

12 СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2013. – 116 с.

13 СП 89.13330.2012. Котельные установки. – М.: Минрегион России, 2013. – 116 с.

14 СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минрегион России, 2011. – 68 с.

15 СП 4.13130.2014. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 187 с.

16 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2007. – 552 с.

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>84</i>

17НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.– СПб.: ДЕАН, 2012. – 48 с.

18Аверченков, В.И. Системы организации управления: учебное пособие/ В.И. Аверчинков, В.В. Ерохин.–3-е изд., стереотип. –М.: ФЛИНТА, 2011.–209с.

19Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть дипломного проекта: Учебное пособие по выполнению дипломного проекта для студентов энергетического факультета/А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2010. – 46с

20Бароновский, К.В. Пластинчатые и спиральные теплообменники / К.В. Бароновский, Л.С. Каваленко, А.Н. Ястрибенецкий. М.: Let Me Print, 2014.– 288с.

21Безопасность жизнедеятельности: учебник / Э.А. Арустамов, А.Е. Волощенко, Г.В. Гуськов и др.–15-е изд., перераб. и доп.– М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2010. – 450 с.

22Буркина, Т.С. Анализ внешней среды организации: методические рекомендации к выполнению контрольной работы /Т.С. Буркина.– Сызрань: Сф СамГТУ,2008.–21с.

23Грибанов, А.И. Очистка дымовых газов. / А.И. Грибанов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 51 с.

24Грибанов, А.И. Расчет дымовой трубы. Методическое пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 23 с.

25Данилов, Н.И. Основы энергосбережения: учебник/ Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под ред. Н.И. Данилова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 564 с.

26http://study.urfu.ru/Aid/Publication/9053/1/Lymmi_Myncz.pdf.

27Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / В.И. Монюк, Я.К. Коплинский, Н.Б. Хиж и др. 4-е изд. – М.: Либроком, 2010. – 432 с.

28Палей, Е.Л. Проектирование котельных в секторе ЖКХ: справочное практическое пособие / Е.Л. Палей.– СПб.: Газовый клуб, 2007. – 158с.

29Промышленная экология: учебное пособие / под ред. Н.С. Данилова. – Ростов н/Д.: Феникс, 2010. – 720 с.

30Соколов, К.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.– 9-е изд., стереот.–М.: Изд-во МЭИ, 2010.–472с.

31Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / под ред. Н.В. Кузнецов,–2е. изд. перераб./ РЕПРИНТ. – М.: ЭКОЛИТ, 2012. – 297с.

32Шамилин, Е.К. Расчет тепловых схем и подбор основного оборудования котельных: учебное пособие / Е.К. Шамилин. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 39с.

33Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Н. Данилова, А.П. Горяев, А.В. Клименко и др. / под ред. А.В. Клименко. – электронный курс.

34Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Р. Данилова, А.Г. Горяева, А.В. Клименко и др. / под ред. А.В. Клименко. – 2-е изд., стер.– М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 424 с.

										Лист
										85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2017.115.18 ПЗ

35 Viessmann Vitoplex 100 PV1. – <http://www.viessmann.ru/ru/zilye-zdania/gazovye-vodogrejnye-kotly/nizkotemperaturnye-gazovye-vodogrejnye-kotly/vitoplex-100.html>.

36 Каталог насосного оборудования Wilo. – <http://www.wilo.ru/glavnaja-stranica/onlain-katalog/>.

37 Каталог Cibital Unigas. – <http://www.cibitalunigas.ru/products/>.

38 Хаванов П.А. Водогрейные котлоагрегаты малой мощности. /П.А. Хаванов – http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4981.

39 Каталог фильтров Pentek. – <http://www.rusfilter.ru/catalog/pentek/>.

40 Hydrotech Прайс-лист на профессиональное водоочистное оборудование – <http://hydrotech.nt-rt.ru/images/showcase/Price.pdf>.

41 Котлы водогрейные – http://www.generation-eo.ru/vod_kotly/kcv/kcv01.

42 Соколов, К.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – 9-е изд., стереот. – М.: Изд-во МЭИ, 2010. – 472 с.

43 Палей, Е.Л. Проектирование котельных в секторе ЖКХ: справочное практическое пособие / Е.Л. Палей. – СПб.: Газовый клуб, 2007. – 158 с.

44 Данилов, Н.И. Основы энергосбережения: учебник / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков; под ред. Н.И. Данилова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 564 с.

45 ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 15 с.

46 ЯРИНЖКОМ- энергия тепла-<http://www.yaringcom.ru/kotelnie>.

47 БЭС- перевозка оборудования-<http://bes-cargo.ru>.

48 ТЕПЛОСЕРВИС- ТС- монтаж котельных-<http://www.teploservis-ts.ru>.

										Лист
										86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.115.18 ПЗ					

					<i>13.03.01.2017.115.18 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>87</i>