

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

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПРОВЕРЕНА
Рецензент,
Начальник районной котельной №1
АО «Челябоблкоммунэнерго»
_____ В.В. Пашнин
« ____ » _____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2019 г.

**Расширение РК №1 г. Копейска
в связи с повышением нагрузки системы теплоснабжения**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2019.954.03 ПЗ ВКР

Консультант по разделу
«Экономика и управление»,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2019 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ С.В. Пашнин
« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель
_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2019 г.

Автор работы
студент группы ПЗ–579
_____ А.Б. Ананина
« ____ » _____ 2019 г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Ананина А.Б.. Расширение РК №1 г. Копейска в связи с повышением нагрузки системы теплоснабжения. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ, 2019, 83 с., 5 ил., библиогр. список – 56 наим., 2 прилож., 5 листов чертежей ф. А1, 2 демонстрационных листа ф. А1.

Цель выпускной квалификационной работы – расширение районной котельной г. Копейска в связи с возросшей потребностью тепла на отопления района. Работа состоит из введения, 9-ти глав, заключения и библиографического списка.

В первой главе дана характеристика объекта, описана актуальность расширения котельной, предложены технические решения ее расширения.

Во второй главе сделан обзор литературных источников, на основании которых выполнена ВКР.

Третья глава дает информацию о современных котлоагрегатах «Энтророс», «КВ-ГМ», «POLYKRAFT» в сравнении по основным технико-экономическим показателям.

В четвертой части сделаны основные расчеты по тепловой схеме котельной, выбору основного и вспомогательного оборудования и тепловому расчету водогрейного котла КВ-ГМ-30-150.

Пятая глава представляет сведения о мероприятиях по энергосбережению.

В шестой главе приведено описание функциональной схемы автоматизации и контрольно-измерительных приборов котельной.

В седьмой главе содержится поверочный расчет существующей дымовой трубы с целью снижения негативного влияния на окружающую среду.

В восьмой главе произведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и предложены мероприятия по охране труда.

В девятой главе приведен научно-исследовательский анализ водотрубных и газотрубных котлов.

В десятой главе выполнен технико-экономический расчет проекта расширения котельной, сделан SWOT-анализ для реализации проекта и др.

В заключении подведены итоги технических показателей и решений.

Графическая часть выполнена на 7-ми листах формата А1 в системе «Компас (САПР)»

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Выполнил</i>	<i>Ананина Д.Б.</i>				<i>Расширение РК №1 г. Копейска в связи с повышением нагрузки системы теплоснабжения</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Пашины С.В.</i>							В	К	Р
<i>Н. Контр.</i>	<i>Алабугина Р.А.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»</i>					
<i>Зав. каф.</i>	<i>Осинцев К.В.</i>									

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ	7
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	9
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КОТЛОАГРЕГАТОВ	11
4 РАСШИРЕНИЕ РАЙОННОЙ КОТЕЛЬНОЙ №1 Г. КОПЕЙСКА	18
4.1 Расчет тепловых нагрузок потребителей	18
4.2 Выбор основного оборудования	25
4.3 Тепловой поверочный расчет котла	25
4.4 Выбор вспомогательного оборудования	37
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	39
6 АВТОМАТИЗАЦИЯ	42
7 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	45
7.1 Расчет объемов продуктов сгорания	47
7.2 Расчет выбросов окислов азота	48
7.3 Поверочный расчет дымовой трубы	50
7.4 Сточные воды котельной	52
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	53
8.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	53
8.2 Нормирование факторов среды и трудового процесса	55
9 ВОДОТРУБНЫЕ И ЖАРОТРУБНЫЕ КОТЛЫ	60
10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	69
10.1 Техничко-экономический расчет	69
10.1.1 Расчет капитальных затрат на расширение котельной	69
10.1.2 Расчет текущих затрат на обслуживание котельной	72
10.1.3 Расчет приведенных затрат	74
10.2 SWOT-анализ для реализации проекта расширения	75
10.3 Дерево целей предприятия и проекта	76
10.4 Модель поля сил эффективности реализации проекта	77
10.5 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	80
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Планирование целей проекта расширения	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Модель поля сил эффективности проекта.	86

ВВЕДЕНИЕ

Основное назначение любой системы теплоснабжения состоит в обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты требуемых параметров.

В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на централизованные и децентрализованные.

В децентрализованных системах источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или размещены столь близко, что передача теплоты от источника до теплоприемника может производиться без промежуточного звена – тепловой сети.

В системах централизованного теплоснабжения источник теплоты и теплоприемники потребителей размещены отдельно, часто на значительном расстоянии, поэтому передача теплоты от источника до теплоприемников производится по тепловым сетям.

Для транспорта теплоты на большие расстояния применяются два теплоносителя: вода и водяной пар. Как правило, для удовлетворения сезонной нагрузки и нагрузки горячего водоснабжения в качестве теплоносителя используется вода, для промышленно-технологической нагрузки – пар.

Подготовка теплоносителей производится в специальных, так называемых теплоприготовительных установках на ТЭЦ, а также в городских, районных (квартальных) или промышленных котельных.

Районные котельные предназначены для централизованного теплоснабжения промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, а также для покрытия пиковых тепловых нагрузок в теплофикационных системах. Сооружение их требует меньших капиталовложений и может быть проведено в более короткие сроки, чем сооружение ТЭЦ той же тепловой мощности. Поэтому во многих случаях теплофикацию районов начинают со строительства районных котельных. В них устанавливают водогрейные котлы или паровые котлы низкого давления (1,2 – 2,4 МПа). Выбор типа котлов в котельной производится на основе технико-экономических расчетов. При централизации теплоснабжения и закрытии небольших малоэкономичных заводских и домовых котельных уменьшаются расходы топлива, сокращается количество обслуживающего персонала и уменьшается загрязнение окружающей среды.

Таким образом, развитие теплоснабжения потребителей намечается по основным направлениям централизации системы, базирующейся на комбинированной выработке электроэнергии и тепла на мощных ТЭЦ и АТЭЦ высокого давления, в том числе на чисто отопительных ТЭЦ; централизации систем теплоснабжения крупных районных производственно-отопительных и чисто отопительных котельных.

Децентрализованное теплоснабжение от небольших заводских, а также отопительных квартальных и домовых котельных, от печей и индивидуальных нагревательных приборов в ближайшее время будет сокращаться, но все же будет иметь заметное место в покрытии общего теплоснабжения.

									Лист
									5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

Однако 95% городов и поселков городского типа будут иметь расчетную тепловую нагрузку менее 500 Гкал/ч, и для них основными источниками теплоснабжения будут котельные. Продолжающееся удорожание всех видов органического топлива и изменение стоимости оборудования могут изменить в меньшую сторону расчетные технико-экономические показатели, являющиеся в настоящее время оптимальными для постройки ТЭЦ.

Таким образом, использование производственно-отопительных и отопительных котельных в будущем сохранится и при этом предусматривается их укрупнение, повышение экономичности использования органического топлива и оснащение новым современным оборудованием.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ

Районная котельная №1 г. Копейска обеспечивает теплоснабжение жилой район и близлежащие промышленные предприятия г. Копейска, а также производит пар на собственные нужды котельной. На данный момент в котельной установлены: два паровых котла ДКВР-20/13 и два водогрейных котла ПТВМ-30.

Установленная тепловая мощность водогрейной части котельной 60 Гкал/ч.

Основным топливом отопительной котельной №1 г. Копейска котельной является природный газ, поступающий по отводу от магистрального газопровода «Бухара-Урал» через газораспределительную копейского филиала ООО «Новатэк-Челябинск». Система газоснабжения котельной включает в себя: газопроводы высокого давления 6 кгс/см², ГРУ, газопроводы среднего давления, газооборудование котлов. Пропускная способность ГРУ 5000 м³/ч газа. В таблице 1.1 представлен состав и характеристика используемого в котельной природного газа по данным ООО «Новатэк-Челябинск».

Таблица 1.1 – Состав и характеристика природного газа «Бухара-Урал»

Наименование показателя	Норма по ОСТ 51.40	Среднемесячное значение
Метан CH ₄ , %	не нормируется	84,01
Этан C ₂ H ₆ , %		4,4
Пропан C ₃ H ₈ , %		1,6
Бутан C ₄ H ₁₀ , %		0,7
Пентан C ₅ H ₁₂ , %		1,8
Азот N ₂ , %		3,5
Диоксид углерода CO ₂ , %		0,5
Водород H ₂ , %		1,49
Кислород O ₂ , %		2,0
Плотность, кг/м ³		0,7492
Теплота сгорания низшая, ккал/м ³		не менее 7600

В котельной предусмотрено бытовые и производственные помещения для ремонтного, дежурного и персонала управления.

Электроснабжение котельной осуществляется от собственной ТП 6/0,4кВ и РУ-0,4кВ.

Работа котельной ведется с постоянным присутствием обслуживающего персонала. Работа котельной круглосуточная, температурный график тепловой сети 115/70 °С. В зимний и летний период нагрузка на ГВС осуществляется двумя скоростными теплообменниками, расположенные в котельной.

Система теплоснабжение закрытая. Гидравлическая схема распределения тепла выполнена по тупиковой схеме. Подпитка теплосетей производится в произ-

водственно-отопительной котельной хозяйственно-питьевой водой. Объем внешних тепловых сетей больницы составляет 80 м³. Компенсация температурных расширений трубопроводов решена за счет самокомпенсации и П-образных компенсаторов.

Для производства пара установлено 2 котла ДКВр-20/13.

Для покрытия нагрузки теплоснабжения используются 2 котла ПТВМ-30, имеющие следующие основные характеристики:

1. номинальная теплопроизводительность: 30,0 Гкал/ч (35,0 МВт);
2. диапазон регулирования тепловой нагрузки: 20 – 100%;
3. вид топлива: газ
4. температура уходящих газов: 150 °С
5. КПД котла брутто: 91,8 %

Водоснабжение котельной существующее и осуществляется от сетей МУП ПОВВ «Горводоканал г. Копейск». Ввод водопровода в котельную выполнен трубой Ду100 мм. Вода расходуется на технологические нужды котельной (подпитка, нужды персонала). Пожаротушение котельной обеспечивается из расчета 2×2,5 л существующими пожарными кранами. Для тушения небольших возгораний имеются порошковые огнетушители.

В котельной предусмотрена система бытовой канализации в сеть городской канализации. В систему канализации подаются стоки от котлов, которые при нормальной эксплуатации и плановом выводе оборудования в ремонт не должны иметь температуру выше 45 °С.

В связи со строительством новых промышленных цехов и административно-бытовых корпусов на предприятии ООО «Копейский инструмент» увеличивается нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, мощности существующих двух котлов ПТВМ-30 не хватает для покрытия увеличивающейся нагрузки. Для надежной и стабильной работы котельной необходимо увеличить мощность котельной. Был выбран вариант – расширение водогрейной части котельной.

Под расширением котельной подразумевается увеличение отпускаемой продукции путем установки основного и вспомогательного оборудования.

Котельная имеет достаточные площади для установки дополнительного котельного агрегата, а также необходимую инфраструктуру в виде подведенной магистралей газопровода и воды, которые требуется незначительной реконструкции, что существенно снижает капитальные затраты на строительство новых сетей.

Реализация данного варианта расширения котельной должна обеспечить возросшие потребности района в энергоносителях.

											Лист
											8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основной расчетно-теоретический материал выпускной квалификационной работы выполнен в соответствии с нормативно-справочной, научно-методической, нормативно-законодательными актами.

В книге «Теплофикация и тепловые сети» Соколов Е.Я. приведена методика расчета мощности котельной, температурного графика, расходов воды и схемы котельной. Поэтапные методы расчета тепловых и гидравлических сетей, выбор схем котельных и подбор оборудования рассмотрен в книге Кириллова В.В. «Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий». Из СП 131.13330.2012. «Строительная климатология» выбраны данные по климатическим характеристикам, расчетным температурам наружного в разные периоды года, продолжительности отопительного периода и количеству жителей для данного региона.

В книге «Котельные установки промышленных предприятий» Сидельковского Л.Н. и Юренева В.Н. представлен нормативный метод расчета котла. А в книге «Расчет жаротрубно-дымогарного котла» Лумми А.П., Мунц В.А. приведены принципы работы котлов, их виды и типы.

В книге Бухмирова В.В. «Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий» рассмотрены виды, методы, мероприятия энергосберегающих технологий на котельных и ТЭС, а также их фактическое применение и эффективность.

В учебном пособии «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике» Плетнева Г.П. отражены принципы составления функциональных схем автоматики котельных, правила составления, преимущества и недостатки автоматизированных систем управления.

В книге «Методы защиты окружающей среды» Рослякова П.В. содержится теоретическая база уменьшения вредных экологических факторов, их подавления и измерения в соответствии с ПДК, методы оценки. Расчет и выбор дымовых труб для котельных приведен в учебном пособии «Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 Гкал/ч».

В книге «Безопасность жизнедеятельности» Боровика С.И. и Киселевой Л.М. раскрыты факторы рабочей среды на предприятиях энергетической отрасли, стандарты измерения и допустимые величины факторов; действия персонала при возникновении аварийных ситуаций и их предупреждении.

В учебном пособии Алабугина А.А. «Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» приведены методы оценки эффективности и экономической целесообразности проекта: метод приведенных затрат, расчет срока окупаемости, SWOT-анализ реализации проекта, принципы построения графика Ганта и дерева целей реализации проекта.

ВКР выполнена на основе ниже приведенной и другой, указанной в библиографическом списке нормативно-справочной литературы:

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ				

1. Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 №116 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»;

2. Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. №328н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

3. ГОСТ 12.4.011-89 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»;

4. ГОСТ 31532-2012 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения»;

5. СН 423-71 «Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве»;

6. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция»;

7. Стандарт НП АВОК 1.05.2012 «Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха и теплоснабжения».

В библиографическом списке приведен основной состав литературных источников [1 – 53].

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>10</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ КОТЛОАГРЕГАТОВ

В настоящее время на российском рынке котельного оборудования имеется огромное количество водогрейных котлов зарубежного производства. Многие проектировщики выбирают именно импортное оборудование, считая его более надежным, эстетичным и лучше отечественного.

Импортные водогрейные котлы обладают рядом преимуществ, среди которых можно назвать следующие:

- современный дизайн;
- удобные габариты;
- простота эксплуатации и обслуживания, которая достигается за счет встроенной в котлоагрегат автоматики.
- приобретенный котел можно сразу монтировать по месту эксплуатации;
- высокий КПД;
- хороший уровень безопасности оборудования, оснащенного несколькими степенями защиты.

К недостаткам агрегатов зарубежного производства относиться в первую очередь высокая цена оборудования и монтажа, возникающая из-за того, что все комплектующие должны точно соответствовать качеству самого котла. Применение при установке дешевого оборудования значительно сокращает срок службы всей отопительной системы в доме. При этом если в момент покупки котел стоит очень дорого, то в процессе эксплуатации он не сэкономит вам средства.

Водогрейные котлы, изготовленные в странах восточной Европы, несколько дешевле своих западных аналогов, хотя по качеству несколько им не уступают.

Ещё одним недостатком импортных аппаратов является то, что они не могут эффективно работать в условиях нестабильной подачи газа или электроэнергии. Но западные производители стали приспособлять свое оборудование к российским условиям работы.

Принятая европейская концепция котлов с автоматизированными вентиляторными горелочными устройствами проще. Отпадает необходимость в установке дымоходов и регулирования разряжения в топке котла. Европейские котлы приходят готовые к работе и защищенные слоем современной тепловой изоляции. Производимые у нас котлы при их установке в котельной подлежали обмуровке кирпичом или нанесением защитного покрытия слоем жаростойкой изоляции. Европейские технологии входят в нашу жизнь. Заводы переходят на выпуск современного оборудования и осваивают новые производственные технологии.

Современные российские котельные оборудования, соответствующие западным образцам, выпускает ООО «Энтророс». Серия стальных водогрейных котлов серии Термотехник ТТ300 мощностью от 20 до 120 МВт уже давно на российском рынке. Они работают на газообразном и легком жидком топливе, имеют КПД не менее 93%, комплектуются горелочными устройствами различных фирм.

Данные котлы предназначены для использования в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

Также данные котлы используются для обеспечения различных технологических процессов. Котел обеспечивает непрерывную работу в условиях автоматического управления. Для осуществления работы в автоматическом режиме обслуживания котел оборудован автоматизированной горелкой и блоком управления котлом.

Общий вид котла ТТ300 представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Общий вид котла Энтророс Термотехник ТТ300

Гарантийный срок эксплуатации котла ТТ300 – 36 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 42 месяцев со дня отгрузки котла с предприятия-изготовителя при соблюдении потребителем условий хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации, предусмотренных технической документацией котла и документацией комплектующего оборудования.

Котел проектируется и изготавливается в блочном исполнении. Конструкция котла допускает монтаж поставочными блоками или их доукомплектацию в монтажные блоки на сборочной площадке. Габаритные размеры блоков котла приняты с учетом удобства транспортировки и монтажа.

Полная комплектация котла на заводе-изготовителе позволяет упростить проектирование, ускорить монтаж, обеспечить полностью автоматическую, надежную и безопасную эксплуатацию котла. Отдельные части котла и компоненты оптимально подобраны по размерам и техническим характеристикам и собраны в модули, готовые к монтажу на месте эксплуатации.

Высокая степень автоматизации позволяет эксплуатировать котел в составе котельной установки силами небольшого количества персонала либо методом периодического контроля.

Конструкция котла обеспечивает полное опорожнение от воды и шлама, а также удаление воздуха из всех элементов, в которых могут образовываться воздушные пробки при заполнении и пуске.

Котлы снабжены люками обслуживания и смотровыми лючками, обеспечивающими осмотр, очистку, безопасность работ по защите от коррозии, монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств, ремонт и контроль котлов.

Котлы укомплектованы приборами автоматики и безопасности, а также арматурой и предназначены для использования с автоматизированными горелками, работающими на газообразном или жидком топливе.

Котлы оснащены контрольно-измерительными приборами и устройствами автоматического управления, технологической защиты, блокировки и предупредительной сигнализации.

Конструкция котла, в которой использованы передовые и надежные технические решения, обеспечивает исключительные характеристики водотрубного котла: высокую производительность и качество теплоносителя, высокий коэффициент полезного действия, безопасность и надежность работы, длительный срок службы. Технические характеристики котла Энтророс ТТ300-40 приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики котла Энтророс ТТ300-40

Номинальная теплопроизводительность	МВт	40
Рабочее давление воды в котле, не более	МПа (кгс/см ²)	1,6 (16)
Давление воды на выходе из котла, не менее	МПа (кгс/см ²)	1,0 (10)
Температура воды на входе в котел, не менее	°С	80
Температура воды на выходе из котла, не более	°С	160
Гидравлическое сопротивление, не более	МПа	0,15
КПД, при работе на природном газе, не менее	%	95,0
Температура уходящих газов при номинальной нагрузке	°С	130
Габаритные размеры, Д×Ш×В	мм	9180×6450×12900
Стоимость	тыс.руб.	22 272,00

Водогрейные немецкие котлы серии POLYKRAFT Novotherm-35 предназначены для получения горячей воды давлением до 1,35 (13,5) МПа (кгс/см²) и номинальной температурой до 150 °С, используемой в системах отопления и горячего водоснабжения промышленного или бытового назначения, а также для технологических целей.

По согласованию с Заказчиком котлы могут изготавливаться для эксплуатации с давлением воды на входе до 2,5 (25,0) МПа (кгс/см²).

Котлы Novotherm-35 имеют П-образную компоновку. Выбор материалов для изготовления деталей обоснован расчетом на прочность элементов котла, работающих под давлением, выполненным по нормам расчета на прочность стацио-

нарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды РД 10-249-98, согласованным с Госгортехнадзором России.

На рисунке 3.2 представлен общий вид котла Novotherm-35.

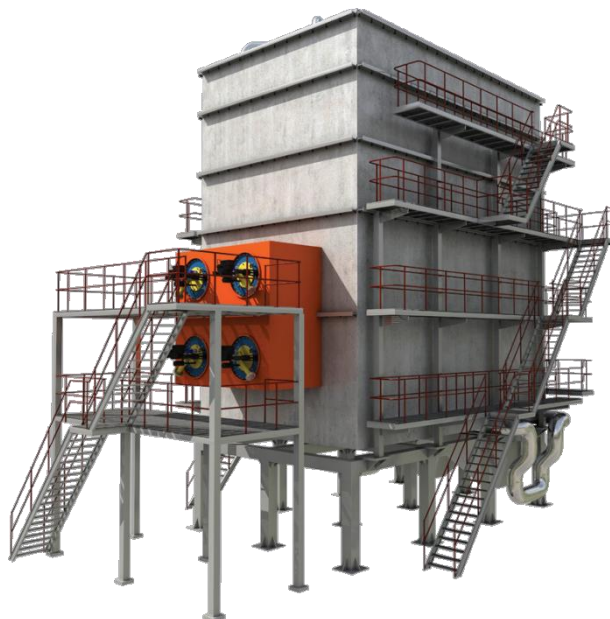


Рисунок 3.2 – Общий вид котла Novotherm-35

Топочная часть, состоящая из двух фронтных, двух боковых и двух задних экранов, экранирована трубами $\varnothing 60 \times 3,0$ мм с шагом 64 мм, входящими в коллекторы $\varnothing 273 \times 11,0$ мм. Задние экраны (разделяющие топочную часть с конвективной) изготавливаются в газоплотном исполнении с сваркой мембран шириной 20 мм, газоплотность остальных экранов обеспечивается натрубной обшивкой.

Трубы всех экранов расположены вертикально. В фронтных экранах расположены амбразуры горелок. В боковых экранах предусмотрены прямоугольные лазы, размерами не менее 400×450 мм, для осмотра поверхностей нагрева, а также на данных экранах размещаются гляделки для наблюдения и контроля процесса горения.

Конвективная часть расположена в опускном газоходе с боковыми стенками изготовленными из труб $\varnothing 83 \times 3,5$ которые одновременно являются коллекторами (стояками) для U-образных змеевиков которые изготавливаются из труб $\varnothing 28 \times 3,0$ мм с шагом $S_1 = 64$ мм, $S_2 = 40$ мм которые и образуют конвективную поверхность нагрева. Также опускной газоход (конвективный) закрыт боковыми и задними экранами изготовленными из труб $\varnothing 60 \times 3,0$ мм с шагом 64 мм с натрубной обшивкой.

В конвективной части котла предусмотрена установка системы газоимпульсной очистки (поставляется по согласованию с заказчиком). Система импульсной очистки предназначена для очистки конвективных поверхностей нагрева от занося золой при работе котла на мазуте. Принцип действия ГИО основан на воздействии на загрязненные поверхности нагрева ударных и акустических волн, генерируемых за счет взрывного горения ограниченного объема газозооудшной смеси

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

в импульсных камерах с определенной частотой. Её установка необходима, если работа котла на мазуте продолжается более двух недель. Трубная система котла опирается на несущий каркас. Под каркас котла необходимо устройство специального фундамента. Конструкция фундамента должна обеспечивать жесткое заземление пят несущих колонн каркаса. Расчет фундамента (размеры, глубина, и т.д.) выполняет специализированная проектная организация.

Для наблюдения за тепловым расширением котла, на системе трубной установки репера.

Обмуровка котла выполнена теплоизоляционными матами с креплением непосредственно к натрубной обшивке котла. Обмуровочные и изоляционные материалы входят в комплект поставки котла.

Дренажные трубы для слива воды из котла выполнены из труб $\varnothing 32 \times 3,0$ мм.

Воздушные трубы для удаления воздуха из котла выполнены из труб $\varnothing 28 \times 3,0$ мм и выводятся в сливные воронки.

Для комплектации котла могут быть использованы газовые, жидкотопливные и комбинированные автоматизированные горелочные устройства различных отечественных и зарубежных производителей, имеющие соответствующие технические характеристики и сертификат соответствия Российской Федерации. Описание и технические характеристики даны в документации, прилагаемой к горелочному устройству.

В целях предотвращения дополнительных напряжений в металле конструкция котла должна обеспечивать возможность свободного теплового расширения его элементов при растопке и работе. Величина тепловых расширений не должна превышать расчетные показатели и соответствовать схеме.

Для контроля тепловых расширений котла, на опорах системы трубной установки устанавливаются репера в местах, удобных для наблюдения.

Технические характеристики котла Novotherm-35 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические характеристики котла Novotherm-35

Номинальная теплопроизводительности	МВт	35
Рабочее давление воды в котле, не более	МПа (кгс/см ²)	1,6 (16)
Давление воды на выходе из котла	МПа (кгс/см ²)	1,35 (13,5)
Температура воды на входе в котел, не менее	°С	70
Температура воды на выходе из котла, не более	°С	150
Гидравлическое сопротивление, не более	МПа	0,25
КПД, при работе на природном газе, не менее	%	92,2
Температура уходящих газов при номинальной нагрузке	°С	155
Габаритные размеры, Д×Ш×В	мм	8450×7980×12220
Стоимость	тыс.руб.	27 500,00

Котёл водогрейный КВ-ГМ-30-150 (КВ-ГМ-35-150) – водогрейный котёл с рабочим давлением до 2,25 МПа является прямоточным.

Основными элементами котла КВ-ГМ-35-150 являются топочный, конвективный блоки котла и газомазутная горелка.

Топочная камера имеет горизонтальную компоновку, экранирована трубами $\varnothing 60 \times 3,0$ мм, входящими в коллекторы $\varnothing 219 \times 10,0$ мм.

Конфигурация камеры в поперечном разрезе напоминает профиль железнодорожного габарита. На рисунке 3.3 представлен общий вид котла КВ-ГМ-35-150.

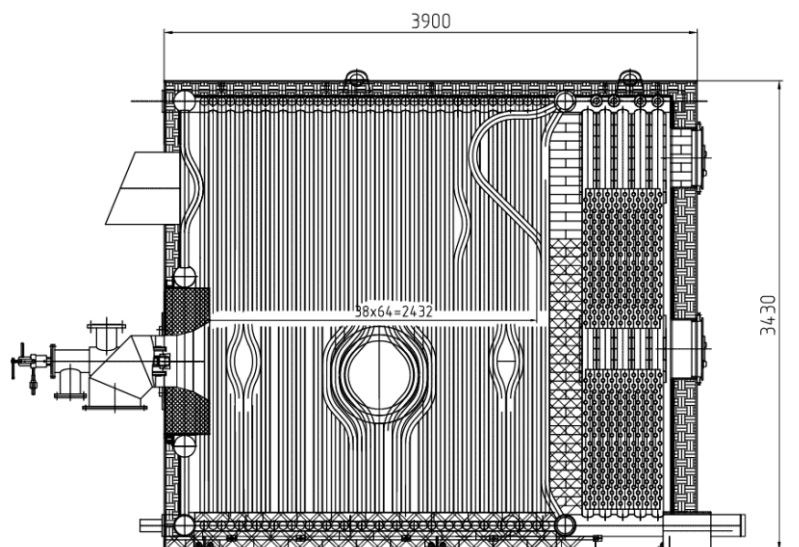


Рисунок 3.3 – Общий вид котла КВ-ГМ-35-150

Конвективная поверхность нагрева, расположенная в вертикальном, полностью экранированном газоходе, состоит из U-образных ширм из труб $\varnothing 28 \times 3,0$ мм. Несущий каркас у котла КВ-ГМ-35-150 отсутствует. Каждый блок (топочный и конвективный) имеет опоры, приваренные к нижним коллекторам. Опоры, расположенные на стыке конвективного блока и топочной камеры, неподвижны.

При работе на мазуте котлы КВ-ГМ-35-150 по воде должны включаться по прямоточной схеме: вода подводится в поверхности нагрева топочного блока, отводится из конвективных поверхностей нагрева.

При работе только на газомазутном топливе включение котлов КВ-ГМ-35-150 по воде выполняется по противоточной схеме: вода подводится в конвективные поверхности нагрева, отводится из поверхностей нагрева топочного блока.

Котлы КВ-ГМ-35-150 выполняются в облегчённой натрубной обмуровке.

Котёл КВ-ГМ-35-150 оборудуется одной горелкой газомазутной типа РГМГ. Горелка устанавливается на воздушном коробе котла, который крепится на фронтальном экране к вертикальным коллекторам.

Котлы КВ-ГМ-35-150 могут поставляться блоками в сборе или россыпью (в связках). Комплектность может быть изменена по согласованию с заказчиком.

В комплект поставки котла входит:

- блок топочный;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

Лист

16

- блок конвективный;
- бункер;
- коробка газовый и воздушный;
- лестницы и площадки (россыпью);
- связки с комплектующими;
- ящики с комплектующими (арматура, приборы, узлы, детали, вентилятор 19ЦС-63).

Горелка газомазутная, комплектующие для котельной ячейки не входят в обязательную поставку котла, но могут поставляться по дополнительному договору.

Технические характеристики котла КВ-ГМ-35-150 приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики котла КВ-ГМ-35-150

Номинальная теплопроизводительности	МВт	35
Рабочее давление воды в котле, не более	МПа (кгс/см ²)	1,0–2,25 (10–22,5)
Температура воды на входе в котел, не менее	°С	70
Температура воды на выходе из котла, не более	°С	150
КПД, при работе на природном газе, не менее	%	91,8
Температура уходящих газов при номинальной нагрузке	°С	150
Габаритные размеры, Д×Ш×В	мм	7975×5000×14640
Стоимость	тыс.руб.	19 000,00

В результате сравнения двух котлов можно сделать следующие выводы:

- КПД у котлоагрегата Энтропос ТТ300-40 на 2,8% выше, чем у POLYKRAFT Novotherm-35 и на 3,2% выше чем у КВ-ГМ-35-150;
- габаритные размеры и металлоемкость у представленных вариантов котла находится на одном уровне;
- в случае поломки того или иного узла POLYKRAFT Novotherm-35, будет необходимо везти его из Германии, что затратно по транспортировке, по курсу евро-рубли, а также составляет длительный период времени;
- стоимость котла Энтропос ТТ300-40 выше, что объясняется более высокой теплопроизводительностью;
- стоимость котла КВ-ГМ-35-150 ниже всех представленных экземпляров;
- в рассматриваемой котельной уже установлено два котла КВ-ГМ-35-150 (ПТВМ-30), что обеспечивает отсутствие на переобучение персонала, а также другие дополнительные затраты, связанные со вводом котла в эксплуатацию.

Учитывая, перечисленные факторы, было принято решение устанавливать в котельной котел КВ-ГМ-35-150.

4 РАСШИРЕНИЕ РАЙОННОЙ КОТЕЛЬНОЙ №1 Г. КОПЕЙСКА

Котельная разработана на основании утвержденного заказчиком технического задания на проектирование и выданными техническими условиями. В качестве потребителя выступают жилые дома близлежащего микрорайон, а также производственные и административные помещения ООО «Копейский Инструмент», АО «ПК ЭЛИНА» и др.

4.1 Расчет тепловых нагрузок потребителей

Определение тепловых нагрузок потребителей производится по укрупненным показателям. Расчетная тепловая нагрузка на отопление зданий определяется по формуле 4.1:

$$Q_0 = q_0 \cdot F \cdot (1 + K_1) \quad (4.1)$$

где q_0 – укрупненный показатель расхода теплоты на отопление 1 м² общей площади зданий, Вт [16];

F – общая площадь здания, м²;

K_1 – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий, $K_1=0,25$ [16].

Результаты расчета сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика потребителей РК №1 г. Копейска

Наименование объекта	Q, Гкал/ч	G, т/ч
Существующие потребители		
Жилые дома	18,4	175,66
ООО «Копейский инструмент»	6,1	58,23
ООО «УралКром»	7,8	74,46
База отдыха «Заря»	3,1	29,59
ЗАО «Копейская автоколонна №1531»	4,9	46,78
ООО «Челябгидравлика-М»	5,6	53,46
ООО «Технологии»	2,2	21,00
МУП «Копейские электрические сети»	3,1	29,59
МУП ПОВВ «Горводоканал г. Копейск»	5,7	54,42
Дом культуры им. С.М. Кирова	1,7	16,23
Новые потребители		
Жилые дома	8,27	78,95
ООО «Копейский инструмент»	13,4	127,92
ИТОГО:	80,27	766,3

Обратная сетевая вода сетевыми насосами подается в водогрейный котел. Нагретая в котле вода направляется в подающий трубопровод Г1 и на собственные нужды котельной. Потери воды в котельной и тепловых сетях компенсируется подачей исходной воды из водопровода. Водопроводная вода с температурой 5 °С поступает в бак (подпиточную емкость), далее поступает в подогреватель исходной воды и нагревается до 20°С. Затем вода направляется в химводоочистку. Подпиточным насосом умягченная вода направляется для подпитки тепловых сетей и тепловой схемы. [40]

Расчетный расход сетевой воды на отопление определяется по формуле (4.2):

$$G_{ОВ} = \frac{Q_{ОВ} \cdot 10^3}{4,19 \cdot (t_{пр} - t_{об})} \quad (4.2)$$

где $Q_{ОВ}$ – тепловая нагрузка на отопление, МВт;

$t_{пр}$, $t_{об}$ – температура воды в подающем и обратном трубопроводе системы отопления, °С.

$$G_{ОВ} = \frac{80,27 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 766,3 \text{ кг/с}$$

Общий сетевой расход воды на отопление определяется по формуле(4.3):

$$G_c = G_{ОВ} \quad (4.3)$$

$$G_c = 766,30 \text{ кг/с}$$

Расход воды на подпитку тепловых сетей принимают равным (4.4):

$$G_{под}^c = \left(\frac{0,015}{0,02} \right) \cdot G_c \quad (4.4)$$

$$G_{под}^c = 0,02 \cdot 766,30 = 7,09 \text{ кг/с}$$

Потери воды в тепловой схеме котельной принимаются в размере 25 – 30% от расхода подпиточной воды (4.5):

$$G_{под} = \left(\frac{0,25}{0,30} \right) \cdot G_c \quad (4.5)$$

$$G_{под} = 0,25 \cdot 766,30 = 88,69 \text{ кг/с}$$

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист 19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расход теплоты на собственные нужды определяется по формуле (4.6):

$$Q_{\text{сн}} = \left(\frac{0,01}{0,03}\right) \cdot Q_{\text{ОВ}} \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{сн}} = 0,02 \cdot 80,27 \cdot 1,163 = 1,87 \text{ МВт}$$

Общая тепловая мощность котельной без учета тепловых потерь: (4.7):

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{св}} + Q_{\text{сн}}$$

$$Q_{\text{к}} = 80,77 + 1,87 = 94,91 \text{ МВт} \quad (4.7)$$

Расход воды через котел определяется по формуле (4.8):

$$G_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{к}} \cdot 10^3}{4,19 \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{об}})} \quad (4.8)$$

$$G_{\text{к}} = \frac{94,91 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 906,1 \text{ кг/с}$$

Расход воды (через котел) на собственные нужды определяется по формуле (4.9):

$$G_{\text{сн}} = \frac{Q_{\text{сн}} \cdot 10^3}{4,19(t_k'' - t_k')} \quad (4.9)$$

$$G_{\text{сн}} = \frac{1,87 \cdot 10^3}{4,19(5 - 70)} = 17,85 \text{ кг/с}$$

Расход исходной воды определяется по формуле (4.10):

$$G_{\text{ИВ}} = \left(\frac{1,15}{1,2}\right) G_{\text{ХОВ}} \quad (4.10)$$

$$G_{\text{с}} = G_{\text{ОВ}} \quad (4.11)$$

$$G_{\text{ИВ}} = 1,2 \cdot 906,1 = 1087,3 \text{ кг/с}$$

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расход греющей воды через подогреватель исходной воды (4.12):

$$G_{\Gamma} = \frac{Q_{\text{ВН}}}{t_{\text{НП}} - t_{\text{ОБ}}} \quad (4.12)$$

$$G_{\Gamma} = \frac{906,1 \cdot (20 - 5)}{95 - 70} = 543,7 \text{ кг/с}$$

Расчетный расход воды:

– на собственные нужды (4.13):

$$G_{\text{РСН}} = G_{\Gamma} \quad (4.13)$$

$$G_{\text{РСН}} = 543,7 \text{ кг/с}$$

– через котел в расчетном режиме (4.14):

$$G_{\text{ПК}} = \frac{Q_{\text{В}}}{4,19 \cdot (t_{\text{НП}} - t_{\text{ОБ}})} + G_{\text{РСН}} \quad (4.14)$$

$$G_{\text{ПК}} = \frac{80,27 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (95 - 70)} + 543,7 = 1310,0 \text{ кг/с}$$

При расхождении предварительно принятых в расчете величин с полученными в результате расчета более чем на 3 % расчет следует повторить, подставив в качестве исходных данных полученные значения. Определяется относительная погрешность расчета тепловой схемы водогрейной котельной (4.15):

$$\Delta = \frac{G_{\text{ПК}} - G_{\text{К}}}{G_{\text{ПК}}} \cdot 100 \% \quad (4.15)$$

$$\Delta = \frac{1310,0 - 1087,3}{1310,0} \times 100\% = 1,7\% < 2\%$$

Значит расчет тепловой схемы сделан верно.

Расчет температурного графика

Значения температур сетевой воды в зависимости от температур наружного воздуха определяются методом регулирования тепловых нагрузок и температурным графиком теплосети. В данном случае имеем качественное регулирование по

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ				

совмещенной нагрузке ГВС и отопления в закрытых системах теплоснабжения при температурном графике теплосети 115/70 °С.

Перепад температур воды внутри тепловой сети (4.16):

$$\delta\tau_0 = \tau_{01}' - \tau_{02}' \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.16)$$

где τ_{01}' – температура воды в подающем трубопроводе, $\tau_{01}' = 115 \text{ } ^\circ\text{C}$;

τ_{02}' – температура воды в обратном трубопроводе, $\tau_{02}' = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$\delta\tau_0 = 115 - 70 = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурный напор нагревательного прибора местной системы (4.17):

$$\Delta t_0' = \frac{\tau_{03}' + \tau_{02}'}{2} - t_A, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.17)$$

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

$$\Delta t_0' = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Перепад температур воды в местной системе (4.18):

$$\theta_0' = \tau_{03}' - \tau_{02}', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.18)$$

$$\theta_0' = 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Относительна величина тепловой нагрузки отопления (4.19):

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q_0'} = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}}, \text{ МВт} \quad (4.19)$$

Температура сетевой воды перед отопительной установкой (4.20):

$$\tau_{01} = t_g + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} + \bar{Q}_0 \cdot (\delta\tau_0' - 0,5 \cdot \theta_0'), \text{ МВт} \quad (4.20)$$

Температура сетевой воды после отопительной установки (4.21):

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

$$\tau_{02} = t + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{-0,8} - 0,5 \cdot \bar{Q}_0 \cdot \theta_0', \text{ МВт} \quad (4.21)$$

Независимо от метода регулирования тепловых нагрузок необходимо учитывать, что при любых температурах наружного воздуха температура сетевой воды в подающем трубопроводе не может опускаться ниже 65 °С. Поэтому при определенной температуре наружного воздуха ($t_{\text{ни}}$) происходит смена метода регулирования с качественного на количественное или наоборот.

Результаты расчета температур сетевой воды отображены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Температуры сетевой воды

Показатель	Температура наружного воздуха, °С									
	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-34
t_n	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-34
\bar{Q}_0	0,24	0,36	0,4	0,51	0,61	0,71	0,81	0,91	0,96	1
τ_{01}	65	65	63,02	73,04	81,9	90,6	99,1	107,5	112,4	115
τ_{02}	40	40	45,02	50,09	54,5	58,6	62,7	66,5	68,2	70

Температуры сетевой воды τ_1 и τ_2 должны быть рассчитаны с учётом нагрузки отопления и ГВС.

Для расчета режима, при котором поверхность теплообмена подогревателей будет максимальна, то есть при $t_n = t_{\text{ни}} = +2,06$ °С, находим величину δ_2'' (4.22):

$$\delta_2'' = \frac{\tau_{02}'' - \Delta t_{\text{нед}} - t_x}{t_2 - t_x} \cdot \delta, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.22)$$

где $\Delta t_{\text{нед}}$ – величина недогрева водопроводной воды в подогревателе первой ступени Π_1 , $\Delta t_{\text{нед}} = 7,94$ °С.

$$\delta_2'' = \frac{43,39 - 7,94 - 5}{55 - 5} \cdot 7,9 = 4,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

А также находим величину δ_1'' (4.23):

$$\delta_1'' = \delta - \delta_2'', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.23)$$

$$\delta_1'' = 7,9 - 4,8 = 3,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для любой наружной температуры t_n находят δ_2 и δ_1 .
Результаты занесем в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Температуры сетевой воды с учетом нагрузки отопления и ГВС

Показатель	Температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$									
	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-34
$t_n, ^\circ\text{C}$	+8	+2,06	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-34
$\delta_1, ^\circ\text{C}$	4,52	4,52	4,16	2,99	1,98	1,00	0,08	-0,83	-1,63	-1,72
$\delta_2, ^\circ\text{C}$	7,05	7,05	7,41	8,58	9,59	10,57	11,49	12,40	13,20	18,41
$\tau_1, ^\circ\text{C}$	62,9	62,9	65,77	74,99	83,17	91,27	99,09	106,88	113,89	119,8
$\tau_2, ^\circ\text{C}$	38,6	38,6	39,91	44,19	47,86	51,42	54,78	58,08	60,99	61,57

На основании полученных данных строим температурный график тепловой сети (рисунок 4.1).

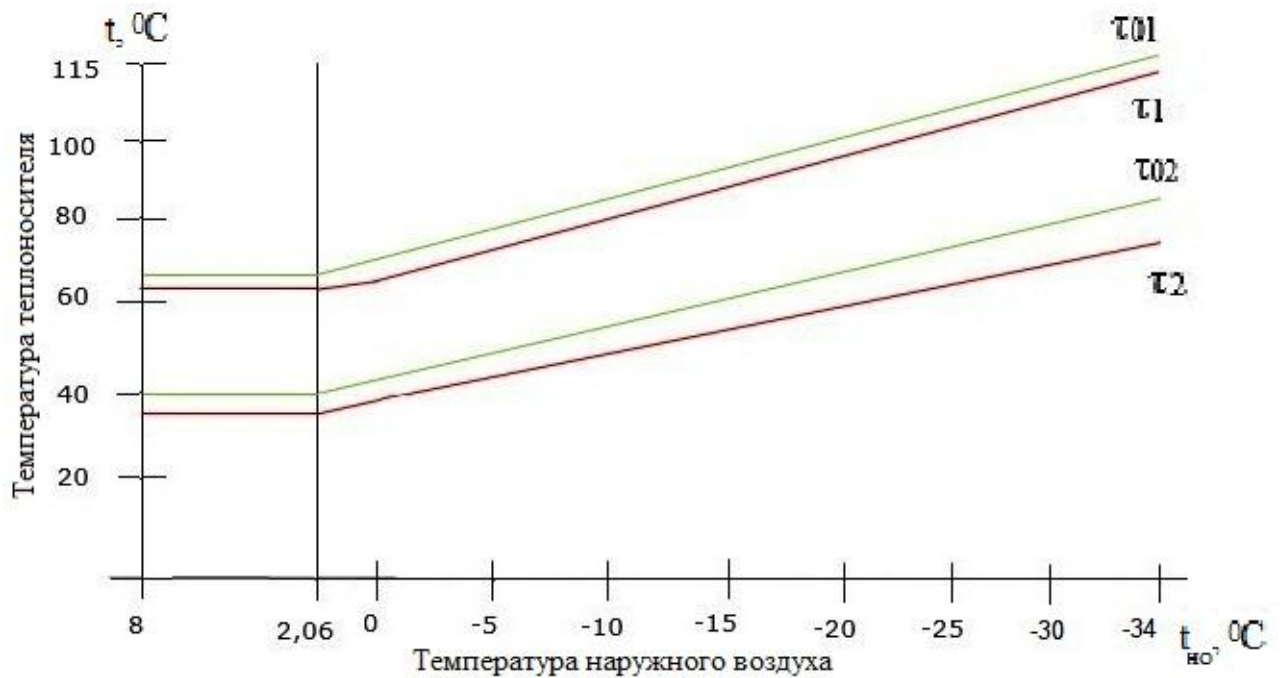


Рисунок 4.1 – График сетевой воды

Характеристика продуктов сгорания представлена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Обозначение величины	Единицы измерения	Топка	Конвективный пучок
1	2	3	4
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, α''	–	1,05	1,05
Коэффициент избытка воздуха средний, α_{cp}	–	1,05	1,05
$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0$	м ³ /м ³	8,12	8,12
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0$	м ³ /м ³	2,168	2,168
$V_2 = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O}$	м ³ /м ³	11,47	11,47
$r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_2$	–	0,09	0,09
$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_2$	–	0,19	0,19
$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	–	0,28	0,28

В таблице 4.5 представлен расчет энтальпий продуктов сгорания.

Таблица 4.5 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, ^\circ C$	$I_g^0, \text{кДж} / \text{м}^3$	$I_2^0, \text{кДж} / \text{м}^3$	$I = I_2^0 + (\alpha'' - 1) \cdot I_g^0, \text{кДж} / \text{м}^3$			
			$\alpha_m'' = 1,05$		$\alpha_{ei}'' = 1,05$	
			I	ΔI	I	ΔI
1	2	3	4	5	6	7
30	379,47	–	–	–	–	–
100	1284,36	1506,592	1570,81	–	1570,81	–
200	2588,18	3037,286	3166,695	1595,885	3166,695	1595,885
300	3921,19	4611,044	4807,104	1640,409	4807,104	1640,409
400	5273,66	6228,068	6491,751	1684,648	6491,751	1684,648
500	6655,32	7882,852	8215,618	1723,867	8215,618	1723,867
600	8075,9	9573,75	9977,545	1761,927	9977,545	1761,927
700	9525,67	11308,86	11785,15	1807,603	11785,15	1807,603
800	10994,9	13104,13	13653,88	1868,728	13653,88	1868,728
900	12464,13	14928,83	15552,03	1898,158	15552,03	1898,158
1000	13972,28	16791,65	17490,26	1938,232	17490,26	1938,232
1100	15519,35	18658,63	19434,59	1944,33	19434,59	1944,33
1200	17066,42	20531,86	21385,18	1950,584	21385,18	1950,584
1300	18788,63	21422,05	22361,48	976,3025	22361,48	976,3025
1400	20199,48	24426,4	25436,38	3074,899	25436,38	3074,899

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7
1500	21785,47	26377,31	27466,58	2030,202	27466,58	2030,202
1600	23381,19	28360,14	29529,2	2062,624	29529,2	2062,624
1700	24967,18	30356,93	31605,29	2076,087	31605,29	2076,087
1800	26553,17	32372,37	33700,02	2094,734	33700,02	2094,734
1900	28187,81	34408,7	35818,09	2118,064	35818,09	2118,064
2000	29812,72	36435,92	37926,55	2108,466	37926,55	2108,466
2100	31515,47	38487,35	40063,13	2136,572	40063,13	2136,572
2200	33072,27	40545,36	42198,97	2135,844	42198,97	2135,844

В таблице 4.6 приведен тепловой баланс котла и расчет расхода топлива.

Таблица 4.6 – Расчет теплового баланса котла и расхода топлива

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Располагаемая теплота топлива	Q_p^p	$Q_H^p + Q_{В.ВН} + i_{ТЛ}$	кДж/кг	$33520 + 0 + 0 = 33520$
Температура уходящих газов	ϑ_{yx}	по паспорту котла	°С	119
Энтальпия уходящих газов	I_{yx}	по таблице 4.5	кДж/м ³	1874,03
Температура холодного воздуха	$t_{xв}$	принимаем	°С	30
Энтальпия холодного воздуха	$I_{xв}$	по таблице 4.5	кДж/м ³	379,47
Потери тепла с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{xв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}$	%	$\frac{(1874,03 - 1,05 \cdot 379,47) \cdot 100}{33520} = 4,3$
Потери тепла от химического недожога	q_3	по таблице 4-5 [30]	%	0
Потери тепла от механического недожога	q_4	по таблице 4-5 [30]	%	0

Продолжение таблицы 4.6

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

Поверочный расчет топки

При поверочном расчете топки по её тепловым и конструктивным характеристикам определяют температуру газов на выходе из топки ϑ_m'' . Результаты расчета сведем в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Поверочный расчет топки

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Объем топочной камеры	V_m	по конструктивным характеристикам котла	м ³	7,8
Полная поверхность стен топочной камеры	F_{cm}	$\pi \cdot d \cdot l$	м ²	26
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	H_l	по конструктивным характеристикам котла	м ²	25,2
Коэффициент загрязнения	ξ	по таблице 5-2 [30]	—	0,65
Коэффициент тепловой эффективности экранов	ψ	$\xi \cdot \frac{H_l}{F_{cm}}$	—	$0,65 \cdot \frac{25,2}{26,0} = 0,63$
Эффективная толщина излучающего слоя	S	$3,6 \cdot \frac{V_m}{F_{cm}}$	м	$3,6 \cdot \frac{7,8}{26} = 1,08$
Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	по таблице 4.5	—	0,19
Объемная доля трехатомных газов	r_{RO_2}	по таблице 4.5	—	0,09
Суммарная поглощательная способность газов	$P_n \cdot S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 = 0,029$
t газов на выходе из топки	g_m''	принимаем	°С	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m''	по таблице 4.6	кДж/м ³	17490,26
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_2	по номограмме 5-5 [30]	—	12,5

Продолжение таблицы 4.7

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

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

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,332}{0,332 + (1 - 0,332) \cdot 0,63} = 0,406$
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	по таблице 4.5	—	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	Q_ϕ	$I_{x\phi} \cdot \alpha_m$	кДж/м ³	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_\phi$	кДж/м ³	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	ϑ_a	по таблице 4.6	°С	1955
Средняя теплоемкость газов	Vc_{cp}	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_a - \vartheta_m''}$	кДж/м ³ · К	$\frac{33750,8 - 17490,26}{1955 - 1000} = 20,28$
Относительное положение максимума температур	χ_m		—	0,5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	M	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_m$	—	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m	$\frac{\vartheta_a}{M \left(\frac{5,67 \psi_{cp} F_{CT} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \phi B_p Vc_{cp}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°С	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.6	кДж/м ³	16742,1
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m''	принимается	°С	961,4
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m''	по таблице 4.6	кДж/м ³	16742,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_2	по номограмме 5-5 [30]	—	10,5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	$k_{нсв}$	$k_2 \cdot r_n$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$10,5 \cdot 0,28 = 2,98$

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Сила поглощения потока	k_{PS}	$k_{нсв} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$2,98 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,32$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	$a_{нсв}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,19
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	—	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 + 0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,1 + 0,42 \cdot 0,4) = 2,98$
Коэффициент ослабления лучей сажи-стыми частицами	$k_{саж}$	$0,3(2 - \alpha_m) \left(1,6 \frac{T_m''}{1000} - 0,5 \right) \times \frac{C^p}{H^p}$	—	1,31
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_2 \cdot r_n + k_{саж}$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$10,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,25$
Сила поглощения потока	k_{PS}	$k_{св} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$4,25 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,45$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	$a_{св}$	по номограмме 5-4 [30]	—	0,33
Видимое теплонепряжение топочного объема	q_v	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	кВт/м ³	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	m	метод интерполяции	—	0,6
Эффективная степень черноты факела	a_ϕ	$m \cdot a_{св} + (1 - m) \cdot a_{нсв}$	—	$0,6 \cdot 0,33 + (1 - 0,6) \cdot 0,19 = 0,274$
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,274}{0,274 + (1 - 0,274) \cdot 0,63} = 0,37$

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	по таблице 4.5	–	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	$Q_{\text{в}}$	$I_{\text{хв}} \cdot \alpha_m$	кДж/м ³	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_{\text{в}}$	кДж/м ³	$33520 + 398,44 = 33750,84$
Теоретическая температура горения	ϑ_a	по таблице 4.6	°С	1955
Средняя теплоемкость газов	$V_{\text{ср}}$	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_a - \vartheta_m''}$	кДж/м ³ · К	$\frac{34750,84 - 16742,1}{1955 - 961,4} = 18,12$
Относительное положение максимума температур	χ_m		–	0,5
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	M	$0,54 - 0,2 \cdot \chi_m$	–	$0,54 - 0,2 \cdot 0,5 = 0,44$
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m	$\frac{\vartheta_a}{M \left(\frac{5,67 \psi_{\text{ср}} F_{\text{СТ}} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \phi B_p V_{\text{ср}}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°С	968
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.6	кДж/м ³	16870,02
Тепло, переданное излучением в топке	Q_l	$\phi \cdot (Q_m - I_m'')$	кДж/м ³	$0,988(33750,84 - 16870,02) = 16678,3$
Тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	q_l	$B_p \cdot \frac{Q_l}{H_l}$	кВт/м ³	72,8

Поверочный расчет конвективного пучка

Продукты сгорания передают теплоту наружной поверхности труб путем конвективного теплообмена и лучеиспускания. От наружной поверхности труб к внутренней теплота передается через стенку теплопроводностью, а от наружной поверхности к воде и пару – конвекцией.

При расчете конвективных поверхностей нагрева используется уравнение теплопередачи и уравнение теплового баланса. Расчет конвективных поверхностей осуществляется по законам конвективного теплообмена. Поверочный расчет конвективного пучка водогрейного котла КВ-ГМ-35-150 приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Поверочный расчет конвективного пучка

Наименование	Величина		Ед. изм.	Расчет
	Обозн.	Расчетная формула		
1	2	3	4	5
Расположение труб	–	по конструктивным характеристикам котла	–	продольное
Число дымогарных труб	n	по конструктивным характеристикам котла	шт.	34
Внутренний диаметр трубы	d	по конструктивным характеристикам котла	м	0,054
Расчетная поверхность нагрева	H_p	$n \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot l$	м ²	$34 \cdot 3,14 \cdot 0,054 \cdot 2 = 11,53$
Живое сечение для прохода газов	$F_{\text{ж}}$	по конструктивным характеристикам котла	м ²	0,254
Эффективная толщина излучающего слоя	S_0	по конструктивным характеристикам котла	м	1,08
Температура газов перед конвективным пучком	ϑ_m	из расчета топки	°С	968
Энтальпия газов перед конвективным пучком	I_m	из расчета топки	кДж/м ³	16870,02
Температура газов за конвективным пучком	$\vartheta_{\text{кн}}$	по характеристикам котла	°С	119
Энтальпия газов за конвективным пучком	$I_{\text{кн}}$	по таблице 4.6	кДж/м ³	1874,03
Тепловосприятие конвективного пучка по балансу	Q_0	$\varphi \cdot (I_m - I_{\text{кн}})$	кДж/м ³	$0,988 \cdot \begin{pmatrix} 16870,02 \\ -1874,03 \end{pmatrix} = 14816,04$
Средняя температура газов	$\vartheta_{\text{ср}}$	$0,5 \cdot (\vartheta^I + \vartheta^{II})$	°С	$0,5 \cdot (968 + 119) = 543,5$
Объем газов	V_2	по таблице 4.6	м ³ /м ³	11,47
Средняя температура воды	$t_{\text{ср}}$	$\frac{t'_g + t''_g}{2}$	°С	$\frac{115 + 70}{2} = 82,5$
Температурный напор на входе в пучок	t_B	$\vartheta_m - t_{\text{ср}}$	°С	$968 - 82,5 = 885,5$
Температурный напор на выходе из пучка	t_M	$\vartheta_{\text{кн}} - t_{\text{ср}}$	°С	$119 - 82,5 = 36,5$

Продолжение таблицы 4.8

1	2	3	4	5
Средний температурный напор	Δt	$\frac{t_B + t_M}{\ln \frac{t_B}{t_M}}$	°C	$\frac{885,5 + 36,5}{\ln \frac{885,5}{36,5}} = 289,13$
Средняя температура газов	ϑ_{cp}	$\Delta t + t_{cp}$	°C	$289,13 + 82,5 = 371,63$
Секундный расход газов	$V_{сек}$	$B_p \cdot V_2 \cdot \frac{\vartheta_{cp} + 273}{273}$	м ³ /с	$0,11 \cdot 11,47 \cdot \frac{371,63 + 273}{273} = 2,98$
Средняя скорость газов в конвективном газоходе	W	$\frac{V_{сек}}{F_2}$	м ³ /с	38,4
Объемная доля трехатомных газов	r	по таблице 4.5	–	0,28
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов	$P_n S$	$P \cdot r_n \cdot S$	м·МПа	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 = 0,03$
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_2	по номограмме 5-5 [30]	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	11
Сила поглощения потока	$k_2 P S$	$k_2 P_n S$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	$11 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 1,16$
Степень черноты продуктов сгорания топлива	a	по номограмме 5-4 [30]	–	0,21
Коэффициент теплоотдачи излучением	α_l	по номограмме 6-12 [30]	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	4,1
Коэффициент тепловой эффект.	ψ	по таблице 6-2 [30]	–	0,85
Коэффициент теплопередачи	k	$\psi \cdot (\alpha_k + \alpha_l)$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	3,66
Тепловосприятие конвективного пучка по уравнению теплообмена	Q_k	$\frac{k \cdot H_p \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3}$	кДж/м ³	$\frac{3,66 \cdot 11,53 \cdot 289,13}{0,11 \cdot 10^3} = 14110,9$
Расхождение расчетных тепловосприятия	ΔQ	$\frac{Q_m - Q_{\delta}}{Q_m} \cdot 100\%$	%	$\frac{14816,2 - 14110,9}{14816,2} \cdot 100\% = 2,7$

Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

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

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

4.4 Выбор вспомогательного оборудования

Таким образом, на основании расчетов тепловой схемы котельной предусматривается установка одного водогрейного котла КВ-ГМ-35-150.

Данный котел оборудуется горелкой ГМПВ-40. Характеристика горелки ГМПВ-40:

- мощность: 40 МВт;
- коэффициент регулирования: 5;
- сопротивление воздушного тракта: 1000–2500 Па;
- давление газа перед горелкой: 35 кПа;
- расход газа: 4045 нм³/час;
- масса: не более 700 кг.

Вентилятор дутьевой центробежный котельный ВДН-15Х-1000 одностороннего всасывания, из листовой углеродистой стали производства ОАО «Бийский котельный завод», предназначен для подачи воздуха в топку паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности. Характеристика горелки ВДН-15Х-1000:

- диаметр рабочего колеса: 1,5 м;
- частота вращения рабочего колеса: 1000 об./мин.;
- установленная мощность двигателя: 75 кВт;
- потребляемая мощность: 65 кВт;
- масса: 2850 кг.

Дымосос центробежный котельный ДН-17Х-750 одностороннего всасывания из листовой углеродистой стали производства ОАО «Бийский котельный завод» предназначен для отвода дымовых газов из топок паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности. Характеристика горелки ДН-17Х-750:

- диаметр рабочего колеса: 1,7 м;
- частота вращения рабочего колеса: 750 об./мин.;
- установленная мощность двигателя: 55 кВт;
- потребляемая мощность: 34 кВт;
- масса: 3142 кг.

В качестве газовой арматуры выбираем задвижку 30с41нж – клиновую задвижку с ручным управлением и фланцевым присоединением к трубопроводам диаметров 100 мм.

В качестве автоматического устройства применяем клапан марки КЗГЭМ-100, предназначенный для применения его в виде запорной арматуры в трубопроводных линиях и газогорелочных механизмов для перекрытия подачи газа в аварийных ситуациях и обеспечивает безопасную работу.

Существующие в котельной сетевые насосы К 50-32-125 в количестве 4 шт. обеспечивают необходимый напор к потребителям и не требуют установки дополнительных насосов.

Но требуется установка дополнительного насоса исходной воды. Исходя из расходы исходной воды выбираем насос ЦНСп-2,5-80. Характеристика горелки ЦНСп-2,5-80:

- номинальная подача: 2,5 м³/ч;
- напор: 80 м;
- электродвигатель: АИР 80В2 2,2 кВт, 3000 об./мин.;
- диаметр парубков: 25/25 мм;
- масса: 41 кг.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Тепловая энергия – необходимое условие жизнедеятельности человека, совершенствования общества, в котором он живет, и создания благоприятных факторов его быта. Оптимизация систем производства и распределения тепловой энергии, корректировка энергетических и водных балансов, энергосбережение и энергоаудит позволяют улучшить перспективы развития теплоэнергетики, повысить технико – экономические показатели теплоэнергетического оборудования. Пути и перспективы развития теплоэнергетики определены энергетической программой Российской Федерации.

Эффективность, безопасность, надежность и экономичность работы теплоэнергетического оборудования котельных во многом определяются методом сжигания топлива, совершенством и правильностью выбора оборудования и и приборов, своевременностью и качеством проведения пуско-наладочных работ, квалификацией и степенью подготовки обслуживающего персонала. Повышение надежности и экономичности систем теплоснабжения зависит от работы котельных агрегатов, рационально спроектированной тепловой схемы котельной, широкого внедрения энергосберегающих технологий, экономии топлива, тепловой и электрической энергии. Перевод предприятий на хозяйственный расчет и самофинансирование, повышение цен на топливо, воду требуют пересмотра подходов к проектированию и эксплуатации теплоэнергетического оборудования котельных.

Для экономии тепловой и электрической энергии в котельных установках могут быть использованы комбинированные пароводогрейные агрегаты и различные схемы циркуляции теплоносителя. В пароводогрейных теплогенераторах получают два теплоносителя пар и воду с разными параметрами (давлением и температурой).

Энергосбережение и повышение энергоэффективности экономики сегодня одна из самых животрепещущих проблем. Активное потребление природного топлива (такого как нефть, газ, уголь) крайне отрицательно отражается на экологическом балансе земли. Именно в этом причина изменений климата и повышенной концентрации парниковых газов в атмосфере.

Мероприятия по энергосбережению могут быть разными. Один из самых действенных способов увеличения эффективности использования энергии – применение современных технологий энергосбережения.

Энергосбережение особенно актуально для разного рода механизмов, часто работающих с пониженной нагрузкой: насосов, вентиляторов, конвейеров и т.д. Такие технологии энергосбережения, как использование электроприводов и средств автоматизации, могут быть внедрены в котельной. Энергосбережение предприятий также может быть обеспечено благодаря принятию этих мероприятий [1].

Мероприятия по энергосбережению позволяют решить целый комплекс задач:

- сэкономить большое количество энергоресурсов;
- решить актуальные проблемы котельных;

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ				

– увеличить эффективность котельного оборудования и снизить нагрузку на окружающую среду.

Традиционные централизованные системы теплоснабжения на сегодняшний день в городах и регионах нашей страны имеют достаточно высокую степень износа. В большинстве случаев срок эксплуатации оборудования превысил 30 летний порог. Дальнейшее развитие этих систем отстает от роста потребления тепла и требует значительных капитальных долгосрочных вложений (срок окупаемости составляет более 10 лет). Их еще нельзя назвать экономически выгодными. Центральные котельные, обеспечивающие теплом города и поселки, также имеют достаточно солидный возраст. Кроме того, они, как правило, располагаются на значительном расстоянии от центральных тепловых пунктов жилых микрорайонов и кварталов. Нередко протяженность теплотрасс от таких котельных исчисляется километрами. Зачастую мощные котельные строились, на каких-либо предприятиях с целью обеспечения теплом, как самого предприятия, так и городских кварталов. В настоящее время на многих предприятиях такого рода процессы производства значительно сокращены, и котельные загружены на 20–30% своей мощности, а природный газ сжигают при этом на все 100%. Да и оборудование на таких котельных устарело уже и морально и физически, обладает очень низким КПД. Низкий уровень автоматизации старых котельных требует постоянного присутствия сменного персонала. Из-за большой инерционности централизованная система отопления не может чутко реагировать на изменения наружной температуры. Все вышеперечисленное требует больших финансовых расходов, которые ложатся на жителей и на городской бюджет.

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

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

Необходимо установить преобразователи частоты Allen-Bradley PowerFlex 4M на насосное оборудование.

Характеристики частотных преобразователей Allen-Bradley PowerFlex 4M приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристики Allen-Bradley PowerFlex 4M

Наименование параметра	Значение
1	2
Управление двигателем	вольт-частотное
Номинальные данные	при 200–240В: 0,2 - 7,5 кВт; 1,6 - 33 А
Выходная частота	0 – 400 Гц

Продолжение таблицы 5.1

1	2
Обмен данными	встроенный Modbus RTU (RS 485)
Рабочие температуры	IP20: от –10 до +50°С

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

Применение преобразователя частоты имеет ряд преимуществ:

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

Также необходимо установить теплоизоляцию трубопроводов горячей воды с помощью технической теплоизоляции Energoflex Super в зависимости от диаметра. Устанавливается на трубопроводы при помощи капроновых стяжек с негорючим покрытием.

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

Преимущества теплоизоляции Energoflex Super: невысокая плотность (не более 30 кг/м³); легкий в монтаже и эксплуатации; не пропускает пар; не впитывает воду; не взаимодействует с промышленными газами; не требует внешней защиты.

6 АВТОМАТИЗАЦИЯ

В работе предложена функциональная схема системы автоматизации котла KB-ГМ-35-150. Схема вычерчена в соответствии с ГОСТ 21.404-85 и представлена в графической части проекта.

Надежная, экономичная и безопасная работа котельной с минимальным числом обслуживающего персонала может осуществляться только при наличии систем: автоматического регулирования, автоматики безопасности, теплотехнического контроля, сигнализации и управления технологическими процессами.

Задачами автоматического регулирования теплоисточника является: поддержание температуры воды, подаваемой в теплосеть, на заданном уровне, определяемым в соответствии с отопительным графиком при экономичном сжигании используемого топлива и стабилизация основных параметров работы котельной.

Температура воды, подаваемой в теплосеть в соответствии с отопительным графиком, поддерживается на заданном уровне «холодным перепуском». Заданный расход воды, независимо от количества работающих котлов, обеспечивается регулятором расхода (клапаном на линии рециркуляции), получающим импульс по перепаду давлений между коллекторами прямой и обратной сетевой воды котлов.

Для обеспечения качественной снижения коррозионной активности и накипеобразующей способности вод предусмотрены установка дозирования комплексоната, устойчивая работа которого поддерживается блоком контроля дозирования.

Поддержание на выходе котла температуры 150 °С при сжигании природного газа поддерживается температура на входе в котел по режимной карте.

В газовых горелках предусмотрено регулирование процесса горения с помощью дроссельной газовой заслонки. Заслонкой управляет серводвигатель с эксцентриком с изменяемым профилем. А также газовой рампой с блоком контроля герметичности клапанов.

Для обеспечения безопасной работы горелки, а также для предотвращения перегрева при ее отключении предусмотрен автоматический останов вентилятора горелки с выдержкой по времени. Автоматизированные котлы оборудованы автоматикой ведения технологического процесса на базе контроллеров «БУК-МП-11».

Функциональные возможности БУК-МП-11:

- большой жидкокристаллический дисплей с подсветкой 64×128 точек;
- интерфейс пользователя на русском языке;
- 33 дискретных входа (10 мА, 30 В);
- 2 частотных входа в диапазоне от 0 до 1000 Гц (подсчет расхода топлива, воды);
- 19 аналоговых входов;
- 6 каналов для термосопротивлений с НСХ 50М,100М,50П,100П, Pt100
- 2 входа для измерения сопротивления;
- 2 входа для фоторезистора (ФР1-3 150 кОм) – контроль наличия пламени;
- 2 аналоговых выхода (ток 4-20 мА);
- 23 дискретных выхода;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

Лист

42

- часы реального времени;
- недельный календарь температур теплоносителя;
- интерфейс RS-485 (Modbus RTU);
- журнал аварий, с временем и причинами возникновения последних неисправностей;
- построение графиков измеряемых величин (по выбору) в реальном масштабе времени.

Блок совместно с поставляемыми нами датчиками позволяет реализовать компактный и удобный в работе вариант котельной и общепромышленной автоматики. В качестве датчиков использованы датчики: АДН-10.2; АДР-0.25.3; ТСМ 50М; ДМ2010.Сг; КДТ-500.2; КДТ-200.2; ТС2; биметаллические термометры, манометры показывающие. Приборы контроля пламени: ПАРУС-003Ц-УФЦ, ДПЗ-01/220.

Для контроля за составом воздуха в помещении котельной устанавливается сигнализатор токсичных и горючих газов типа СТГ-1. В качестве вторичных приборов использованы: ТРМ151; САУ-М6; ВРСГ-1; контроллеры РС-165D и РС-365D – устанавливаются на местном щите КИПиА.

Комплектом средств управления обеспечивается безопасность работы котла путем прекращения подачи топлива при:

- повышении температуры в подающем трубопроводе Т1 выше 115°C;
- понижении температуры в обратном трубопроводе Т2 ниже 55°C;
- повышении температуры отходящих газов выше 180 °С
- повышения или понижения давления газа;
- понижения давления воздуха на горелку;
- понижения разрежения в газоходе за котлом;
- погасания пламени горелки;
- превышения содержания оксида углерода до 10 мг/м³ в рабочей зоне;
- превышения содержания метана до 10 НКПР;
- повышении температуры в помещении котельной свыше 100 °С;
- отсутствия напряжения в цепях защиты.

При отсечке газа по любому из перечисленных параметров срабатывает звуковая и световая сигнализация с определением первопричины аварии. Операции по пуску и останову котла происходят автоматически «от кнопки». Аварийный сигнал остановки котла вынесен на щит КИП. Схемой автоматики предусмотрен контроль следующих параметров. Параметры теплоносителя:

- температура исходной воды для подпитки системы теплоснабжения;
- температура в подающем трубопроводе Т1;
- температура в обратном трубопроводе Т2;
- давление исходной воды для подпитки системы теплоснабжения;
- давление в подающем трубопроводе Т1;
- давление в обратном трубопроводе Т2;
- узел учета тепла;
- узел учета расхода холодной воды котельной;
- узел учета расхода горячей воды на больничный комплекс;

– узел учета расхода горячей воды на поселок.

Параметры системы газоснабжения

- коммерческий узел учета расхода газа;
- давление газа на входе в котельную;
- давление газа перед котлом;
- разрежение в газоходе за котлом;
- температура воздуха в помещении;
- содержание в воздухе рабочей зоны оксида углерода и метана;
- контроль наличия пламени горелки;
- контроль температуры отходящих газов.

Проектом предусматривается подключение электродвигателей оборудования и щитов КИП от распределительных щитов котельной кабелями.

Прокладка питающих кабелей осуществляется в металлических водогазопроводных трубах по ГОСТ 3262-75 в конструкции пола, или по ограждающим конструкциям здания и оборудования. Подвод кабелей к исполнительным механизмам, датчикам выполнить в металлическом рукаве РЗ-Ц-Х. Для питания приборов кип в сборном щите устанавливаются вводные автоматические выключатели ВА-47-29 ЗР С10, ВА-47-29 1Р С2. Для коммутации цепей электродвигателей устанавливаются магнитные пускатели ПМЕ 112 с тепловым реле РТЛ-4а. Кабели, прокладываемые в водогазопроводных трубах, проложено в полу на отметке – 0,100 с последующим бетонированием пола. Заземление электрических сетей осуществляется к существующему заземляющему контуру.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						44
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

7 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

В настоящее время с увеличением мощностей промышленных объектов, концентрацией жилых и общественных зданий вопросы охраны окружающей среды приобретают исключительное значение. При работе котельной оказывается негативное воздействие на атмосферу, почву и возможно загрязнение грунтовых вод.

Рабочая масса органического топлива состоит из углерода C^p , водорода H^p , кислорода O^p , азота N^p , серы S^p , влаги W^p и золы A^p .

В процессе полного сгорания топлива в дымовых газах образуются углекислый газ CO_2 , водяные пары H_2O , азот N , окислы серы SO_2 (сернистый ангидрид), SO_3 (серный ангидрид) и зола. Из них к числу токсичных относятся окислы серы SO_2 и SO_3 . При высоких температурах в ядре факела топков котлов большой мощности происходит частичное окисление азота, содержащегося в воздухе и топливе. Образуются окислы азота NO (окись азота) и NO_2 (двуокись азота).

При неполном сгорании топлива в топках могут образовываться окись углерода CO , углеводороды CH_4 , C_2H_4 и другие, а также канцерогенные вещества. Продукты неполного сгорания топлива являются вредными компонентами. Но при современной технике сжигания топлива образование этих компонентов можно исключить или свести к минимуму.

Все продукты неполного сгорания, поступающие в атмосферу, являются вредными (CO , CH_4 ,).

Окислы азота вредно воздействуют на органы дыхания живых организмов и вызывают ряд серьезных заболеваний, а также разрушающе действуют на оборудование и материалы, способствуют ухудшению видимости.

Условием окисления азота воздуха является диссоциация молекулы кислорода воздуха под воздействием высоких температур в топке. В результате реакции в топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокиси азота NO_2 за счет доокисления NO требует значительного времени и происходит при низких температурах на открытом воздухе.

В воде NO практически не растворяется. Очистка продуктов сгорания от NO и других окислов азота технически сложна и в большинстве случаев экономически нерентабельна. Вследствие этого, усилия направлены в основном на снижение образования окислов азота в топках котлов.

Радикальным способом снижения образования окислов азота является организация двухстадийного сжигания топлива, т.е. применение двухступенчатых горелочных устройств.

Поэтому в первичную зону горения подается 50 – 70 % необходимого для горения воздуха, остальная часть воздуха поступает во вторую зону, т.е. происходит дожигание продуктов неполного сгорания.

Снижение температуры подогрева воздуха и уменьшение избытка воздуха в топке тоже уменьшает образование окислов азота, как за счет снижения температурного уровня в топке, так и за счет уменьшения концентрации свободного кислорода.

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ				

Защита воздушного бассейна от загрязнений регламентируется предельно допустимыми концентрациями вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов. Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в воздухе является критерием санитарной оценки среды.

Под предельно допустимой концентрацией следует понимать такую концентрацию различных веществ и химических соединений, которая при ежедневном воздействии на организм человека не вызывает каких – либо патологических изменений или заболеваний. ПДК атмосферных загрязнений устанавливается в двух показателях: максимально – разовой и среднесуточной. Для двуокиси азота (NO_2) – основного загрязняющего вещества при работе котельной на природном газе, предельно допустимая максимально – разовая концентрация равна $0,085 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная – $0,04 \text{ мг/м}^3$.

При одновременном совместном присутствии в выбросах веществ однопольного вредного действия их безразмерная суммарная концентрация не должна превышать единицы (7.1).

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (7.1)$$

где C_1, C_2, C_3, C_n – фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 .

Главным фактором, влияющим на рассеивание токсичных веществ, является ветер. Основным мероприятием по снижению концентраций загрязняющих веществ в атмосфере является выброс дымовых газов на максимально возможную высоту. Для этого проектом предусмотрен расчет минимальной высоты дымовой трубы которая обеспечит требуемые параметры концентрации загрязняющих веществ в приземном слое. Котлы работают на покрытие тепловых нагрузок в течение года. В котельной предусмотрено установки одной дымовой трубы. Установленная теплопроизводительность котельной – $9,6 \text{ Гкал/ч}$. Основным топливом является природный газ, $Q_p^H = 38,47 \text{ МДж/кг}$ – низшая теплота сгорания; $\rho_H = 0,7492 \text{ кг/м}^3$ – плотность газа при температуре $t = 0^\circ\text{C}$ и давлении $P = 0,10132 \text{ МПа}$. При правильной эксплуатации котлов основными токсичными примесями, содержащимися в дымовых газах, являются окислы азота. Максимальный расход газа на котел составит $488 \text{ м}^3/\text{ч}$.

7.1 Расчет объемов продуктов сгорания

Состав газа: CH_4 – $84,01\%$; C_2H_6 – $4,4\%$; C_3H_8 – $1,6\%$; C_4H_{10} – $0,7\%$; C_5H_{12} – $1,8\%$; N_2 – $3,5\%$; CO_2 – $0,5\%$; H_2 – $1,49\%$; O_2 – $2,0\%$; $Q_H^P = 38,47 \text{ МДж/кг}$.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

Теоретический необходимый объем воздуха (7.2):

$$V_g^o = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot (CO + H_2) + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n - O_2 \right], \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.2)$$

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

$$V_g^o = 0,0476 \cdot \left[\begin{aligned} &0,5 \cdot (0 + 1,49) + 1,5 \cdot 0 + \left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 84,01 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) \cdot 4,4 + \\ &+ \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 1,6 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 0,7 + \left(5 + \frac{12}{4} \right) \cdot 1,8 - 2 \end{aligned} \right] = 9,95 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретические объемы продуктов сгорания топлива:

а) Объем трехатомных газов (7.3):

$$V_{RO_2}^o = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n), \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.3)$$

$$V_{RO_2}^o = 0,01 \cdot (0,5 + 0 + 0 + 84,01 + 2 \cdot 4,4 + 3 \cdot 1,6 + 4 \cdot 0,7 + 5 \cdot 1,8) = 1,09 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

б) объем двухатомных газов (7.4):

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot V_g^o + 0,01 \cdot N_2, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.4)$$

$$V_{N_2}^o = 0,79 \cdot 9,95 + 0,01 \cdot 3,5 = 7,89 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

в) объем водяных паров (7.8):

$$V_{H_2O}^o = 0,01 \cdot (H_2 + H_2S + 0,5 \cdot \sum n C_m H_n + 0,124 \cdot d) + 0,0161 \cdot V_g^o, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.8)$$

где d – влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м³ сухого газа, d = 10 г/м³.

$$V_{H_2O}^o = 0,01 \cdot \left[\begin{aligned} &1,49 + 0 + 0,5 \cdot \left(\begin{aligned} &4 \cdot 84,01 + 6 \cdot 4,4 + 8 \cdot 1,6 + \\ &+ 10 \cdot 0,7 + 12 \cdot 1,8 \end{aligned} \right) + 0,124 \cdot 10 \end{aligned} \right] + 0,0161 \cdot 9,95 = 2,21 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Теоретический объем дымовых газов (7.9):

$$V_z^o = V_{RO_2}^o + V_{N_2}^o + V_{H_2O}^o, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.9)$$

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

$$V_2^o = 1,09 + 7,89 + 2,21 = 11,19 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Полный объем продуктов сгорания за котлом при нормальных условиях при сжигании 1 м³ природного газа с м³/м³:

$$V_2 = 1,09 + 7,89 + 2,21 + 1,0161 \cdot (1,105 - 1) \cdot 9,95 = 12,25 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

7.2 Расчет выбросов окислов азота

В топочной камере образуется окись азота NO (более 95 %). Образование двуокиси азота NO₂ за счет окисления NO происходит при низких температурах. Определим потребность тепловой нагрузки при работе тремя котлами КВ-ГМ-35-150:

Выброс окислов азота рассчитывается по NO₂ (7.10):

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H^p \cdot K_{NO_2} (1 - \beta) \quad (7.10)$$

где β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов окислов азота в результате применяемых технических решений, $\beta = 0,01$;

B – расход топлива, м³/с: для одного водогрейного котла КВ-ГМ-35-150: ($B = 3490 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,97 \text{ м}^3/\text{с}$);

Q_H^p – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг, ($Q_H^p = 38,47 \text{ МДж/кг}$);

K_{NO_2} – параметр, характеризующий количество окислов азота, образующихся на МДж теплоты, кг/МДж.

Значение K_{NO_2} определяется по графикам для различных видов топлива в зависимости от номинальной нагрузки котлов, $K_{NO_2} = 0,095$. При нагрузке котла, отличающейся от номинальной, K_{NO_2} нужно умножить на $(Q_{\Phi} / O_H)^{0,25}$:

$$K_{NO_2} = 0,095 \cdot \left(\frac{3,56}{3,86} \right)^{0,25} = 0,09$$

Выброс окислов азота:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 0,97 \cdot 10^3 \cdot 38,47 \cdot 0,09 \cdot (1 - 0,01) = 0,46 \text{ г/с}$$

Приведем объем продуктов сгорания при нормальных условиях к рабочим условиям (7.11):

$$V_{np} = \frac{p_H \cdot V_2 \cdot T_2}{p_2 \cdot T_H}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.11)$$

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

$$V_{np} = \frac{760 \cdot 12,25 \cdot 423}{740 \cdot 273} = 19,49 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объемный расход выбрасываемых газов для одного котла (7.12):

$$V_1 = B \cdot V_{np}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (7.12)$$

$$V_1 = 0,97 \cdot 19,49 = 18,91 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Концентрация окислов азота (7.13):

$$C_{NO_2} = \frac{M_{NO_2}}{V_1}, \text{ г}/\text{м}^3 \quad (7.13)$$

$$C_{NO_2} = \frac{0,46}{18,91} = 0,02 \text{ г}/\text{м}^3$$

В зимний период нагрузка максимальна, поэтому работают все три котла. Для трех водогрейных котлов КВ-ГМ-35-150:

$$B = 3 \cdot 3490 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,91 \text{ м}^3/\text{с}$$

Значение K_{NO_2} определяется по графикам для различных видов топлива в зависимости от номинальной нагрузки котлов, $K_{NO_2} = 0,11$. При нагрузке котла, отличающейся от номинальной, K_{NO_2} нужно умножить на $(Q_{\Phi} / Q_H)^{0,25}$

$$K_{NO_2} = 0,11 \cdot \left(\frac{3,56}{3,86} \right)^{0,25} = 0,1$$

Выброс окислов азота:

$$M_{NO_2} = 0,001 \cdot 2,91 \cdot 10^3 \cdot 38,47 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,01) = 1,52 \text{ г}/\text{с}$$

Объемный расход выбрасываемых газов для трех котлов:

$$V_1 = 2,91 \cdot 19,49 = 56,72 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Концентрация окислов азота:

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{NO_2} = \frac{1,52}{56,72} = 0,02 \text{ г/м}^3$$

7.3 Поверочный расчет дымовой трубы

Минимальная высота трубы определяется из условия, что максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое C_m не превосходит максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

Оптимальная средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса: $\omega_{opt} = 20 \text{ м/с}$

Диаметр устья источника выброса (7.14):

$$D_{opt} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_1}{\omega_0 \cdot \pi}} \quad (7.14)$$

где V_1 – объемный расход выбрасываемых газов, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с ;

$$D_{opt} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18,91}{20 \cdot 3,14}} = 1,03 \text{ м}$$

Внутренний диаметр существующей дымовой трубы 1000 мм. Высота 30 м.

Средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса (7.15):

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_0^2} \quad (7.15)$$

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot 18,91}{3,14 \cdot 1,0^2} = 21,1 \text{ м/с}$$

Разность между температурой выбрасываемых газов и средней температурой воздуха наиболее холодного месяца (7.16):

$$\Delta T = t_{yx} - t_{январь} \quad (7.16)$$

$$\Delta T = 150 - (-15,5) = 165,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вспомогательные величины (7.17):

$$f = \frac{10^3 w_2^2 D_o}{h_1^2 \Delta T} \quad (7.17)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 10,5^2 \cdot 1,0}{30^2 \cdot 165,5} = 1,17$$

Тогда коэффициенты m (7.18):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (7.18)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,17} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,17}} = 1,18$$

И v (7.19):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T / h_1} \quad (7.19)$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{18,91 \cdot 165,5}{30}} = 1,72 \text{ м / с}$$

Т.к. $0,5 < v_m < 2$, то:

$$n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13;$$

$$n = 0,532 \cdot 1,72^2 - 2,13 \cdot 1,72 + 3,13 = 1,283;$$

Максимальная концентрация выбросов NO_2 от одного котла (7.20):

$$C_m = \frac{A \cdot M_{\text{NO}_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \quad (7.20)$$

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

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

V_1 – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, $\text{м}^3/\text{с}$;

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

A – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ;

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

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

$$C_m = \frac{160 \cdot 0,46 \cdot 1 \cdot 1,18 \cdot 1,283}{30^2 \cdot \sqrt[3]{18,91 \cdot 165,5}} = 0,027 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Максимальная концентрация выбросов NO₂ от трех котлов:

$$C_m = 3 \cdot 0,027 = 0,081 \text{ мг} / \text{м}^3$$

Максимальная концентрация выбросов NO₂ не превышает ПДК_{NO2}=0,085 мг/м³.

Проведя расчёты, можно сделать вывод, что существующая дымовая труба удовлетворяет условию $C_m \leq \text{ПДК}$, поэтому замене не подлежит [29].

7.4 Сточные воды котельной

В данной работе по расширению отопительной котельной предусматривается выпуск сточных вод, загрязненными солями жесткости от установки дозирования комплексоната и бытовых сточных вод в городские сети бытовой канализации.

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Анализ риска аварий на опасных производственных объектах является частью управления промышленной безопасностью. Анализ риска заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных нежелательных событий.

8.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Объектом выпускной квалификационной работы является котельная с установленной теплопроизводительностью водогрейной части 105 МВт. Основным топливом для котельной служит природный газ.

Подача газа в котельную осуществляется по подземному газопроводу Ду150×4,5 высокого давления II категории, от наружного газопровода г. Копейска.

Система теплоснабжения – закрытая, двухтрубная (подающий и обратный трубопроводы сетевой воды).

Здание котельной расположено отдельно от других зданий. В помещении котельной расположено 3 устанавливаемых водогрейных котлов КВ-ГМ-35-150. Для отвода дымовых газов предусмотрена металлическая дымовая труба, высотой 30 метров с диаметром 1000 мм. Резервным топливом котельной является дизельное топливо, который храниться в 2-х стальных вертикальных резервуарах, емкостью 15 м³ каждый.

Котельная работает при постоянном присутствии обслуживающего персонала. К эксплуатационному персоналу котельной относятся пять дежурных операторов, которые работают по двухсменному графику по 12 часов.

Дежурный оператор на протяжении смены проводит осмотр оборудования как минимум два раза (при приеме и сдачи смены).

В обязанности дежурного оператора также входит:

- контроль за ходом технологического процесса: фиксация и регулирование параметров для поддержания заданных характеристик;
- введение технической документации;
- охранная функция: дежурный оператор несет административную и уголовную ответственность.

Рабочее место оператора оборудовано столом, стулом, ящиком для хранения технической документации, телефоном.

При эксплуатации котлоагрегатов оператором основными вредными производственными факторами являются:

1) Физические факторы:

- повышенная температура воздуха, повышенная температура поверхностей оборудования, пониженная влажность на рабочем месте, снижение скорости воздухообмена, основными источниками которых являются поверхности котлов;
- вибрация на рабочем месте, возникающая вследствие работы насосов, вентиляторов, дымососов;

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

– повышенный уровень шума, источником которого являются работающее основного и вспомогательное оборудование;

– недостаточное естественное освещение.

2) Химические факторы:

– воздействие на организм при химических промывках котлов щавелевой кислоты, трилона Б, гидразина, аммиака, тринатрий фосфата, силиката натрия;

– воздействие на органы дыхания окиси углерода, окиси азота, метан, предельные углеводороды.

3) Биологические факторы отсутствуют.

4) Факторы трудового процесса:

– напряженность труда:

○ монотонность производственной обстановки 81-90% продолжительности смены;

○ сезонные нагрузки 50-75% смены – длительность сосредоточенного наблюдения за экранами;

○ режим работы;

○ небольшие регламентирующие перерывы – до 3% рабочего времени;

– тяжесть труда:

○ более 50% рабочего времени нахождение в фиксированной позе;

○ общее число стереотипных рабочих движений.

Опасные факторы рабочей среды: высокое давление и температура среды в трубопроводах, незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденные электродвигатели, работа на высоте, кривошипные механизмы, вращающиеся детали.

Опасными местами в котельной являются: топка котла, трубопроводы горячей воды, предохранительные клапаны, насосы, ременные передачи, электродвигатели и электропускатели.

Возможные объекты, которые могут стать причиной травмирования работника:

– соскальзывание и падение на ровные поверхности, в частности, на скользкий пол, на который разлиты вода, топливо, масла;

– механические травмы при работе с распылителем и механическим загрузчиком топлива в котлах, работающих от угольного топлива;

– падение с высоты;

– травмы, вызванные действием взрывной волны, летящими осколками, пламенем, паром и др;

– ожоги от горячих поверхностей, горячей воды;

– смерть от удара электрическим током и электрошок;

– удушье от вдыхания воздуха с низким содержанием кислорода;

– отравление окисью углерода или другими продуктами сгорания в воздухе;

– вредное воздействие химических веществ.

Возможные аварийные ситуации:

– взрыв в топке котла с повреждением обмуровки и возникновением пожара;

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- взрыв трубопроводов газа или других агрегатов котельной;
- короткое замыкание электропроводки;
- прекращение подачи воды или электроэнергии;
- стихийные бедствия и другие случаи, не связанные с работой котла;
- возгорание и взрыв топлива.

8.2 Нормирование факторов рабочей среды и трудового процесса.

Микроклимат рабочей зоны определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения. Если сочетание этих параметров не являются оптимальными для организма человека, причем это будет сопровождаться напряжением реакции терморегуляции, ухудшением самочувствия.

В таблице 8.1 приведены параметры микроклимата в рабочей зоне обслуживающего персонала котельной.

Таблица 8.1 – Показатели микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ	Оптимальная температура, °С	Допустимая температура, °С	Оптимальная температура поверхностей, °С	Допустимая температура поверхностей, °С	Оптимальная влажность, %	Допустимая влажность, %	Скорость движения воздуха оптимальная, м/с	Скорость движения воздуха допустимая, м/с
Холодный	Легкая 1Б	21-23	20-24	20-24	18-25	40-60	15-75	0,1	≤ 0,2
Теплый	Легкая 1Б	22-24	21-28	21-25	19-29	40-60	15-75	0,2	0,1-0,3

Производственный процесс сопровождается выделением тепла, влаги, вследствие чего метеорологические параметры и состав воздуха в производственном помещении отличаются от нормального. Для создания надлежащих метеорологических условий и чистоты воздуха в помещении цеха следует предусмотреть систему естественной общей вентиляции.

Микроклимат на рабочих местах достигается вентилированием воздуха, созданием хорошей теплоизоляции поверхностей котлов и теплоиспользующего оборудования, экранированием источников излучения, кондиционированием воз-

духа. Все элементы трубопровода покрыты тепловой изоляцией, температура наружной поверхности которой не превышает +45 °С. В качестве тепловой изоляции трубопроводов используется теплоизоляционные кожухи Energoflex Super. В таблице 8.2 представлены показатели интенсивного теплового облучения.

Таблица 8.2 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25 – 50	70
Не более 25	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Помещения цеха должно быть освещено таким образом, чтобы обеспечить качественный монтаж и ремонт оборудования, а при эксплуатации – возможность правильного и безопасного обслуживания оборудования цеха. В таблице 8.3 приведены показатели освещенности для разных зон котельной.

Таблица 8.3 – Нормируемая величина освещения для машиниста котла

Участок котельного отделения цеха	Разряд зрительной работы	Нормы освещенности, лк
Площадки обслуживания бункерного отделения	VIII	75
Площадки и лестницы котлов, проходы за котлами	VIII	75
Местные щиты управления котлами	VI	200
Диспетчерская	VI	200

Для создания наилучших условий работы зрения человека в процессе труда освещение должно обеспечить:

- освещенность на рабочих местах в соответствии с характером зрительной работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности;
- отсутствие резких теней;
- отсутствие блескости;
- обеспечение пожарно-, взрыво- и электробезопасности.

В помещении котельного цеха предусмотрено естественное освещение, а в вечернее и ночное время – искусственное.

Естественное боковое освещение обеспечивается за счет оконных проемов. Искусственное освещение осуществляется комбинацией общего освещения цеха с местным освещением рабочих мест. В качестве источников света применяются люминесцентные лампы и лампы накаливания.

Для обеспечения требуемого направления светового потока электрические лампы заключены в арматуру, которая обеспечивает защиту глаз от слепящего действия и предохраняет лампы от загрязнения. Для освещения котельного цеха применяются светильники напряжением 220 В и мощностью 40-1000 Вт.

В случае аварийной ситуации предусмотрено аварийное освещение, которое составляет 10% рабочего освещения.

Аварийное освещение обеспечивает работу на пультах управления, а также осмотр фронтальной части котлов, проход по обслуживающим площадкам.

Для осмотра оборудования у дежурного и оперативного персонала предусмотрены аккумуляторные светильники и переносные электрические фонари.

Переносные ручные электрические светильники питаются от сети напряжением 12 В.

Работа оборудования промышленных установок сопровождается колебаниями фундаментов, элементов конструкций, сотрясениями, которые называются вибрацией. К такому оборудованию относятся вентиляторы, дымососы, насосы. Выбор нормирования определяется в зависимости от интенсивности вибрации.

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое колебание.

На оператора котельной в производственных условиях действует общая вибрация 3А категории (на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий).

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ «Вибрационная безопасность. Общие требования» основным способом обеспечения вибробезопасности должно быть создание и применение вибробезопасных машин.

Работа оборудования промышленных установок сопровождается механическими, аэродинамическими и гидродинамическими шумами. К такому оборудованию относятся котлы, вентиляторы, дымососы, насосы, трубопроводы.

Аэродинамический и гидродинамический шумы возникают в результате течения жидкости, пара и газа. В котельном цехе шум постоянный, широкополосный. Шум неблагоприятно воздействует на организм человека, вызывает психические и физиологические нарушения, способствующие снижению работоспособности и эффективности труда, мешает восприятию речи, ослабляет внимание.

При эксплуатации оборудования применяют метод снижения аэродинамического шума в источнике его образования путем уменьшения скорости течения газа за счет снижения давления.

Другим методом является снижение шума на пути его распространения. Он реализуется применением кожухов, экранов и звукоизолирующих перегородок, которыми закрывают вышеперечисленное оборудование. В качестве индивидуальных средств защиты используют вкладыши.

В таблице 8.4 приведены показатели уровня шума.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						57
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 8.4 – Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах и территории предприятий

Уровни звукового давления, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
63	125	250	1000	2000	4000	8000	500	
94	98	96	93	92	89	90	85	80

Стресс под действием жары; общая усталость в результате физической работы в шумном, теплом и влажном помещении. Эксплуатационный персонал должен соблюдать режим труда и отдыха, которые даются в нормах организации труда. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы было исключено возникновение стрессов. Появление стресса в аварийной обстановке становится причиной неправильных действий оператора, зачастую усугубляющих производственную ситуацию. Эффективным средством профилактики стрессов при экстремальных условиях являются профессиональная подготовка на тренажерах имитирующих, аварийные ситуации.

Электробезопасность – это система организационных, технических мероприятий, а также средств защиты от поражений человека электрическим током.

Организационные мероприятия включают в себя выбор рациональных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрического тока.

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм и профзаболеваний.

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели дымососов, вентиляторов.

Для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, следует использовать защитное заземление.

В качестве индивидуальных средств защиты от электрического тока применяются экранирующие комплекты (костюмы, перчатки, обувь), коврики, подставки, контактные выводы и перемычки, проводники с зажимами и т.д.

К коллективным методам защиты относятся плакаты, ограждения и знаки безопасности.

Производственно – отопительная котельная относится к третьему классу помещения по электроопасности. Так как технологический процесс связан со сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива из газопровода и образование взрывоопасной газозооной смеси.

Проектируемая котельная по пожарной безопасности относится к категории «Г», по огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания

котельной II, класса В – 1А. Категория «Г» означает негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии. Класс В – 1А – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуется. Источниками пожара могут быть утечка и скопление газа в котельной; неисправности электрооборудования, осветительных приборов; выход из строя приборов автоматики. При нарушении целостности газопроводов уходящих газов, или при разрушении обшивки и обмуровки котла, уходящие газы, имеющие высокую температуру, могут послужить причиной пожара

Для предупреждения образования взрывоопасных газоздушных смесей большое значение имеет контроль воздушной среды производственного помещения. Наиболее прогрессивен контроль воздушной среды производственных помещений автоматическими сигнализаторами до взрывных концентраций. При включении предупредительной сигнализации и аварийной вентиляции предусматривается автоматическое или ручное отключение всего или части технологического оборудования. Также в цехе имеется автоматическая стационарная установка пожаротушения ПНС. Пенонасосная станция оборудована баком с пенораствором $V=60 \text{ м}^3$, откуда насосом последний подается по тому направлению, где сработал датчик.

Для тушения пожаров в котельной предусматриваются: первичные средства пожаротушения: вода, огнетушители, ящик с песком, асбестовое полотно, ведра, лопаты. Весь инвентарь расположен в доступном месте на входе в котельную.

Для быстрого вызова пожарной службы в котельную установлены извещатели и телефон.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						59
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

9 ВОДОТРУБНЫЕ И ГАЗОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

Водотрубный котел – тип котла, при котором вода нагревается, двигаясь внутри металлических трубок (экранных и конвективных пучков), а трубы нагреваются с внешней стороны продуктами сгорания топлива.

Для характеристики принципа действия водотрубного котла составим общую схему оборудования этого типа.

Схема содержит всего две основных детали:

1. Верхний сосуд, который называется паровым барабаном.

2. Нижний сосуд, который называется грязевым барабаном.

Оба барабана соединяются через две трубы.

Большая часть водотрубных паровых котлов работают по принципу естественной циркуляции воды (эффект термосифона). На рисунке 9.1 представлен принцип действия водотрубного котла.

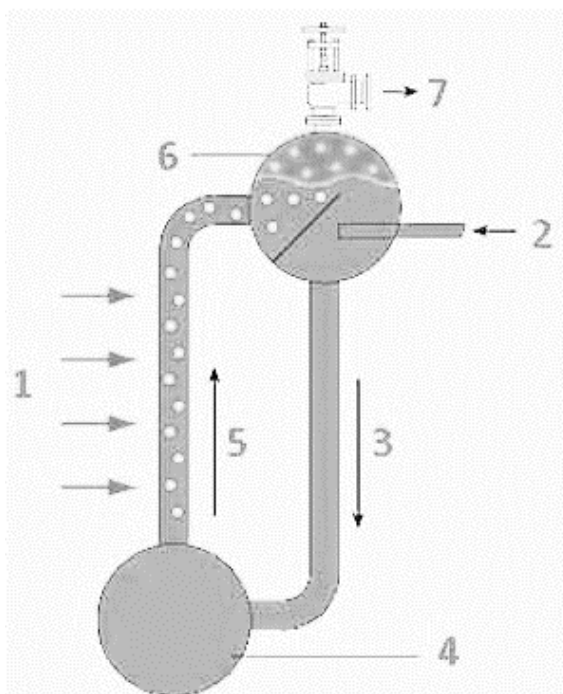


Рисунок 9.1 – Принцип действия водотрубного котла:

1 – лучистая энергия; 2 – ввод питательной воды; 3 – сливной стакан;
4 – нижний барабан; 5 – подъемная труба; 6 – верхний барабан; 7 – отбор пара

Холодная питательная вода подается в паровую ёмкость 2, разделённой перегородкой. Поскольку холодная жидкость имеет высокую плотность по отношению к нагретой жидкости, питательная вода опускается через сливной стакан 3 в область нижнего барабана 4. Холодным потоком, более теплая вода с меньшей плотностью, вытесняется в область фронтальных труб 5 водотрубного котла. За счёт нагрева в передних трубах образуются пузырьки пара. Пузырьковая масса естественным образом отделяется от воды и скапливаются под сводом верхнего барабана 6.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Между тем, по мере увеличения давления внутри водотрубного котла, разница плотности воды и насыщенного пара снижается. Следовательно, уменьшается скорость циркуляции.

Поэтому для поддержания стабильного уровня выхода пара, при условии более высоких расчетных давлений, расстояние между нижним и верхним барабанами увеличивают. Либо в схему вводятся средства принудительной циркуляции (циркуляционный насос).

Энергия источника тепла для конструкций водотрубных котлов представлена на рисунке 9.2.

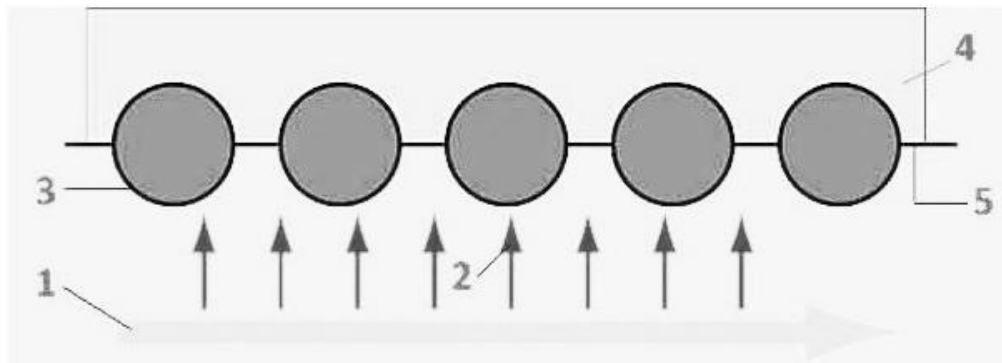


Рисунок 9.2 – Расположение лучистых секций:

1 – открытое пламя; 2 – тепловой поток; 3 – трубы с водой металлические;
4 – изоляционный материал; 5 – элементы оребрения

Такой источник представляет собой модуль, в котором преобразуется энергия пламени горелки или нескольких горелок. При этом пламя непосредственно не контактирует с трубами водотрубного котла, так как прямой контакт грозит серьезной эрозией и повреждением трубного металла.

На стенах лучистой секции установлены трубы. Эти трубы называются экранными и предназначены для поглощения лучистого тепла, исходящего от пламени горелки.

Трубы конвективного пучка предназначены для поглощения водой тепла горячих газов путем поточного проведения и эффекта конвекции. Большие по размерам котлы могут иметь несколько конвективных пучков, расположенных последовательно.

Таким способом извлекают максимум энергии горячих газов. Согласно расчётам, эффективность использования тепла горелок достигает 90% в большинстве случаев применения.

Конструкция газотрубного котла была создана для того, чтобы увеличить показатели производительности парового оборудования без увеличения размера агрегата и его формы.

Газотрубный котел представляет собой вид котельного оборудования, у которого поверхность состоит из определенного количества жаровых труб, внутри которых движется конкретный вид топлива.

Выделяют два основных класса оборудования:

- жаротрубные паровые котлы;
- жаротрубные водогрейные котлы.

Жаротрубные котлы имеет достаточно простую конструкцию – цилиндрический корпус, который расположен горизонтально. В зависимости от типа и класса внутри у агрегата может быть расположена горячая вода или объемы и паровые или водяные сосуды.

Принцип работы жаротрубного котла достаточно прост. На переднем торце всех жаровых труб расположена горелка надувочного типа, которая может сжигать газовое или жидкое топливо. Благодаря этому жаровая труба становится особой топочной камерой, где сгорает практически все идущее в прибор топливо.

В жаротрубных котлах процессы подогрева и испарения воды происходят в одном объеме. Вода в этих агрегатах получает тепло через стенки жаровой трубы, в которой сгорает топливо или движутся высокотемпературные продукты сгорания. Для жаротрубных котлов существуют ограничения по тепловой мощности (плотности теплового потока) и рабочему давлению.

В зоне камеры сгорания топлива газы меняют свой путь и попадают в жаровые трубы второго хода, а оттуда – в жаровые трубы третьего хода. Схема движения осуществляется и направляется за счет работы вентилятора внутри конструкции агрегата, а также естественной тяги дымовой трубы. Принцип действия жаротрубного котла представлен на рисунке 9.3.

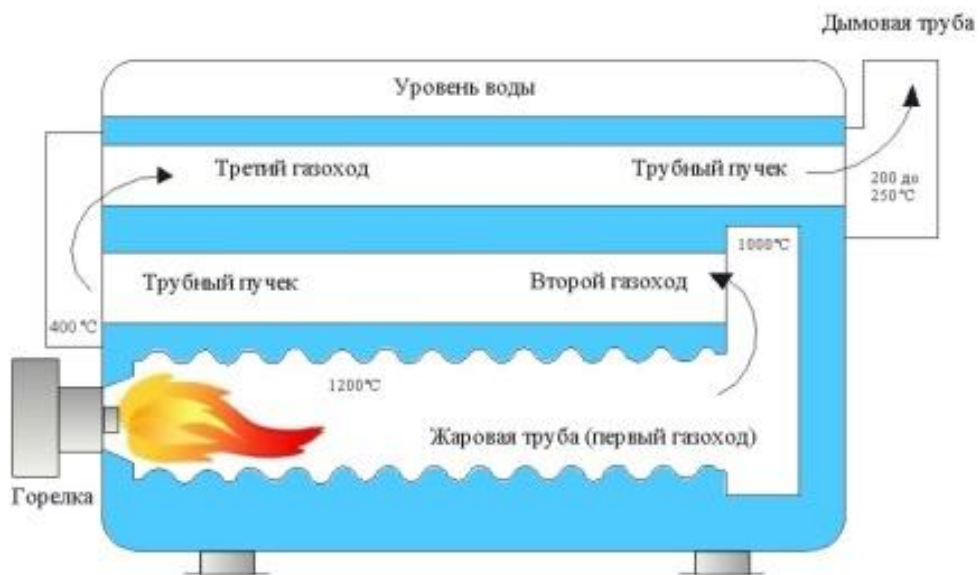


Рисунок 9.3 – Жаротрубный котел

Уровень воды в баке подобной модели парового жаротрубного котла отличается нестабильностью. В процессе эксплуатации часть воды закипает и в виде пара поступает внутрь конструкции, где при помощи особого компонента – сепаратора отделяются небольшие капли. Этот процесс является обязательным. В противном случае будут возникать гидроудары, что негативно скажется на работе парового оборудования.

Конструкция жаротрубного водогрейного котла состоит из корпуса, передней и задней крышки, труб для отвода из агрегата дымовых газов и опор. Сама конструкция корпуса включает в себя камеру, представленную жаровой трубой с закругленным дном, конвективную зону, переднюю камеру агрегата и опоры. Дополнительно жаротрубный водогрейный котел покрывается теплоизоляционными материалами.

Газы, которые образуются в жаровой трубе при сгорании конкретного вида топлива, меняют свое направление движения и возвращаются к фронтальной части отопительного оборудования. После отдачи тепла теплоносителю они выводятся наружу через дымоход.

Конструкция парового или водогрейного жаротрубного котла может быть другой. Расположение и комплектация разных компонентов оборудования, в том числе и жаровых труб, может отличаться у разных производителей, а также в зависимости от предназначения и габаритов агрегата.

В водотрубных котлах подогреваемая вода протекает по трубам малого диаметра, поэтому они практически не имеют ограничений по давлению и по производительности, хотя с ростом последней число труб и габариты аппаратов прогрессивно увеличиваются.

При сравнении водогрейных котлов водотрубных и жаротрубных конструкций можно выделить следующие недостатки жаротрубных котлов: высокие требования к качеству котловой воды, которые объясняются большими удельными тепловыми потоками в жаровой трубе и поворотной камере и очень малыми скоростями (на порядок меньше по сравнению с водотрубными котлами) теплоносителя в жаротрубных котлах.

В водотрубных котлах для недопущения пристенного кипения скорость воды в трубах поверхности нагрева принимается не менее 1 м/с. У жаротрубного котла скорость воды настолько мала, что он практически является фильтром-осадителем. В результате осаждения взвешенных веществ и покрытия ими нижних дымогарных труб «жаротрубника», температура этих труб становится выше верхних, давление перегретых труб на трубную доску и напряжения в сварных швах резко возрастают.

В жаротрубных котлах существуют внутренние топки, позволяющие сжигать только высокосортное топливо.

Жаротрубные котлы взрывоопасны: при большом объеме нагретой воды при внезапном снижении давления внутри котла до атмосферного (раскрытие шва) мгновенно выделяется огромное количество пара и происходит взрыв.

Жаротрубные отопительные котлы недолговечны и ненадежны вследствие малого гидравлического сопротивления в контуре.

У жаротрубных отопительных котлов аэродинамическое сопротивление выше, чем у водотрубных.

Наличие большого объема воды жаротрубного котла делает котел слабо реагирующим на потребность в тепле. Характерное для таких котлов длительное время нагрева приводит на практике к необходимости поддерживать высокую температуру большой массы воды в течение какого-то периода времени в ожида-

нии потребности в тепле. А стоимость топлива, идущего на поддержание этого «горячего резерва» может достигать значительной величины.

В то же время жаротрубные котлы обладают такими неоспоримыми преимуществами как компактность, возможность работы с современными длинно-факельными горелочными устройствами, высокая автоматизация и др.

В водотрубных отопительных котлах скорость воды выше, поэтому увеличивается долговечность и надежность, также повышается и теплосъем. У водотрубных отопительных котлов необходимость поддержания на входе достаточно высокой температуры решается путем рециркуляции воды (при этом материальные затраты минимальны). Именно водотрубные агрегаты практически не имеют ограничений по давлению и теплопроизводительности и характеризуются рядом технико-эксплуатационных преимуществ.

Анализируя вышеперечисленные недостатки водогрейных котлов двух разных конструкций, а также рынок поставщиков, можно сказать следующее: несмотря на высказанные опасения, многие отечественные и особенно зарубежные производители водогрейных котлов, используя современные технологии и новые конструкционные материалы, останавливают свой выбор на выпуске именно жаротрубных водогрейных котлов.

Зарубежные производители поставляют в Россию в основном (95 %) жаротрубные котлы, и только около 5 % составляют водотрубные. Российские производители отдают предпочтение котлам водотрубного типа и поставляют на российский рынок около 60 % водотрубных и только 40 % жаротрубных котлов.

Зарубежные заводы предлагают в основном жаротрубные котлы, к тому же сразу ставят условие:

- необходимо устанавливать соответствующую химводоподготовку;
- использовать только химочищенную воду, согласно принятых европейских нормативов.

Высокие требования к качеству котловой воды, сопоставимые с требованиями к качеству питательной воды для паровых котлов. Так, для надежной и безаварийной эксплуатации своих котлов жаротрубной конструкции изготовитель декларирует значение общей жесткости воды 100 мкг-экв/л, а в технической литературе встречаются значения требуемой жесткости котловой воды в пределах от 15 до 100 мкг-экв/л.

При несоблюдении этих требований котлопроизводители снимают с себя все гарантийные обязательства.

В связи с неоспоримыми преимуществами водотрубных котлов в выпускной квалификационной работе предлагается установить именно водотрубные котлы серии «Смоленск» производства ОАО «Дорогобужкотломаш». Изучая зарубежные аналоги рассматриваемых в работе котлов КВ-ГМ, поставляемых на российский рынок, было обращено внимание на двух производителей: котлы водогрейные Wolf, серия EUROTHERM POLYKRAFT, производитель «Вольф Энерджи Солюшен» и водогрейные котлы Thermogenics, поставщиком которых является инженерная компания «Интерблок». Водогрейный водотрубный газоплотный котел серии Eurotherm (усовершенствованный аналог котла КВ-ГМ) теплопроизво-

длительностью от 1,1 до 58,2 МВт, предназначены для получения горячей воды давлением до 1,6 (16,3) МПа (кгс/см²) и номинальной температурой 150 или 115 °С, используемой в системах отопления и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей.

Характеристики:

- 12 типоразмеров в 3 модификациях – 95°С, 115°С и 150°С;
- сертифицированы по системе ГОСТ Р;
- тоннельное исполнение котлов мощностью до 17 МВт и Г-образное – от 23 до 58 МВт;
- работают на природном газе/легком жидком топливе, нефти/ мазуте;
- спроектированы для использования с импортными горелочными устройствами;
- поверхности нагрева выполнены из гладкостенных труб;
- три газохода для снижения уровня NO_x в отходящих газах;
- шестигранная конструкция топочной камеры для оптимального распределения тепловых напряжений;
- высокий КПД – 92%;
- экономия электроэнергии за счет отсутствия дымососа;
- полная заводская готовность к установке и монтажу. Котлы до 17 МВт поставляются 1 блоком, 23 МВт – 2 блоками, 35 МВт – 3 блоками, 58 МВт – 5 блоками;
- высокая ремонтпригодность;
- возможность эффективной работы в сетях с открытым водоразбором;
- безаварийный срок эксплуатации – 25 лет;
- гарантия 2 года.

Завод Wolf только использует разработки немецких инженеров, само предприятие ПАО «Вольф Энерджи Солюшен» – динамично развивающееся Российское предприятие по производству котельного оборудования, расположенное в Смоленская области в городе Сафоново. Изначально завод задумывался для совместного с немецким концерном WOLF GmbH производства водогрейных стальных котлов WOLF GKS Dynatherm. В марте 2006 года работники завода совместно с немецкими специалистами и на основе немецких моделей производства WOLF GmbH начали разрабатывать новые модели водогрейных стальных котлов с максимальной адаптацией к российским условиям эксплуатации. А уже в сентябре 2008 году на заводе была выпущена первая продукция.

«Вольф Энерджи Солюшен» – стало первым производством на отечественном рынке, которое вооружившись многолетним немецкий опытом в области котлостроения изготавливает и поставляет промышленные котлы высочайшего качества. На предприятии «Вольф Энерджи Солюшен» используется самое современное, большей частью импортное оборудование, в том числе немецкий трубогибочный станок, американский установка для плазменной резки металла, сварочный автомат из Швеции и многое другое. Это положительно сказывается на качестве выпускаемых котлов. Большое внимание специалисты завода так же уделяют дизайну продукции и выработке своего особого стиля, выражающегося в первую

										Лист
										65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

очередь в форме обшивки и цветовых решениях. Продукция торговой марки WOLF Energy Solutions легкоузнаваема именно благодаря современному и продуманному дизайну.

Появление на российском рынке водогрейных котлов Thermogenics, Канада является весьма актуальным. Фирмой предлагаются водогрейные котлы водотрубного типа с принудительной циркуляцией серии TGH, являющиеся нагревателями жидкостей высокого давления ($p = 8\text{--}15$ бар) и тепловой мощностью 200 – 5 900 кВт.

Водогрейные котлы Thermogenics выполнены по классической, надежной схеме водотрубного теплообменного агрегата с принудительной циркуляцией теплоносителя. Конструктивные и технологические решения обладают несомненной оригинальностью, защищены патентами и опережают технический уровень аналогов, выпускаемых другими производителями.

Предлагаемые водогрейные котлы обладают следующими преимуществами:

1) Экономичная эксплуатация:

– Быстрый запуск и мгновенное выключение. Время выхода на заданную тепловую мощность не превышает 5 минут после включения, что обеспечивает дополнительную экономию топлива (до 15%);

– Быстрая реакция на изменение тепловой нагрузки. Время реакции не превышает 1 минуты за счет эффективной системы управления горелкой и малого объема циркулирующей воды в змеевиках;

– Плавная регулировка мощности. Максимальный диапазон регулирования производительности – 7:1, что позволяет бесперебойно обеспечивать теплом потребителей, не прибегая к режиму включения или выключения котла при низких нагрузках;

– В процессе работы котла не требуется постоянное присутствие обслуживающего персонала.

2) Современная технология и безопасная конструкция:

– Небольшая площадь внешней поверхности означает малую площадь конвекции и малые потери лучистой энергии. Из-за значительных размеров жаротрубных котлов их конвекционные потери составляют около 3% в зависимости от типа котельной. Эти же потери в котле серии TGH составляют менее 0,7%;

– Многотопливность. В качестве топлива могут использоваться природный газ, дизельное топливо, пропан или другое жидкое или газообразное углеводородное топливо;

– Конструкция котлов серии TGH исключает возможность термоударов, даже при частых пусках и остановках;

– Конструкция котлов серии TGH обеспечивает их надежную работу, простоту технического обслуживания и безопасную эксплуатацию;

– Совместимость с действующими котловыми технологиями. Малые габариты и вес, отсутствие необходимости строительства специальных фундаментов позволяют устанавливать котлы серии TGH на площадях существующих котельных или других производственных помещениях для получения дополнительной тепловой энергии или поэтапной замены выработавших ресурс котлов.

Конструкция горелочного устройства котлов серии TGH обеспечивает низкий уровень вредных выбросов в окружающую среду, что существенно улучшит экологическую обстановку в районе.

Котлы не требуют дымососной установки, т.к. работают под наддувом (избыточным давлением).

Технологически необходимая высота дымовой трубы не превышает 3,2 метра над уровнем кровли.

Гарантийный период эксплуатации водогрейных котлов серии TGH – 24 месяца.

Инженерная компания «Интерблок», производящая котлы Thermogenics, также не является зарубежной. Она находится в России и использует канадские разработки в проектировании и изготовлении котельного оборудования. Основным направлением деятельности ЗАО «Инженерная компания «Интерблок» является модернизация паросилового хозяйства предприятий, создание автономных, децентрализованных теплоэнергетических систем и комплексов на основе применения парогенераторов серии ST пр-ва Thermogenics Inc., Канада.

Подводя итог всему вышесказанному в данной главе, можно отметить следующее: на российском рынке практически не существует зарубежных аналогов предлагаемых к установке в рассматриваемой котельной водотрубных водогрейных котлов КВ-ГМ. В качестве сравнения были рассмотрены котлы Eurotherm Polykraft, завода Wolf, и котлы Thermogenics серии TGH, инженерной компании «Интерблок». Данные котлы обладают рядом преимуществ по сравнению с котлами КВ-ГМ, однако, не являются зарубежными, а лишь используют зарубежные разработки, завод Wolf – разработки немецких инженеров, а «Интерблок» – канадские разработки.

Конструкция водотрубных котлов позволяет увеличить поверхность нагрева за счет использования большего количества водопроводных труб.

Конвекционный поток таких систем способствует ускорению движения воды в большей степени, чем этот эффект проявляется у жаротрубных сооружений.

Соответственно, коэффициент передачи тепла водотрубных котлов более высокий, что сопровождается не менее высоким значением эффективности этого вида котельного оборудования.

Исполнение конструкции позволяет плавно наращивать давление внутри водотрубного котла до значений, равных 150-160 кг/см².

Выход пара на подобных сооружениях может достигать 500 кг/с. При этом доступно получить верхнюю границу температуры пара на выходе из водотрубного котла, равную 550°С.

Классическое исполнение парового оборудования, работающего по принципу термосифона. Подобные системы часто встречаются в составе проектов котельных разного назначения

По габаритным размерам водотрубные котлы успешно конкурируют с дымогарным (жаротрубным) оборудованием.

Небольшие по габаритам водотрубные паровые котлы традиционно собраны как единое целое оборудование, помещённое внутрь прочного корпуса.

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

Но крупные котельные установки обычно изготавливаются секционными модулями, которые собираются в единый модуль непосредственно на месте установки системы.

Из преимуществ можно отметить относительно небольшую потребность по массе питательной воды. Поэтому водотрубным котлам присущи свойства быстрой реакции на изменение нагрузки и ввода тепла.

Конструкции могут содержать множество горелок, установленных на любой стороне, что открывает варианты для организации горизонтального или вертикального обжига. Также контроль температуры допустимо организовать в различных частях системы.

Организация температурного контроля особенно важна, когда водотрубный котёл имеет встроенную систему перегрева пара. В этом случае появляется необходимость контролировать температуру перегретого пара с высокой точностью по времени.

По недостаткам рассмотренных котлов отмечаются сложности их изготовления в компактном виде. Возможность использования нескольких горелок в котле обеспечивает гибкость регулировки нагрева. Однако массовое применение горелок требует сложных систем управления.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						68
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Экономическая часть раздела включает в себя расчетные оценки сравниваемых вариантов возможных вариантов расширения котельной. Для РК №1 предлагается либо установка котла КВ-ГМ-35-150, либо котла Энтророс ТТ300-40.

Для выбранного варианта расширения котельной в управленческой части разрабатывается структура реализации проекта.

10.1 Технико-экономический расчет

Годовая выработка тепловой энергии определяется потребностью в ней промышленных и коммунально-бытовых потребителей (10.1).

$$Q' = Q_0' \cdot h_p, \text{ Гкал/год} \quad (10.1)$$

В таблице 10.1 приведены данные для технико-экономического расчета.

Таблица 10.1 – Исходные данные

Величина	Обозначение	Единица измерения	Величина
Суммарная расчетная тепловая нагрузка	Q_0'	Гкал/ч	80,27
Расход исходной воды	$G_{св}$	тыс.м ³ /ч	93942,7
Расход топлива на водогрейный котел (газ)	$B_г$	м ³ /с	3490
Загрузка оборудования	h_p	ч/год	4890

$$Q' = 80,27 \cdot 4890 = 392520,3 \text{ Гкал/год}$$

10.1.1 Расчет капитальных затрат расширения котельной

Капитальные затраты на расширение котельной включают в себя стоимость оборудования и монтажных работ, стоимость услуг при транспортировке и складирования оборудования, стоимость разработки проекта.

I вариант – расширение котельной с установкой котла КВГМ-35-150

Информацию о стоимости котельного оборудования предоставлена ООО «Бийский котельный завод» (г. Бийск) [53], насосное оборудование – ПАО «Ливгидромаш» (г. Ливны), комплект контрольно-измерительных приборов и автоматики – ООО «Арсенал» (г. Челябинск) [52]. Стоимость монтажных работ рассчитана пусконаладочной организацией ООО «Котельные установки и электростанции» (г. Челябинск) [54]. Стоимость сведена в таблицу 10.2.

										Лист
										69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

Таблица 10.2 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
КВГМ-35-150	1	19 000,00	5 700,00	19 000,00	5 700,00
Горелка ГМПВ-40	1	730,00	219,00	730,00	219,00
Вентилятор ВДН-15Х-1000	1	509,40	152,80	509,40	152,80
Дымосос ДН-17Х-750	1	762,30	228,70	762,30	228,70
Насос ЦНСп-2,5-80	1	350,00	350,00	350,00	350,00
Комплект автоматики (БУК-МП-11)	1	934,00	186,00	934,00	186,00
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	1234,00	246,00	1234,00	246,00
Комплект металлопроката и фасонных изделий трубопроводов	1	350,00	70,00	350,00	70,00
ИТОГО:				23 869,70	7 152,50

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования (10.2):

$$K_m = 0,05 \cdot K_{об} \quad (10.2)$$

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

0,05 – расходы на грузовые перевозки 5 % (по данным ООО «Автотрейдинг»).

$$K_m = 0,05 \cdot 23869,70 = 1193,49 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 500,00 тыс. руб. (по данным ООО «Котельные установки и электростанции»).

Общие капитальные вложения в расширение котельной (10.3):

$$K = K_{об} + K_m + K_{пр} \quad (10.3)$$

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

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

$$K_1 = 23869,70 + 7152,50 + 1193,50 + 500,00 = 37215,70 \text{ тыс.руб.}$$

II вариант – расширение котельной с установкой котла Энтророс ТТ300-40

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту завода-изготовителя [55, 56] и сведена в таблицу 10.3.

Таблица 10.3 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
Энтророс ТТ-300-40	1	22 272,00	6681,00	22 272,00	6681,00
Горелка Cib Unigas NOVANTA-VS (2670 кВт)	1	1860,00	558,00	1860,00	558,00
Насос ЦНСп-2,5-80	1	350,00	350,00	350,00	350,00
Комплект автоматики (Энтророс)	1	1430,00	429,00	1430,00	429,00
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	1234,00	246,00	1234,00	246,00
Комплект металлопроката и фасонных изделий трубопроводов	1	350,00	70,00	350,00	70,00
ИТОГО:				27 496,00	7 984,00

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования:

$$K_m = 0,05 \cdot 27496,00 = 1347,80 \text{ тыс.руб.}$$

– расходы на проектирование составят 550,00 тыс. руб. (по данным ООО «Котельные установки и электростанции»).

Общие капитальные вложения в расширение котельной:

$$K_2 = 27496,00 + 7984,00 + 1347,80 + 550,00 = 37377,80 \text{ тыс.руб.}$$

10.1.2 Расчет текущих затрат обслуживания котельной

После реализации проекта расширения котельной начинается ее эксплуатация, которая требует ежегодных затрат материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов. Рассмотрим два варианта расчета текущих затрат на строительство проектируемой тепломеханической части котельной:

1. Первый вариант – расширение котельной с установкой трех котла КВ-ГМ-35-150.

2. Второй вариант – расширение котельной с установкой трех котла Энтророс ТТ300-40.

I вариант – расширение котельной с установкой котла КВГМ-35-150

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:

– топливо (10.4):

$$I_m = C_m \cdot G_{год}, \text{ тыс.руб./год} \quad (10.4)$$

где C_t – тарифная ставка на газовое топливо, $C_t = 2745,0$ руб./м³ (по данным копейского филиала ПАО «Новатек-Челябинск»);

$G_{год}$ – годовой расход газа, м³.

$$I_m = 2745,0 \cdot 1706610,00 = 4684644,50 \text{ тыс.руб./год}$$

– вода (10.5):

$$I_B = C_B \cdot G_{год}, \text{ тыс.руб./год} \quad (10.5)$$

где $C_e = 11$ руб./м³ (по данным МУП «Горводоканал г. Копейск»);

$G_{год}$ – годовой расход воды, м³.

$$I_B = 11,00 \cdot 30354 = 333894,00 \text{ тыс.руб./год}$$

– электроэнергия (10.6):

$$I_э = C_э \cdot G_э, \text{ тыс.руб./год} \quad (10.6)$$

где $C_э = 3,3$ руб./кВт·ч (по данным МУП «Копейские электрические сети»);

$G_{год}$ – годовой расход электроэнергии, кВт ч.

$$I_э = 3,3 \cdot 149515 = 493,4 \text{ тыс.руб./год}$$

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2019.954.03 ПЗ					

– амортизационные отчисления (10.7):

$$I_A = 0,024 \cdot K, \text{ тыс.руб./год} \quad (10.7)$$

где 0,024 – расходы на амортизацию 2,4 %.

$$I_A = 0,024 \cdot 23869,70 = 572,90 \text{ тыс.руб./год}$$

– издержки на проведение текущего ремонта (10.8):

$$I_A = 0,1 \cdot I_a, \text{ тыс.руб./год} \quad (10.8)$$

где 0,1 – расходы на текущий ремонт 10 %.

$$I_A = 0,1 \cdot 572,90 = 57,30 \text{ тыс.руб.}$$

Полученные текущие затраты сводим в таблицу 10.4.

Таблица 10.4 – Калькуляция текущих затрат на котельную с котлом КВГМ

Показатели и статьи затрат	Величина, тыс. руб./год
Годовой расход топлива	4 684 644,50
Сырая вода	333 894,00
Электроэнергия	493,40
Амортизационные отчисления	572,90
Издержки на проведение текущего ремонта	57,30
ИТОГО	5 019 662,10

II вариант – работа котельной с котлом Энтророс ТТ300-40

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:

– топливо:

$$I_m = 2745,00 \cdot 1674851,30 = 4597466,80 \text{ тыс.руб./год}$$

– вода:

$$I_B = 11,00 \cdot 31681 = 348491,00 \text{ тыс.руб./год}$$

– электроэнергия:

$$I_3 = 3,3 \cdot 149515 = 493,4 \text{ тыс.руб./год}$$

– амортизационные отчисления:

$$I_A = 0,024 \cdot 27496,00 = 659,91 \text{ тыс.руб./год}$$

– издержки на проведение текущего ремонта:

$$I_A = 0,1 \cdot 659,91 = 65,90 \text{ тыс.руб./год}$$

Полученные текущие затраты сводим в таблицу 10.5.

Таблица 10.5 – Калькуляция текущих затрат на котельную с котлом Энтророс

Показатели и статьи затрат	Величина, тыс. руб./год
Годовой расход топлива	4 597 466,80
Сырая вода	348 491,00
Электроэнергия	493,40
Амортизационные отчисления	659,90
Издержки на проведение текущего ремонта	65,90
ИТОГО	5 046 177,000

10.1.3 Расчет приведенных затрат

Приведенные затрат рассчитываем по выражению (10.9):

$$Z_i = E_n K_i + I_i \rightarrow \min \quad (10.9)$$

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

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

E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, 1/год;

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

Сведем в таблицу 10.6 исходные данные для расчета приведенных затрат.

Таблица 10.6 – Исходные данные расчета приведенных затрат

Вариант	Капитальные K , тыс. руб.	Текущие I , тыс.руб/год
1	2	3
I вариант – расширение котельной с установкой котла КВ-ГМ-35-150	37215,70	5019662,10

Продолжение таблицы 10.4

1	2	3
II вариант – расширение котельной с установкой котла Энтророс ТТ300-40	37377,80	5046177,00

$$K_1 < K_2$$

$$I_1 < I_2$$

Вывод: расчет по методу приведенных затрат не требуется, так как для I варианта – расширение котельной с установкой котла КВ-ГМ-35-150 и капитальные, и текущие затраты меньше, чем для II варианта – расширение котельной с установкой котла Энтророс ТТ300-40, поэтому I вариант экономически эффективнее. Экономия достигается за счет стоимости основного оборудования котельной, которая также отражается на стоимости его обслуживания и ремонте.

10.2 SWOT-анализ для реализации проекта расширения котельной

SWOT-анализ – это метод первичной оценки реализации проекта, основанный на рассмотрении его с четырёх сторон:

- Strengths – сильные стороны;
- Weaknesses – слабые стороны;
- Opportunities – возможности;
- Threats – угрозы.

SWOT-анализ помогает составить структурированное описание конкретного варианта технического решения. SWOT-анализ принято использовать, начертив таблицу, её часто называют SWOT-матрицей:

- расширение котельной с установкой котла КВГМ-35-150 (таблица 10.7):

Таблица 10.7 – SWOT-анализ для варианта «Расширение котельной с установкой котла КВ-ГМ»

S: сильные стороны	W: слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> - положительный опыт эксплуатации персоналом данного оборудования; - доступность энергоресурсов; - низкая себестоимость тепловой энергии; -увеличение мощности котельной. 	<ul style="list-style-type: none"> - низкое финансирование обслуживания и ремонта; - отсутствие возможности сочетания российского и иностранного оборудования; -большие капитальные вложения.

Продолжение таблицы 10.7

О: внешние благоприятные факторы	Т: внешние угрозы
- существование устойчивого спроса на тепловую энергию; - хорошие деловые связи с поставщиками оборудования и комплектующих.	- низкая платежеспособность потребителей; - наличие вредных выбросов.

– расширение котельной с установкой котла Энтророс ТТ300-40 (таблица 10.8):

Таблица 10.8 – SWOT-анализ для варианта «Расширение котельной с установкой котла Энтророс»

S: сильные стороны	W: слабые стороны
- большой межремонтный период устанавливаемого оборудования; - отсутствие затрат на строительство дополнительных площадей под новый котел;	- большие затраты на топливо (большой расход топлива) - высокая трудоемкость эксплуатации оборудования;
О: внешние благоприятные факторы	Т: внешние угрозы
- появление новых технологий; - доступность энергоресурсов.	- рост цен на топливо; - ужесточение экологического законодательства.

Рассмотрев SWOT-анализ двух вариантов целесообразности расширения районной котельной г. Копейска по наличию сильных и слабых сторон, можно сделать вывод, что вариант расширения котельной с установкой котла КВГМ-35-150 является более целесообразным. Поэтому дальнейшие расчеты будут производиться только для этого варианта.

10.3 Дерево целей предприятия и проекта

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую подчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления.

При построении дерева целей используются такие их свойства, как соподчиненность, развертываемость и относительная важность.

Соответственно, наверху находится главная, генеральная цель организации.

Поскольку достижение главной цели проекта является достаточно сложной задачей, то производят разложение цели на несколько более мелких целей, совокуп-

ное достижение которых приводит к достижению основной цели. При построении «дерева целей» его проектирование идет по методу «от общего к частному».

Прекращение разделения цели на более мелкие прекращается в тот момент, когда дальнейший процесс является нецелесообразным в рамках рассмотрения главной цели.

Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не разделяются и дают конечные результаты, определенные главной целью. В приложении А (рисунок А.1) представлено планирование целей проекта расширения котельной.

10.4 Модель поля сил эффективности реализации проекта

На схеме поля сил изменений системы представлено соотношений влияний движущих сил реализации целей и сдерживающих сил, этому препятствующих. Данное поле характеризует организационную надежность состояния предприятия, устойчивость и направленность его развития.

Толщина стрелки показывает её относительное влияние при реализации темы проекта.

По реализации расширения районной котельной №1 можно выделить следующие движущие силы:

1. Перспективный план развития предприятия – сильная, так как в АО «Челябоблкоммунэнерго» принята программа расширения котельных, позволяющая увеличить мощность и автоматизацию производства тепловой энергии, снижению экологических проблем и т.д.;

2. Стимулирование персонала – сильная, так как это позволит получить более качественный выполненный труд;

3. Применение известного оборудования – менее сильная, так как это влечет наличие квалифицированного персонала, но не гарантирует необходимого инструмента и запаса материалов и запасных частей для ремонта;

4. Отсутствие затрат на обучение персонала – средняя, так как это обосновано тем, что оборудование успешно используется в данной котельной на протяжении многих лет.

5. Увеличение производительности котельной: котельная сможет обеспечивать более количество потребителей тепловой энергией, а предприятие АО «Челябоблкоммунэнерго» сможет получать большее количество прибыли.

Сдерживающими силами при реализации проекта являются:

1. Необходимость демонтажа дополнительного оборудования, чтобы установить комплект нового оборудования, что влечет за собой следующую силу;

2. Необходимость остановки всей котельной на период монтажных работ;

3. Большие капитальные затраты обусловлены большими мощностями устанавливаемого оборудования, что в свою очередь заставляет проводить реализацию проекта в несколько этапов.

Соотношение влияния движущих сил и сдерживающих сил представлена в Приложении Б (рисунок Б.1).

10.5 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

Правильно построенное дерево целей преобразуется в план-график Ганта.

График Ганта позволяет: визуально оценить последовательность задач, их относительную длительность и протяженность проекта в целом.

График отображен в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – График Ганта

Этапы работы	Исполнитель	Продолжительность этапов 01.01.2020 г. по 01.09.2020 г.							
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август
1	2	3							
Выбор и утверждение проектной организации	Главный энергетик								
Разработка проектной документации	Проектная организация								
Согласование проекта в органах Ростехнадзора	Главный энергетик								
Выбор и утверждение подрядных организаций по поставке оборудования, монтажных и пусконаладочных работ	Ведущий инженер отдела снабжения								
Организация поставки оборудования в котельную	Логист отдела снабжения								
Производство монтажных работ	Монтажная организация								
Производство пусконаладочных работ	Пусконаладочная организация								

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2019.954.03 ПЗ

Лист

78

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был предложен вариант расширения районной котельной №1 г. Копейска.

В ходе выполнения работы был произведен расчет тепловых нагрузок по климатическим данным г. Копейска по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Выполнен расчет температурного графика и расход сетевой воды, расчет тепловой схемы котельной, основной целью которого является: определение общих тепловых нагрузок и определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок тепла, годовых расходов топлива и др.), а также тепловой расчет котла выбранного котла КВ-ГМ-35-150.

На основе произведенных расчетов также выполнен вспомогательного оборудования. К установке выбрана горелка ГМПВ-40, вентилятор ВДН-15Х-1000, дымосов ДН-17Х-750, комплект автоматики на основе контроллеров «БУК-МП-11».

В разделе автоматизации выполнено описание функциональной схемы котельной.

В разделе экологии были рассмотрены вопросы защиты окружающей среды, произведен расчет выбросов вредных веществ в атмосферу и выполнен поверочный расчет существующей дымовой трубы Ду 1000мм и высотой 30 м.

Также в работе были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала и предусмотрены мероприятия по технике безопасности, охране труда, электро- и противопожарной безопасности.

В экономической части проекта рассмотрены два варианта «Расширение котельной с установкой котлов КВ-ГМ» и «варианта «Расширение котельной с установкой котлов Энтророс», а также определены основные технико-экономические показатели котельной. Капитальные затраты проекта расширения составят 37 215,70 тыс.руб., а текущие затраты на обслуживание котельной – 5 019 662,10 тыс.руб./год.

					13.03.01.2019.954.03 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации; опубликован в «Российской газете» 27.11.2009 г.;

2 Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса; опубликован в «Российской газете» 26.07.2011 г.;

3 Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 №116. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением; опубликован в «Российской газете» 22.12.2014 г.;

4 Приказ Минтруда РФ от 04.07.2017 №551н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок; опубликован в «Российской газете» 03.10.2017 г.;

5 Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 19.02.2016 г. №328н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок; опубликован в «Российской газете» 19.10.2016 г.;

6 ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. М.: Государственный стандарт СССР, 1996. – 13 с.;

7 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. М.: Государственный стандарт СССР, 1991. – 8 с.;

8 ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Государственный стандарт СССР, 1981. – 21 с.;

9 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов». М.: Издательство стандартов, 2001. – 32 с.

10 ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Издательство стандартов, 2015. – 44 с.;

11 ГОСТ 31532-2012. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. М.: Госстандарт России, 2012. – 64 с.;

12 ГОСТ 31607-2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. М.: Стандартиформ, 2013. – 28 с.;

13 СН 423-71. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. М.: Минрегион России, 2013. – 37 с.;

14 СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. М.: Минрегион России, 2012. – 75 с.;

15 СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012. – 31 с.;

- 16 СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.;
- 17 СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. М.: Минрегион России, 2012. – 43 с.;
- 18 СП 89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012. – 38 с.;
- 19 Стандарт НП АВОК 1.05.2012. Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха и теплоснабжения. М.: Москва, АВОК-пресс, 2012. – 24 с.;
- 20 СТО 024947335.4-02-2006. Стандарт организации. Расчет тепловых схем котельных. М.: СантехНИИпроект, 2006. – 84 с.;
- 21 СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 57 с.;
- 22 МДК 4-03.2001. Методика определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. М.: Госстрой России, 2004. – 51 с.;
- 23 МДК 4-05.2004. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения. М.: Госстрой России, 2014. – 48 с.;
- 24 Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»: учебное пособие для бакалавров и магистрантов / А. А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 44 с.;
- 25 Алабугина Р.А. Выпускная квалификационная работа: структура, требования к оформлению и нормоконтролю: методические указания / Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 43 с.;
- 26 Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник / А.А. Александров, Б.А. Григорьев. М.: Издательство МЭИ, 2004. – 98 с.;
- 27 Боровик, С.И. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / С.И. Боровик, В.Г. Зеленкин, Л.М. Киселева. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 273 с.;
- 28 Борисова, Л.М. Экономика энергетики: учебное пособие / Л.М. Борисова, Е.А. Гершанович. – Томск: Издательство ТПУ, 2006. – 208 с.;
- 29 Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.И. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 248 с.
- 30 Бухмиров, В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В.В. Бухмиров, Н.Н. Нурахов, П.Г. Косарев. – М.: Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», 2014. – 96 с.;
- 31 Грибанов, А.И. Расчёт дымовой трубы / А.И. Грибанов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 22 с.;
- 32 Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов / Г.Н.

						<i>Лист</i>
					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>81</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ского оборудования: справочник / А.И. Ящура. – М.: Издательство НЦ ЭНАС. 2006. – 504 с.;

52 Официальный сайт ООО «Арсенал» – <http://www.arsenal74.ru>;

53 Официальный сайт ООО «Бийский котельный завод» – <http://www.bikz.ru>;

54 Официальный сайт ООО «Котельные установки и электростанции» – <http://www.energroun.ru>;

55 Официальный сайт ООО «Энтропос» – <http://www.entroros.ru>;

56 Официальный сайт ООО «Чип Унигаз» – <http://www.cibunigas.com/ru/>.

					<i>13.03.01.2019.954.03 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ А
 Планирование целей проекта расширения котельной

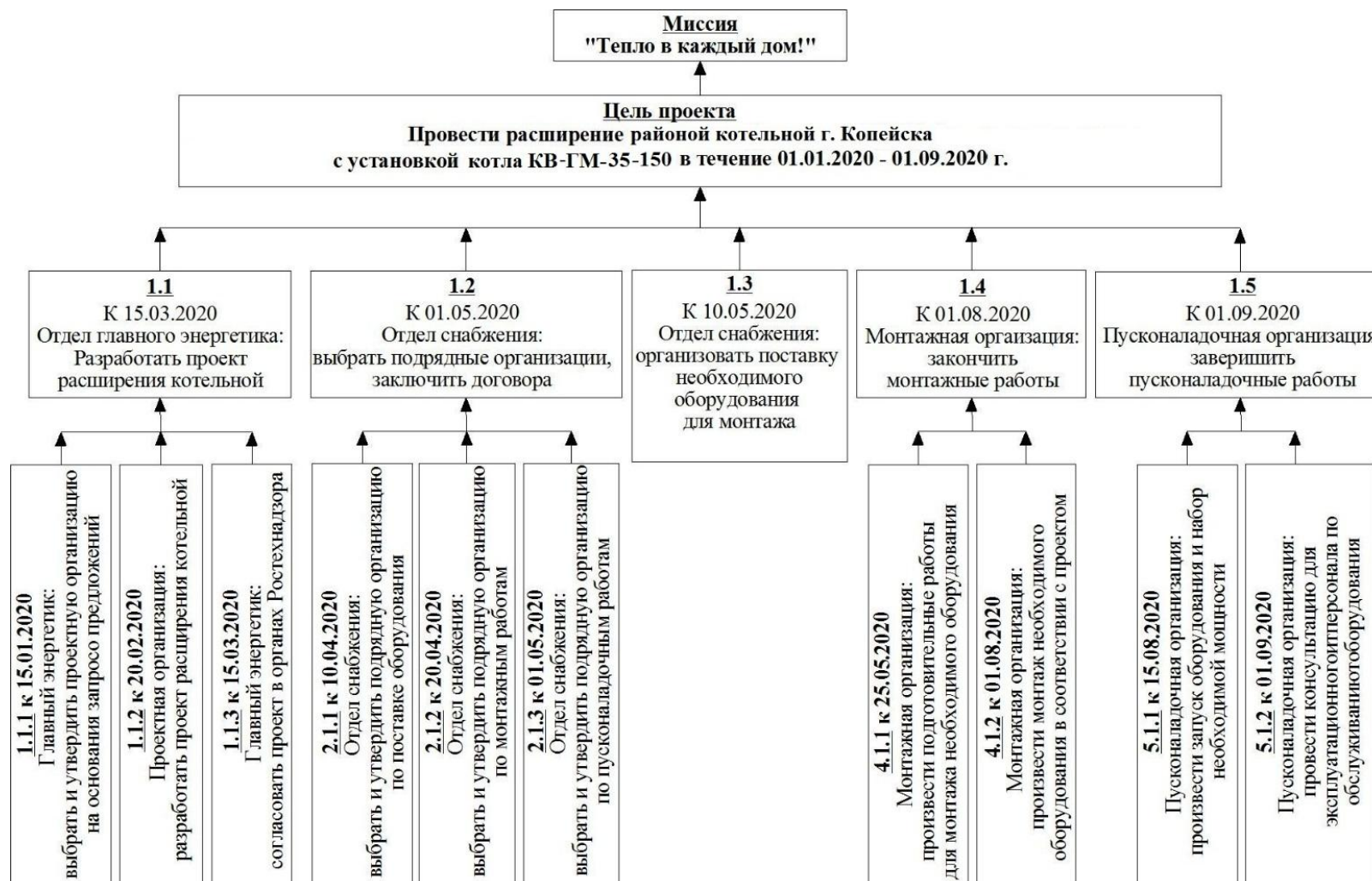


Рисунок А.1 – Дерево целей проекта расширения котельной

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Модель поля сил эффективности реализации проекта

Движущие силы



Сдерживающие силы

Рисунок Б.1 - Модель поля сил эффективности реализации проекта