

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Главный инженер
Копейских Электротепловых сетей
В.Г. Костенко
«___» 2017 г.

М.П.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,
к.т.н., доцент
К.В. Осинцев
«___» 2017 г.

**УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ДЛЯ ЖИЛОГО
МИКРОРАЙОНА «ПЛАСТМАСС» Г. КОПЕЙСКА**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2017.050.05 ПЗ ВКР**

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

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

Руководитель,
к.т.н., доцент
Л.Е. Лымбина
«___» 2017 г.

Автор работы
студент группы ПЗ–580
В.В. Пашнин
«___» 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Пашнин В.В. Увеличение тепловой мощности источника для жилого микрорайона «Пластмасс» г. Копейска. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-580с; 2017, 86 с., 4 ил., библиогр. список – 50 наименований, 6 листов чертежей ф. А1

Основанием для строительства котельной в г. Копейске служит ввод нового микрорайона «Пластмасс».

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является разработка источника теплоснабжения для микрорайона с установкой котлов КВ-ГМ.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 9-ти глав, заключения и библиографического списка.

Во введении изложены особенности развития малой энергетики в России, поставлены задачи проектирования, установлен объект работы.

В первой главе дана характеристика объекта, описана необходимость строительства нового источника теплоснабжения, выявлены необходимые технические решения для данной котельной.

В главе №2 рассмотрены литературные источники, к которым необходимо обратиться при написании ВКР.

Третья глава приводит сравнение выбранных котлов КВ-ГМ с зарубежными аналогами Ivar.

В четвертой части сделаны основные расчеты: определение мощности и расчет тепловой схемы котельной, тепловой и поверочный расчеты котла.

В пятой главе рассмотрены мероприятия по энергосбережению выбранных технологических решений.

Шестая глава содержит выбор и расчет дымовой трубы с целью снижения негативного влияния на окружающую среду.

В седьмой главе приведено описание функциональной схемы автоматизации и контрольно-измерительных приборов котла.

В восьмой главе выполнен технико-экономический расчет, сделан SWOT-анализ для реализации проекта, а также представлено поле сил Курта Левина.

В девятой главе произведен анализ потенциально опасных и вредных

В девятой главе произведен анализ потенциально опасных и вредных					13.03.01.2017.050.05 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Пашинин В.В.			Увеличение тепловой мощности источника для жилого микрорайона		
Пров.		Лымбина Л.Е.			«Пластмасс» г. Копейска		
Н. Контр.		Алабугина Р.А.					
Утв.		Осинцев К.В.					
					Лит.	Лист	Листов
						3	86
					ЮУрГУ		
					Кафедра промышленной тепло-энергетики.		

производственных факторов и предложены мероприятия по охране труда.

В заключении подведены итоги основных показателей и технических решений проекта.

Графическая часть выполнена на 7-ми листах формата А1.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист 4
------	------	----------	---------	------	-------------------------	-----------

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА «ПЛАСТМАСС» Г.КОПЕЙСКА	9
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	11
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ГАЗОВЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ	14
4 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ	20
4.1 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС жилых и общественных зданий	20
4.2 Описание и расчет тепловой схемы котельной	32
4.3 Расчет котла КВ-ГМ-7,56-150Н	36
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	52
5.1 Технологические решения	55
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	56
6.1 Методы подавления образования окислов азота в топках котлов ..	56
6.2 Очистка дымовых газов от окислов азота	57
6.3 Определение объемов продуктов сгорания топлива	59
6.4 Расчет объемов продуктов сгорания, образующихся при работе котлов	60
6.5 Расчет выбросов оксидов азота	61
6.6 Расчет максимальной концентрации выбросов NO ₂	62
7 АВТОМАТИЗАЦИЯ	68
7.1 Построение схемы автоматизации	70
7.2 Автоматизация водогрейного котла КВ-ГМ-7,56-150Н	71
8 ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	73
8.1 Технико-экономический расчет	73
8.2 SWOT-анализ для реализации проекта строительства	74
8.3 Оценка движущихся и сдерживающих сил и ресурсов	74
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТИ	76
9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов	76
9.2 Безопасность производственных процессов и оборудования	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	82

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	5
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

ВВЕДЕНИЕ

Развитие тепло и электроэнергетики ведется в основном за счет строительства крупных тепловых и атомных электростанций с мощными конденсационными турбинами 300, 500, 800 и 1000 МВт. В этих условиях постройка новых ТЭЦ экономически оправдана лишь в тех районах, где имеются комплексы промышленных предприятий и жилые массивы с большой концентрацией тепловых потребителей.

В тех районах, где концентрация теплового потребления не достигает экономически целесообразного для постройки ТЭЦ максимума, должна осуществляться оптимальная централизация теплоснабжения на основе развития сети крупных районных котельных [45].

При централизации теплоснабжения и закрытии небольших малоэкономичных заводских и домовых котельных уменьшаются расходы топлива, уменьшается загрязнение окружающей среды и сокращается количество обслуживающего персонала.

Децентрализация теплоснабжения решает часть проблем [46]:

- эффективный метод экономии энергоресурсов и материальных средств;
- максимальное приближение источника тепла к потребителю значительно снижает и даже практически полностью исключает потери тепла по ходу теплотрасс;
- снижаются или полностью исключаются расходы на прокладку и обслуживание теплотрасс;
- снижаются затраты на строительство и оборудование специальных помещений для тепловых узлов.

При использовании автономных систем теплоснабжения становится возможным строительство многоквартирных жилых объектов в районах новой застройки, необеспеченных развитой сетью теплотрасс; в микрорайонах и кварталах с хроническим недогревом; в зонах тупиковых теплотрасс.

Степень экономии средств и тепла в первую очередь зависит от избранного варианта автономного теплоснабжения.

Цель работы – расчет и разработка решений для пиковой водогрейной котельной микрорайона «Пластмасс» в городе Копейске.

В работе ставятся следующие задачи:

- определение необходимой тепловой мощности нового микрорайона;
- выполнение тепловых расчетов нового оборудования;
- выбор основного и вспомогательного оборудования для расчетной мощно-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	6
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

сти;

- определение экономической эффективности для предложенной схемы котельной;
- выявление уменьшения негативного экологического воздействия при работе на газообразном топливе.

В работе необходимо соблюдать последовательность, логичность и точность изложенных расчетов и исследований.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист 7
------	------	----------	---------	------	-------------------------	-----------

1 ОБОСНОВАНИЕ И АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА «ПЛАСТМАСС» Г. КОПЕЙСКА

Основанием для строительства котельной служит ввод нового микрорайона «Пластмасс» по ул. Кожевникова и пр. Победы г. Копейска. Заказчиком принято решение выбрать в качестве источника теплоснабжения нового микрорайона современную котельную на газообразном топливе.

На основании проведенных расчетов в четвертой главе тепловых нагрузок района теплоснабжения необходимо количество теплоты 26,5 МВт. С учетом собственных нужд котельной (0,34 МВт) и потерь в тепловых сетях максимальный отпуск тепла из котельной составит 29,169 МВт. По надежности отпуска тепла потребителям котельная относится ко 2-й категории.

В котельной предлагается установить 4 котла КВ-ГМ-7,56-150Н, мощностью 7,56 МВт (6,45 МВт (Гкал/час)). Котел имеет водотрубную схему, что влечет за собой высокое гидравлическое сопротивление котла, но повышает надежность и срок службы котлоагрегата. Котлы оборудуются газовыми горелками «Baltur» TBG-800MC прогрессивного исполнения с рампой VGD 40,65, мощностью 0,8...8 МВт.

Топливом служит природный газ с низшей теплотой сгорания 8670 ккал/м³. Аварийное топливо не предусмотрено.

Работа котельной осуществляется по схеме с использованием двух пластинчатых теплообменников фирмы «Ридан» НН№100-16/206-ТК тепловой мощностью 10 Гкал. Система теплоснабжения двухтрубная, закрытая, двухконтурная. При этом котловой контур и контур тепловой сети имеют различные температурные графики. Температурный график котлов: 150/70 °C, тепловой сети: 95/70 °C.

Тепло потребителям подается по проектируемым тепловым сетям, прокладываемым канально до потребителей.

Котельная расположена в центральной части г. Копейска. Подъезд к котельной организован со стороны существующей асфальтобетонной дороги по ул. Кожевникова и пр. Победы.

Водоотвод осуществляется от стен котельной по спланированному проезду на пониженные места рельефа.

На площадке, в северной ее части, планируется установить 4 дымовых трубы для отвода дымовых газов котлов, устанавливаемые консольно.

Котельная автоматизированная с присутствием обслуживающего персонала. Автоматизация котлоагрегата КВ-ГМ-7,56-150Н выполнена на базе измерителей-регуляторов «Малахит-3М».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	8
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи в периодических изданиях, нормативно-законодательные акты.

Основным источником для проектирования является задание на проектирование АО «Челябоблкоммунэнерго», в котором указаны исходные параметры реконструируемой котельной (мощность, вид котлов, отопительный и производственный периоды), объем проектных работ и дополнительные условия.

Котельная на газообразном топливе является опасным промышленным объектом (сокращенно ОПО), поэтому на любой стадии – от проектирования до окончания эксплуатации вся документация, а также само оборудование подвергается регулярным проверкам и освидетельствованиям контролирующими органами исполнительной власти.

При проектировании ОПО такого рода в первую очередь следует руководствоваться официальными источниками, утвержденными специальными постановлениями Правительства РФ. Обязательно проверять актуальность изданий и статус: документ действующий или отменен.

В настоящее время действуют следующие основные нормативные документы, которые были использованы в настоящей работе:

1. Федеральный закон от 21.07.2011 г. № 256-ФЗ. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса, который устанавливает организационные и правовые основы в сфере обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса в Российской Федерации, за исключением объектов атомной энергетики.
2. СП 56.13330.2011 «Котельные установки» содержит указания по нормам проектирования котельных и требования, предъявляемые к оборудованию.
3. СП 124.13330.2012 (СНиП 41-02-2003) «Тепловые сети» устанавливает правила проектирование теплопроводов.
4. СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» определяет требования к типам и материалам изоляции технологического оборудования котельной и трубопроводов горячей воды и пара.

Для глубокого понимания механизмов работы такого сложного объекта как газовая котельная недостаточно знаний, почерпнутых только из нормативной литературы.

Территория Российской Федерации всегда отличалась суровым климатом, поэтому в отечественной литературе накоплено большое количество технических

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	9
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

книг по тематике котельного оборудования, тепловых сетей и особенностям теплоснабжения объектов. Конечно, значение таких книг как «Теплоснабжение» и «Газоснабжение» под ред. А.А. Ионина, «Проектирование тепловых сетей» (Справочник проектировщика) под редакцией А.А. Николаева трудно переоценить.

Современные технологии котельных позволяют полностью автоматизировать производство тепловой энергией, управлять оборудованием дистанционно. Новейшие приборы безопасности также являются сложными устройствами. На второй план уходят умение производить расчеты вручную.

Среди ученых, разрабатывающих актуальную литературу для студентов можно отметить:

1. Клименко А.В. – выдающийся ученый, член-корреспондент РАН выпустил серию книг, как монографий так и в соавторстве. Справочная серия «Теплоэнергетика и теплотехника» в 4-х книгах, в частности «Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы. Книга 1» раскрывает общие вопросы в области теплоэнергетики и теплотехники.

2. Расчет тепловой схемы выполнен в соответствии с рекомендациями Кириллова В.В., которые он излагает в учебном пособии для студентов «Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий». В пособии рассмотрены вопросы расчета теплового потребления, регулирования тепловых нагрузок, проектирования и расчета тепловых схем источников теплоснабжения.

3. Соколов Е.Я. «Теплофикация и тепловые сети» – изложены энергетические основы теплофикации. Даны классификация и методика расчета тепловой нагрузки городов и промышленных районов. Описаны системы централизованного теплоснабжения и режимы их регулирования. Приведены методика гидравлического и теплового расчетов тепловых сетей, схемы, конструкции и методы расчета теплофикационного оборудования ТЭЦ, тепловых сетей, групповых и местных тепловых подстанций. Рассмотрены основные задачи и структура организации эксплуатации систем централизованного теплоснабжения.

4. Липатников Г.А., Гузеев М.С. «Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики» – приведены краткие сведения по теории автоматического регулирования, методам математического моделирования объектов и систем регулирования объектов теплоэнергетики; дано описание современных средств автоматизации, применяемых законов регулирования и их реализации; представлены схемы автоматического регулирования и защиты основного и вспомогательного оборудования тепловых электростанций, в том числе при блочной ее компоновке,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	10
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

а также отопительных и производственных котельных.

При разработке раздела по энергосбережению необходимо изучить книги Фокина В.М. У данного автора серия книг, посвященных энергосбережению в вопросах теплоснабжения и выработка тепловой энергии.

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

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

Итоговый состав литературных источников, использованных при написании данной выпускной квалификационной работы представлен в библиографическом списке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	11
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ В ОБЛАСТИ ГАЗОВЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Котельная промышленность России – одна из самых больших отраслей энергетической промышленности страны: более двадцати крупных котельных заводов. Российской промышленностью в 80-е годы освоено производство котлоагрегатов сверхкритических параметров, которые без существенных изменений выпускаются до настоящего времени [43].

Рассматриваемая котельная выполнена на базе котлоагрегатов КВ-ГМ-7,56-150Н. Подобные типы котлов в России выпускают несколько котельных заводов: Дорогобужский котельный завод (ОАО «Дорогобужкотломаш») и Бийский котельный завод.

Котлы серии КВ-ГМ (КВ-ГМ) производства Бийского котельного завода предназначены для получения горячей воды с номинальной температурой на выходе из котла 150°C, используемой в системе централизованного теплоснабжения на нужды отопления и ГВС объектов промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей предприятий различных отраслей [49].

Котлы предназначены для работы в закрытой системе теплоснабжения с принудительной циркуляцией воды.

Отличительные особенности КВ-ГМ:

- поставка котла в повышенной заводской готовности обеспечивает качество изделия и позволяет сократить сроки монтажа котла;
- при поставке котлов россыпью не требуются технологические проёмы в здании котельной для монтажа оборудования, а качество изделия в целом обеспечивается при монтаже и контролируется заказчиком на месте установки котла;
- обмуровка котлов, производимая на месте установки, существенно снижает массу поставочного блока котла и сроки заводского изготовления;
- унифицированные узлы и детали, применяемые в данной заводской серии котлов, позволяют их использовать на аналогичных водогрейных котлах других производителей;
- блоки (с минимальной реконструкцией) могут использоваться с разными горелками;
- устройство возврата уноса и острого дутья в котлах даёт более полное выгорание топлива, и, следовательно, меньший расход топлива и снижение выбросов СО, не превышающее допустимых значений;
- котлы долговечны, ремонтопригодны, просты в обслуживании, имеют дос-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 13.03.01.2017.050.05 ПЗ 12
------	------	----------	---------	------	---------------------------------------

туп для осмотра, ремонта и очистки труб;

- котлы с горелкой работают в автоматическом режиме, имея возможность регулировки параметров и стабильность несения нагрузки;
- конструкция котлов рассчитана на установку в районах с сейсмичностью 9 баллов включительно.

Водогрейные котлы ОАО «Дорогобужкотломаш» предназначены для получения горячей воды с давление до 1,0 МПа и температурой 150°C (115°C), которая используется в системах отопления жилых, общественных и производственных зданий.

Котлы имеют единый профиль, и отличаются лишь глубинами конвективного газохода и топочной камеры. Топочная камера, имеющая горизонтальную компоновку, экранирована трубами Ø60×3 мм с шагом 64 мм, входящими в коллекторы Ø159×7 мм. Конвективная поверхность нагрева расположена в вертикальном газоходе, состоит из U-образных ширм из труб Ø28×3 мм с шагом $S_1=64\text{мм}$ и $S_2=40\text{мм}$.

Котлы могут быть оборудованы любыми как зарубежными, так и отечественными газовыми горелками, соответствующей производительности (имеющие соответствующие технические характеристики и сертификат соответствия Госстандарта РФ). Горелка устанавливается на воздушном коробе котла, который крепится на фронтовом экране к щиту.

Обслуживание горелочного устройства, его описание и технические характеристики даны в документации, прилагаемой с горелочным устройством [50].

Котлы, которые работают на мазуте, оборудуются устройством газоимпульсной очистки (ГИО) для удаления наружных отложений с труб конвективной поверхности нагрева. Принцип работы газоимпульсной очистки основан на воздействии на наружные отложения направленных ударных и акустических волн, генерируемых за счет взрывного горения газовоздушной смеси.

Несущий каркас у котлов отсутствует. Каждый блок котлов (топочный и конвективный) имеет опоры, приваренные к нижним коллекторам. Опоры, расположенные на стыке конвективного блока и топочной камеры, неподвижны.

В данном проекте рассмотрен именно котел производства ОАО «Дорогобужкотломаш», как наиболее соответствующий технологическим требованиям.

Сравним в общих чертах котельные установки зарубежных производителей.

Иностранные колы имеют отличительные признаки в зависимости от страны их производства:

1. Западногерманские производители промышленных котлов выпускают котлы на газовом, жидкое и твердом топливе марок Vissman, Vaillant, Buderus и дру-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	13
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

гих. Котлы производителей Германии отличаются высоким качеством и долгим сроком эксплуатации. Они служат от 20 до 40 лет, но очень дорогостоящие.

2. Итальянские, испанские, французские, бельгийские котлы работают до 10 лет.

3. Чешские, словацкие, турецкие котельные установки при определенном качестве сравнительно недороги.

4. Котлы производителей Южной Кореи, Японии известны высокой степенью автоматизации, но также являются дорогостоящими.

Как показывает данный обзор, закупать оборудование за границей в настоящий момент не всегда экономически целесообразно, хотя котельные установки импортного производства высокотехнологичны.

Например котлы немецкой фирмы Bosch аналогичной теплопроизводительности серии Unimat UT-L/UT-M работают на газе или дизельном топливе мощностью от 650 до 19200 кВт.

В кotle поверхности нагрева расположены симметрично, в его конструкции использован принцип трехходового прохождения продуктов сгорания, имеется водоохлаждаемая камера с поворотом газового потока и цилиндрическая жаровая труба.

Котел предназначен для работы на дизельном топливе EL по Din 51-603, на природном и сжиженном газе или рапсовом масле. Котел работает со всеми дизельными и газовыми вентиляторными горелками по EN 267 и EN 676 или горелками, имеющими знак CE:

- малые потери с лучистым теплом благодаря компактной цилиндрической конструкции, обшивке из алюминиевого листа и хорошей теплоизоляции;
- высокий стандартизованный коэффициент использования (в зависимости от температуры теплоносителя и при котловой нагрузке свыше 94 %);
- в комбинации со встроенным конденсационным теплообменником может использоваться как газовый конденсационный котел;
- высокая эксплуатационная надежность благодаря встроенному инжектору для равномерного распределения температуры;
- полное использование диапазона регулирования горелки, поскольку отсутствует ограничение минимальной нагрузки на горелку;
- работа с пониженным уровнем шума и низкими выбросами вредных веществ;
- низкие выбросы вредных веществ благодаря организации прохода продуктов сгорания по трехходовому принципу и наличию низкоэмиссионной газовой или дизельной вентиляторной горелки;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	14
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

- Bosch Unimat UT-LN используется при повышенных требованиях к выбросам вредных веществ и имеет очень низкую объемную нагрузку на камеру сгорания при больших размерах самой камеры;
- существенно снижены шумы в рабочем режиме благодаря звукопоглощающей подставке под котел, звукопоглощающему кожуху горелки и шумоглушителю дымовых газов;
- простое и удобное управление отопительных котлов Bosch Unimat UT-L/UT-M;
- адаптация регулировочных функций в зависимости от применения;
- простая настройка всех функций системы управления;
- возможно расширение комплектации системы управления дополнительными модулями.

Газовые котлы производителя из России просты в управлении, неприхотливы в эксплуатации. Они превосходно адаптированы к непростым условиям использования, сложившимся в нашей стране. Российские газовые котлы отличаются легкостью сервисного обслуживания, а стоимость с лихвой окупает тот комфорт, который они обеспечивают. Газовый котел российского производства неприхотлив к давлению природного газа в магистрали, энергонезависим, а главное – он дёшев.

Отечественные производители промышленных котлов создают модели, которые соответствуют следующим требованиям:

- высокое качество, повышенная ремонтопригодность;
- долговечность;
- экономичность;
- универсальность, возможность работы на различных видах топлива;
- быстрый и качественный монтаж;
- выход на мощность в течение короткого времени, что немаловажно в суровых климатических условиях;
- доступная стоимость.

Котельные установки импортного производства высокотехнологичны, а значит, дороги. Кроме того, не все они адаптированы к русским условиям эксплуатации. Поэтому приобретать дорогую и «капризную» для России зарубежную отопительную технику просто нецелесообразно.

При выборе газового котла следует учитывать русские перманентные проблемы с подачей электрической энергии. Отечественные газовые системы отопления в отличие от импортных систем являются полностью энергонезависимыми. Следовательно, они могут продолжать работу и при отключениях электричества.

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ 15

В рамках программы импортозамещения возможен вариант изготовления котла на территории РФ по лицензиям западных производителей.

Аналогом котлов КВ-ГМ являются котлы Eurotherm производства ОАО «Вольф Энерджи Солюшен» – промышленные отопительные водогрейные водотрубные газо-мазутные котлы.

Приведем основные технические характеристики котла КВ-ГМ-7,56-150Н/115Н (таблица 3.1) [50].

Таблица 3.1 – Основные характеристики котла КВ-ГМ-7,56-150Н/115Н

Наименование параметра	КВ-ГМ-7,56-150Н/115Н
1	2
Теплопроизводительность номинальная, МВт (Гкал/ч)	7,56 (6,5)
Расчетное (избыточное) давление воды на входе в котел, МПа (кгс/см ²)	1,6 (16,3)
Абсолютное рабочее давление воды на выходе из котла, МПа (кгс/см ²), не менее	1,0(10) / 0,43 (4,3)
Температура воды на входе в котел, °С:	70±2
Температура воды на выходе из котла, °С	150±2/ 115±2
Недогрев воды до кипения на выходе из котла, °С	(20)+10
Время растопки котла, ч, не более	0,5
Диапазон регулирования теплопроизводительности по отношению к номинальной	30...100
Допустимое число пусков за срок службы, не более	2000
Гидравлическое сопротивление, МПа (кгс/см ²), не более	0,25 (2,5)
Коэффициент блочности, % (поверхность нагрева), не менее	100
Масса котла, кг, расчетная	10000
Расход воды через котел, т/ч, Dном:	80,5/144
Срок службы между капитальными ремонтами, лет, не менее	3
Полный назначенный срок службы котла, лет (ч)	10 (50000)
КПД котла, брутто, %, не менее:	
– на газе	93,12/94,64
– на мазуте	89,97/89,13
Расход топлива (расчетный)	
– природный газ, м ³ /ч,	810/797
– мазут, кг/ч,	775/789

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					16

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Продолжение таблицы 3.1

1	2
Эквивалентный уровень шума в зоне обслуживания, дБА, не более	80
Коэффициент избытка воздуха в топке, газ/мазут	1,05/1,1
Расчетное аэродинамическое сопротивление, Па	
– на газе	423,0/418,0
– на мазуте	590,0/582,0
Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, кг/ГДж ($\text{г}/\text{м}^3$), не более:	
– на мазуте	0,13(0,34)
– на газе	0,09 (0,23)

Цена такого котла выше, чем у котлов только российского производства. В отличие от ОАО «Дорогобужкотломаш», котлы Wolf трехходовые, особое внимание в проекте потребуется уделить аэродинамике газового тракта и дымовой трубы. Кроме этого, по заявлению из опыта эксплуатации, существует проблема с уплотнителями крышек Eurotherm.

Учитывая вышесказанное, принято решение об установке котлов российского производства ОАО «Дорогобужкотломаш» как наиболее соответствующим условиям эксплуатации, отличающимся надежностью, длительным сроком службы и ценой, ниже, чем у аналогичных котлоагрегатов других производителей.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

4 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Система теплоснабжения – совокупность технических средств, обеспечивающих получение тепла и передачу его с помощью теплоносителя к потребителям.

Источники теплоты систем теплоснабжения – комплексные технические устройства, в которых первичная энергия превращается в энергию теплоносителя (воды или пара) с требуемыми параметрами.

В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие четыре группы:

1. групповое – теплоснабжение от одного источника группы зданий;
2. районное – теплоснабжение от одного источника нескольких групп зданий (района);
3. городское – теплоснабжение от одного источника нескольких районов;
4. межгородское – теплоснабжение от одного источника нескольких городов.

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех последовательных операций:

1. подготовки теплоносителя;
2. транспортировки теплоносителя;
3. использования теплоносителя.

В больших системах теплоснабжения широко используют котельные установки мощностью 100 – 500 МВт. Такие установки могут работать совместно с ТЭЦ. Котельные установки используют как самостоятельные источники в локальных системах теплоснабжения или при совместной работе нескольких котельных на общую сеть. Для централизованного теплоснабжения помимо крупных районных котельных используют квартальные и групповые с нагрузкой 15 – 100 МВт, для теплоснабжения сельских и малых населенных пунктов – котельные мощностью до 15 МВт, децентрализованные домовые (местные) и поквартирные источники теплоты.

В отопительных котельных чаще всего устанавливают водогрейные котлы, но применяют и паровые котлы, приготовляя горячую воду для теплоснабжения в пароводяных подогревателях [44].

4.1 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС жилых и общественных зданий

Согласно техническому заданию, проектируемая котельная располагается в г. Копейск Челябинской области. Исходные данные согласно заданию на проекти-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	18
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

рование указаны в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Перечень основных данных и требований	Содержание основных данных и требований
Вид строительства	Новое строительство
Особые условия строительства	Нет
Требования к технологии, режиму предприятия	Котельная (по назначению) – отопительная. Работа котельной – круглосуточная. Котельная – автоматизированная с обслуживающим персоналом. Температурный график котлов 150/70. Температурный график потребителей 95/70 °С. Изменение температурного графика осуществить пластинчатым теплообменником, установленным в здании ЦТП-4.
Номенклатура оборудования	Котлы ОАО «Дорогобужкотломаш» КВ-ГМ-7,56-150Н. Горелки «Baltur» TBG-800MC. Насосное оборудование фирмы «Grundfos».
Требования к архитектурно-строительным, объёмно-планировочным, конструктивным решениям	Котельная (по размещению) – примыкающая к зданию ЦТП-4. Наружные стены выполнить сэндвич-панелями, толщиной 100 мм, кровля – 150мм. В котельной предусмотреть помещение оператора с санузлом и комнатой прима пищи. Отвод дымовых газов выполнить в проектируемую дымовую трубу, диаметр и высоту определить проектом. ГРУ котельной разместить на площадке. Тепловые сети проложить каналью. Магистральные сети выполнить из трубы Ду400 в раздельном канале для каждого трубопровода.

Участок предполагаемого строительства котельной расположен в центральной части г. Копейска.

Участок ограничен: с севера – многоквартирными жилыми домами по ул. Кожевникова; с востока – Средней общеобразовательной школой №21 по пр. Побе-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 13.03.01.2017.050.05 ПЗ 19
------	------	----------	---------	------	---------------------------------------

ды; с юга – многоквартирными жилыми домами по пр. Победы; с запада – многоквартирными жилыми домами по ул. Кожевникова. Подъезд к участку возможен с ул. Кожевникова, имеющей асфальтовое покрытие.

В непосредственной близости от участка проходят все необходимые виды инженерных коммуникаций.

Строительство котельной позволит осуществлять теплоснабжение и горячее водоснабжение жилой застройки микрорайона с учетом перспективного развития.

Характеристика потребителей тепла представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристика потребителей тепла

Адрес потребителя	Назначение	Объем здания, м ³
ул. Кожевникова, 47	Жилой дом	144
ул. Кожевникова, 51	Жилой дом	298
ул. Кожевникова, 51а	Жилой дом	643
ул. Кожевникова, 53	Жилой дом	703
пр. Победы, 46	Жилой дом	298
пр. Победы, 46а	Жилой дом	444
пр. Победы, 48б	Жилой дом	877
пр. Победы, 50а	Жилой дом	703

Климатологические параметры района строительства (Челябинская область, г. Копейск) для холодного периода года приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Климатические параметры холодного периода года [16]

Параметр	Величина
1	2
Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98, °C	-39
Температура воздуха наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92, °C	-38
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98, °C	-35
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °C	-34
Температура воздуха обеспеченностью 0,94, °C	-21
Абсолютная минимальная температура воздуха, °C	-48

Продолжение таблицы 4.3

1	2
Продолжительность, сут, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 0 °C, сут.	162
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 0 , °C	−10,1
Продолжительность, сут, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 8 °C, сут.	218
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 , °C	−6,5
Продолжительность, сут, периода со среднесуточной температурой воздуха ≤ 10 °C, сут.	233
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 10 , °C	−5,5
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	78
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	78
Количество осадков за ноябрь-март, мм	104
Преобладающее направлением ветра за декабрь – февраль	ЮЗ
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	4,5
Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °C, м/с	3

Климатологические параметры района строительства для теплого периода года приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Климатические параметры теплого периода года [16]

Параметр	Величина
1	2
Барометрическое давление, ГПа	985
Температура воздуха обеспеченностью 0,95, °C	21,7
Температура воздуха обеспеченностью 0,98, °C	25,9
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °C	24,1

Продолжение таблицы 4.4

1	2
Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	40
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С	10,7
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	69
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	54
Количество осадков за апрель – октябрь, мм	435
Суточный максимум осадков, мм	88
Преобладающее направление ветра за июнь – август	С3
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с	3,2

Средняя температура воздуха для данного региона приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Средняя месячная и годовая температура воздуха [16]

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-15,8	-14,3	-7,4	3,9	11,9	16,8	18,4	16,2	10,7	-2,4	-6,2	-12,9	2,0

Удельные показатели максимальной тепловой нагрузки на отопление и вентиляцию жилых домов приняты следующими:

- для зданий, построенных после 2015 года этажностью 7 – 10 этажей:
 $q_{y\partial} = 48 \text{ Вт}/\text{м}^2$;
- для зданий, построенных после 2015 года этажностью 11 – 14 этажей:
 $q_{y\partial} = 45 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Нормативные значения отпуска тепловой энергии складываются из требуемых при данном значении температуры наружного воздуха значений теплового потребления всех потребителей системы теплоснабжения (отопление, приточная вентиляция, кондиционирование воздуха, горячее водоснабжение) и нормативных значений тепловых потерь через изоляционные конструкции трубопроводов тепловой сети, а также с потерянным теплоносителем (4.1):

$$Q_{omn} = Q_{mn} + Q_{uz} + Q_y \quad (4.1)$$

где Q_{mn} , Q_{uz} и Q_y – тепловое потребление, тепловые потери через изоляционные конструкции трубопроводов тепловой сети, а также обусловленные потерями

теплоносителя (при характерном значении температуры наружного воздуха).

Требуемые значения теплового потребления (отопление, приточная вентиляция, кондиционирование воздуха) определяются на основе расчетных значений тепловой нагрузки этих видов теплового потребления пересчетом их на характерные значения температуры наружного воздуха; значения теплового потребления на горячее водоснабжение одинаковы для всех значений температуры наружного воздуха и равны средней часовой за неделю тепловой нагрузке горячего водоснабжения каждого потребителя тепловой энергии.

Количество тепловой энергии на отопление

Количество тепловой энергии, Гкал, необходимой для отопления зданий на планируемый период (отопительный период в целом, квартал, месяц, сутки), определяется по формуле (4.2):

$$Q_o = \frac{Q_{o\max} \cdot 24 \cdot (t_j - t_{om}) \cdot n}{(t_j - t_o)} \quad (4.2)$$

где Q_{max} – расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, МВт (Гкал/ч), принимается по проекту зданий; при отсутствии проектных данных – по укрупненным показателям с учетом удельной отопительной характеристики;

t_j – усредненное расчетное значение температуры воздуха внутри отапливаемых зданий, °C;

t_0 – расчетное значение температуры наружного воздуха для проектирования отопления в конкретной местности, °C;

t_{om} – среднее значение температуры наружного воздуха за планируемый период, °C;

n – продолжительность функционирования систем отопления в планируемый период, сут.

Ввиду ограниченности объема пояснительной записки, подробно разберем пример расчета только для жилого дома по адресу: ул. Кожевникова, 47.

Внутренняя температура воздуха в жилых зданиях принимается равной

$$t_j = 22^\circ\text{C}$$

$$t_0 = -34^\circ\text{C}$$

$$n = 218 \text{ суток}$$

$$t_{om} = -6,5^\circ\text{C}$$

При отсутствии проектной информации расчетную часовую тепловую нагрузку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	23
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

ку отопления отдельного здания можно определить по укрупненным показателям (4.3):

$$Q_{o\max} = \alpha \cdot V \cdot q_o \cdot (t_j - t_o) \cdot (1 + K_{u.p}) \cdot 10^{-6} \quad (4.3)$$

где α – поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления t_{om} от $t_o = -30$ °C, при которой определено соответствующее значение q_o ;

V – объем здания по наружному обмеру, м³;

q_o – удельная отопительная характеристика здания при $t_o = -30$ °C, ккал/м³ · °C.

Удельную отопительную характеристику здания q_o , ккал/м³ · °C, соответствующего его строительному объему значения q_o , можно определить по формуле (4.4):

$$q_o = \frac{a}{\sqrt[n]{V}} \quad (4.4)$$

где $a = 1,6$ ккал/м · °C;

$n = 6$ – для зданий строительства до 1958 г.;

$a = 1,3$ ккал/м · °C;

$n = 8$ – для зданий строительства после 1958 г.

Расчетный коэффициент инфильтрации $K_{u.p}$ определяется по формуле (4.5):

$$K_{u.p} = 10^{-2} \sqrt{\left[2gL \left(1 - \frac{273 + t_o}{273 + t_j} \right) + w_o^2 \right]} \quad (4.5)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

L – свободная высота здания, м;

w_o – расчетная для данной местности скорость ветра в отопительный период, м/с.

$$K_{u.p} = 10^{-2} \sqrt{\left\{ 2 \cdot 9,81 \cdot 35 \cdot \left(1 - \frac{273 - 34}{273 + 18} \right) + 3,5^2 \right\}} = 0,12$$

$$Q_{o\max} = 0,96 \cdot 144 \cdot 55,361 \cdot (22 + 34) \cdot (1 + 0,12) \cdot 10^{-6} = 0,558 \text{ МВт}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

$$Q_o = \frac{0,558 \cdot 24 \cdot (22 + 6,5) \cdot 218}{(22 + 34)} = 1485,8 \text{ МВт}$$

Количество тепловой энергии на вентиляцию

Потребность в тепловой энергии на вентиляцию и воздушно-тепловые завесы определяется для соответствующих систем, имеющихся в теплоснабжаемых зданиях.

Продолжительность функционирования систем приточной вентиляции в течение суток и длительность планируемого периода принимаются в зависимости от назначения и режима работы организаций, расположенных в теплоснабжаемых зданиях. При отсутствии средств автоматического регулирования продолжительность функционирования калориферов систем приточной вентиляции – 24 ч/сут.

Количество тепловой энергии, МВт (Гкал/ч), необходимое для приточной вентиляции на планируемый период, определяется формулой (4.6):

$$Q_v = \frac{Q_{v\max} \cdot 24 \cdot (t_j - t_{om}) \cdot n}{(t_j - t_o)} \quad (4.6)$$

где $Q_{v\max}$ – расчетное значение часовой тепловой нагрузки приточной вентиляции, МВт (Гкал/ч);

t_0 – расчетное значение температуры наружного воздуха для проектирования отопления, °C;

n – продолжительность функционирования систем приточной вентиляции в планируемый период, ч.

Расчетные значения часовой тепловой нагрузки приточной вентиляции и воздушно-тепловых завес в жилых зданиях, зданиях социально-бытового и административного назначения, обслуживаемых теплоснабжающей организацией, определяются по проектам, энергетическим паспортам указанных зданий, по результатам приборных измерений, с коррекцией на условия планируемого периода, а также по нормам затрат тепловой энергии в этих зданиях, представленным абонентами и утвержденным в установленном порядке.

Допустимо определять расчетную часовую тепловую нагрузку приточной вентиляции общественных зданий по укрупненным показателям согласно формуле (4.7):

$$Q_v = \alpha \cdot V \cdot q_v \cdot (t_j - t_v) \cdot 10^{-6} \quad (4.7)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ 25

где q_v – удельная тепловая вентиляционная характеристика здания, зависящая от назначения и строительного объема вентилируемого здания, ккал/м³·°С.

Для рассматриваемого жилого дома подогрев воздуха для приточных систем вентиляции от проектируемых тепловых сетей не предусматривается.

Количество тепловой энергии на горячее водоснабжение

Необходимое количество тепловой энергии на горячее водоснабжение на планируемый период, МВт (Гкал/ч), определяется по формуле (4.8):

$$Q_h = Q_{hm} \cdot n + Q_{hms} \cdot n_s \quad (4.8)$$

где Q_{hm} – среднее значение часовой тепловой нагрузки горячего водоснабжения в отопительный период, МВт (Гкал/ч);

Q_{hms} – среднее значение часовой тепловой нагрузки горячего водоснабжения в неотопительный период, МВт (Гкал/ч);

n – продолжительность функционирования систем горячего водоснабжения в отопительном периоде, ч;

n_s – продолжительность функционирования систем горячего водоснабжения в неотопительном периоде, ч.

Средняя часовая тепловая нагрузка горячего водоснабжения потребителя тепловой энергии Q_{hm} , МВт (Гкал/ч), в отопительный период определяется по формуле (4.9):

$$Q_{hm} = \frac{a \cdot N(55 - t_c) \cdot 10^{-6}}{T} + Q_{mn} \quad (4.9)$$

где a – норма затрат воды на горячее водоснабжение абонента, л/ед. измерения в сутки;

N – количество единиц измерения, отнесенное к суткам;

t_c – температура водопроводной воды в отопительный период, °С; при отсутствии достоверной информации принимается $t_c = 5$ °С;

T – продолжительность функционирования системы горячего водоснабжения абонента в сутки, ч;

Q_{mn} – тепловые потери в местной системе горячего водоснабжения, в подающем и циркуляционном трубопроводах наружной сети горячего водоснабжения, МВт (Гкал/ч).

Среднюю часовую тепловую нагрузку горячего водоснабжения в неотопи-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ 26

тельный период, МВт (Гкал/ч), можно определить из выражения (4.10):

$$Q_{hs} = Q_{hm} \cdot \beta \cdot \frac{t_{hs} - t_{cs}}{t_h - t_c} \quad (4.10)$$

где β – коэффициент, учитывающий снижение средней часовой нагрузки горячего водоснабжения в неотопительный период по сравнению с нагрузкой в отопительный период; если значение β не утверждено органом местного самоуправления, β принимается равным 0,8 для жилищно-коммунального сектора городов средней полосы России, 1,2–1,5 – для курортных, южных городов и населенных пунктов, для предприятий –1,0;

t_{hs} , t_h – температура горячей воды в неотопительный и отопительный период, °C;

t_{cs} , t_c – температура водопроводной воды в неотопительный и отопительный период, °C; при отсутствии достоверных сведений принимается $t_{cs} = 15$ °C, $t_c = 5$ °C.

Средний за отопительный период расход воды одним пользователем (жителем), равный 105 л/сут. для жилых зданий с централизованным горячим водоснабжением.

$T=12$ ч – расчетное время потребления воды

Тепловые потери в местной системе горячего водоснабжения, в подающем и циркуляционном трубопроводах наружной сети горячего водоснабжения разрешается принять равными 20%.

В доме 144 квартиры. Из предполагаемого расчета по количеству жителей 870 человек в результате получим следующее:

$$Q_{hm} = \frac{105 \cdot 870 \cdot (55 - 5) \cdot 10^{-6}}{12} \cdot 1,2 = 0,53 \text{ МВт}$$

$$Q_{hs} = 0,457 \cdot 0,8 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 0,34 \text{ МВт}$$

$$Q_h = 0,457 \cdot 218 + 0,292 \cdot 132 = 160,42 \text{ МВт}$$

Аналогичные расчеты производим для остальных потребителей тепловой энергии.

Котельная будет также обслуживать собственные нужды в тепловой энергии.

Также имеется возможность упрощенно рассчитать расход тепловой энергии

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

на собственные нужды котельной по нормативам расхода тепла на собственные нужды котельной.

Согласно данной методике для газовой водогрейной котельной нормативам расхода тепла на собственные нужды котельной – 2,8 % в общем.

Результаты расчета тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС жилых и общественных зданий сведем в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Расчетные тепловые потоки

Наименование потребителей	Тепловая нагрузка, МВт (Гкал/ч)			
	Q_{om}	Q_e	Q_{eac}	ΣQ
1	2	3	4	5
ул. Кожевникова, 47	0,558 (0,480)	–	0,532 (0,457)	1,09 (0,937)
ул. Кожевникова, 51	0,91 (0,782)	0,32 (0,275)	1,03 (0,886)	2,26 (1,943)
ул. Кожевникова, 51а	1,89 (1,625)	0,06 (0,052)	1,86 (1,599)	3,81 (3,276)
ул. Кожевникова, 53	2,12 (1,823)	0,31 (0,267)	2,19 (1,883)	4,62 (3,972)
пр. Победы, 46	1,47 (1,264)	0,05 (0,043)	1,63 (1,402)	3,15 (2,709)
пр. Победы, 46а	1,38 (1,187)	–	1,72 (1,479)	3,10 (2,666)
пр. Победы, 48б	2,66 (2,287)	–	2,494 (2,144)	5,15 (4,428)
пр. Победы, 50а	1,86 (1,599)	–	2,32 (1,995)	4,18 (3,594)
Итого:	12,848 (11,047)	0,74 (0,636)	13,776 (11,845)	27,364 (23,529)
Собственные нужды котельной	0,36 (0,310)	0,02 (0,017)	0,39 (0,335)	0,77 (0,662)
Итого с учетом собственных нужд:	13,208 (11,357)	0,76 (0,653)	14,166 (12,181)	28,134 (24,191)
Потери в сетях (3%)	0,39 (0,335)	0,02 (0,017)	0,42 (0,361)	0,844 (0,726)
Всего:	13,598 (11,692)	0,78 (0,671)	14,586 (12,542)	28,964 (24,917)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Для дальнейшего проектирования тепловых сетей и трубопроводов котельной понадобится произвести гидравлические расчеты.

Расчетные весовые нагрузки (расход теплоносителя)

Расчетный расход теплоносителя (сетевой воды), т/ч, определяется по формуле (4.11):

$$G_0^{\max} = g_0^{\max} \cdot Q_0^{\max} \quad (4.11)$$

где g_0^{\max} – расчетный удельный расход теплоносителя на отопление, т/Гкал;
 Q_0^{\max} – расчетный тепловой поток на отопление, МВт (Гкал/ч).

В свою очередь, расчетный удельный расход теплоносителя на отопление определяется в зависимости от расчетного перепада (разности) температуры в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети на тепловом пункте потребителя тепловой энергии по формуле (4.12):

$$g_o^{\max} = \frac{10^3}{\tau_1 - \tau_2} \quad (4.12)$$

где τ_1 и τ_2 – значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

$$g_o^{\max} = \frac{10^3}{95 - 70} = 40 \text{ т/Гкал}$$

$$G_o^{\max} = 40 \cdot 4,899 = 195,96 \text{ т/ч}$$

Расчетный расход теплоносителя (сетевой воды) на горячее водоснабжение, т/ч, для отопительного периода определяется по формуле (4.13):

$$G_h = \frac{Q_{hm} \cdot 10^3}{t_h - t_c} \quad (4.13)$$

где t_h и t_c – температура горячей воды, поступающей на горячее водоснабжение, и холодной, °С; значение t_h принимается равным 60 °С, значение t_c принимается для отопительного периода 5 °С, для неотопительного – равным 15 °С (при

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ 29

отсутствии достоверных сведений).

$$G_h = \frac{0,457 \cdot 10^3}{55 - 15} = 11,425 \text{ т/ч}$$

$$G_{hs} = \frac{0,292 \cdot 10^3}{55 - 5} = 5,84 \text{ т/ч}$$

Аналогичные расчеты выполняются последовательно для остальных потребителей тепловой энергии.

4.2 Описание и расчет тепловой схемы котельной

Сырая вода из водопровода поступает по трубопроводу В1 Ø89×3,5 в бак запаса холодной воды. При заполнении бака выше верхнего уровня излишки сливаются в дренажный колодец.

Далее вода проходит механический фильтр и химическую очистку (умягчение) путем добавления в нее комплексона Гилуфер 422. Также сырая вода подвергается обескислорождению путем добавления бисульфата натрия. Процесс происходит благодаря установкам пропорционального дозирования ЕМЕС.

Химически очищенная вода подается к подпиточным насосам СН 4-60 в количестве 2 шт. Далее холодная вода проходит расходомер и поступает к теплообменному оборудованию – пластинчатому теплообменнику или на подпитку к насосам котлового контура NB Grundfos. Расход теплоносителя к каждому котлу измеряется расходомером. Воздух из трубопроводов удаляется 2-мя воздушными клапанами.

После теплообменного оборудования горячая вода подается в сеть 3-мя сетевыми циркуляционными насосами NB 100-160/161.

Обратная сетевая вода поступает в котельную по трубопроводу Т2, очищается от механических примесей в грязевике и водяном фильтре и подается в теплообменный аппарат.

Перед всеми насосами установлены датчики температуры и давления, сигналы с которых поступают в контроллер устройства автоматизации.

Для сокращения расхода воды на рециркуляцию ее температура на выходе из котлов поддерживается, как правило, выше температуры воды в подающей линии тепловых сетей. Только при расчетном максимально зимнем режиме температуры воды на выходе из котлов и в подающей линии тепловых сетей будут одинаковы. Для обеспечения требуемой расчетной температуры воды в тепловых сетях к выходящей из котлов воде подмешивается вода из обратного трубопровода. Для это-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	30
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

го между обратным и подающим трубопроводами монтируют линию перепуска воды.

Рекомендуются следующие минимально допустимые температуры воды на входе в котлы: при работе на природном газе – 60°C; при работе на малосернистом мазуте – 70°C; при работе на высокосернистом мазуте – 110°C.

В связи с тем, что температура воды в обратных линиях тепловых сетей почти всегда ниже 60°C, в тепловых схемах водогрейных котельных предусматривают рециркуляционные насосы и соответствующие трубопроводы. Для определения необходимой температуры воды за стальными водогрейными котлами должны быть известны режимы работы тепловых сетей, которые отличаются от графиков или режимных карт котельных агрегатов.

Расчет тепловой схемы

Главной целью расчета тепловой схемы котельной является:

- определение общих тепловых нагрузок, состоящих из внешних нагрузок и расходов теплоты на собственные нужды, и распределение этих нагрузок в отдельных частях котельной для обоснования выбора основного оборудования;
- нахождение тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования, вычисление диаметров трубопроводов и арматуры;
- определение исходных данных для дальнейших технико-экономических расчетов (годовых выработок теплоты, годовых расходов топлива и др.).

По результатам расчета тепловой схемы выбирается тип и количество котлоагрегатов, другого теплообменного оборудования, производительность и мощность насосов и тягодутьевых устройств.

Основными исходными данными для расчета тепловой схемы водогрейной котельной при закрытой системе теплоснабжения являются:

- расчетная температура наружного воздуха t_h , °C;
- максимальная температура воды в подающем трубопроводе τ_1 , °C;
- максимальная температура воды в обратном трубопроводе τ_2 , °C;
- температура сырой воды на входе в котельную t_{ce} , °C;
- температура нагрева воды горячего водоснабжения t_{e6} , °C;
- температура деаэрированной воды после деаэратора t , °C;
- отпуск теплоты на отопление и вентиляцию Q_{ob} , МВт ;
- отпуск теплоты на горячее водоснабжение Q_{e6} , МВт ;
- коэффициент сохранения тепла подогревателей воды η_{nod} ;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	31
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

Результаты расчета тепловой схемы котельной оформим в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты расчета тепловой схемы водогрейной котельной

Наименование	Расчетная формула	Расчетные режимы				
		максимально-зимний	средний наибо-лее холодного месяца	средний отопи-тельный сезона	в точке перело-ма температур-ного графика	летний
1	2	3	4	5	6	7
Температура наружного воздуха t_n , °C	СП «Строительная климатология»	-34	-15,8	-6,5	+1	18
Отпуск теплоты на отопление и вентиляцию, $Q_{o.e}$, МВт	$Q_{o.e}^p \cdot \frac{t_{\text{шн}}^p - t_n}{t_{\text{шн}}^p - t_n^p}$	14,38	9,540	7,066	5,066	-
Отпуск теплоты на горячее водоснабжение, $Q_{e.e}$, МВт	Расчет	14,59	14,59	14,59	14,59	9,26
Общая теплопроизводительность котельной, Q, МВт	$Q_{o.e} + Q_{e.e}$	28,97	24,13	21,66	19,59	9,26
Температура прямой сетевой воды на выходе из котельной, t_{mc} , °C	по графику	95	73,5	65,0	65,0	65,0
Температура обратной сетевой воды после систем отопления и вентиляции, $t_{o.e.}$, °C	по графику	70	56,9	56,5	56,3	-
Расход сетевой воды для отопления и вентиляции, $G_{o.e}$ кг/ч	$\frac{Q_{o.e} \cdot 10^3}{i'_{mc} - i''_{o.e.}}$	575,2	574,7	831,3	582,3	0

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист
						32

Продолжение таблицы 4.7

1	2	3	4	5	6	7
Расход сетевой воды для горячего водоснабжения, $G_{\text{г.в.}}$ кг/ч	$\frac{Q_{\text{г.в.}} \cdot 10^3}{i'_{m.c.} - i''_{o.b.}}$	583,6	878,9	1716,5	1677,0	142,5
Общий расход сетевой воды, G кг/ч	$G_{o.b.} + G_{\text{г.в.}}$	1159	1453,6	2547,8	2259,3	142,5
Коэффициент снижения расхода теплоты на отопление и вентиляцию $k_{o.b.}$	$\frac{t_{\text{вн.}}^p - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн.}}^p - t_0^p}$	1	0,65	0,471	0,327	—

Точка «излома» (спрямления) графика температур – температура наружного воздуха, которая разделяет диапазон спрямления графика температур и диапазон качественного регулирования отпуска тепловой энергии.

Зона «излома» (диапазон спрямления) графика температур – интервал температур наружного воздуха в переходный (теплый) период отопительного сезона, в котором температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети поддерживается постоянной.

В диапазоне температур находится зона «излома» температурного графика.

В нашем случае этот диапазон составляет от 8 до минус 4,25°C.

4.3 Расчет котла КВ-ГМ-7,56-150Н

Количество котлов, устанавливаемых в котельной, следует выбирать по режиму наиболее холодного месяца:

К установке принимаются 4 котла КВ-ГМ-7,56-150Н мощностью 7,65 Гкал/ч (6,45 МВт) каждый.

Водогрейные котлы КВ-ГМ-7,56-150Н предназначены для получения горячей воды давлением до 1,6 (16,3) МПа (кгс/см²) при номинальной температуре 150°C, используемой в системах отопления и горячего водоснабжения промышленного и бытового назначения, а также для технологических целей.

Котлы выполнены в газоплотном исполнении, имеют горизонтальную компоновку, состоят из конвективного газохода и топочной камеры. Топочная камера, состоящая из подового, потолочного и двух боковых экранов, экранирована трубами Ø60×3мм с шагом 80мм, входящими в коллекторы Ø159×7 мм. Между трубами ввариваются пластины шириной 20мм, которые обеспечивают газоплот-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

ность панелей топки котла. Трубы боковых экранов, расположены горизонтально.

Конвективная поверхность нагрева, находящаяся следом за топочной камерой, состоит из U-образных ширм из труб Ø32×3 с шагом S₁=80мм и S₂=33мм. Боковые стены конвективного газохода закрыты горизонтально расположенными трубами Ø60×3мм и ввариваются в вертикальные коллектора Ø159×7мм. Между подовыми и потолочными трубами конвективного газохода ввариваются пластины шириной 20мм, тем самым обеспечивая газоплотность панелей котла.

Газоплотность боковых стенок обеспечивается путем приварки уголка 32×32×4. Доступ к конвективным поверхностям обеспечивается за счёт расположенного над конвективной камерой прямоугольного лаза 400×450мм и лаза в коробе газовом коробе.

Циркуляция воды в котле принудительная. Подвод воды осуществляется в коллектор конвективной части, отвод воды – из коллектора топочного блока.

С фронта котла расположена неохлаждаемая фронтовая поворотная камера, на которую устанавливается горелочное устройство. Данная поворотная камера устроена таким образом, что имеет возможность открытия на любую сторону котла, не снимая горелочного устройства, тем самым, обеспечивая доступ в топочную камеру котла и секциям конвективной части.

Котлы самонесущие, имеют 8 опор, приваренных к вертикально расположенным коллекторам блоков. Опоры расположенные на стыке конвективного газохода и топочной камеры, неподвижны. При поставке единым блоком опорами котел опирается на раму, изготовленную из швеллера №У20. При поставке двумя блоками – топочным и конвективным – на бетонные стойки. Устройство приямка необходимо при монтаже блоков котла.

Котлы состоят из двух основных элементов: конвективного и топочного блоков. Каждый имеет металлическую обшивку и облегченную обмуровку. Толщина обмуровки 60мм.

Блоки топочный и конвективныйстыкуются непосредственно между собой с помощью фланцевого соединения и уплотнительного шнура (входящего в комплект поставки в случае раздельной поставки котла).

На правой боковой стенке котла находятся сливные воронки, в которые выводятся воздушные линии. Дренажные линии и штуцера для отвода конденсата из топочного и конвективного блоков находятся по обеим сторонам котла.

На боковых стенках котла имеются смотровые гляделки, отборное устройство разрежения располагается на потолочном экране топочной камеры.

На потолочном экране топочной камеры и на газовом коробе находятся два взрывных предохранительных клапана.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	34
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

Для обслуживания и ремонта котла предусмотрена лестница (трап).

Газовый короб крепится к котлу при помощи фланцевого соединения и имеет в комплекте ответный фланец для присоединения к дымоходу котла.

Устройство и работа котла

Теплоноситель (вода) температурой 70°C через трубопровод подвода воды Ду150 поступает в конвективные поверхности теплообмена котла. Затем через перепускной трубопровод поступает в топочные экраны, где путём излучения тепла от факела горелки нагревается до температуры 150°C. Затем вода поступает в боковой коллектор топочного блока, откуда через трубопровод отвода воды передается в тепловые сети.

Горелочное устройство устанавливается на фронтовую камеру.

Котел выполнен в газоплотном исполнении и обеспечивает работу котла под избыточным давлением, либо под разрежением, в зависимости от типа горелочного устройства и проекта котельной.

Технические характеристики котла представлены ранее (см. таблицу 3.1).

Характеристика топлива

Состав природного газа по объему газового месторождения:

- CH₄ = 94,2%;
- C₂H₆ = 2,8%;
- C₃H₈ = 0,4%;
- C₄H₁₀ = 0,1%;
- C₅H₁₂ = 0,1%;
- N₂ = 2,0%;
- CO₂ = 0,4%;
- Q_н^p = 8670 ккал/нм³.

Отношение количества воздуха, действительно подаваемого в топку, к теоретически необходимому называют коэффициентом избытка воздуха в топке (4.14):

$$\alpha_m = \frac{V_e^d}{V_e^o} \quad (4.14)$$

где V_e^d – действительный объем воздуха, доданного в топку на 1 м³ топлива.

Коэффициент избытка воздуха в общем случае зависит от вида сжигаемого топлива, его состава, типа горелок, способа подачи воздуха, конструкции топочного устройства и т.д. Для сжигания природного газа принимают 1,05... 1,15.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	35
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

Расчет объемов и энталпий воздуха и продуктов сгорания

Теоретический объем воздуха, необходимого для полного сгорания 1 м³ природного газа (при $\alpha_T = 1,05$), (4.15):

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n - O_2] \quad (4.15)$$

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

Далее рассчитаем теоретический объем продуктов сгорания при сгорании 1 м³ природного газа.

Теоретический объем азота в продуктах сгорания (4.16):

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n - O_2] \quad (4.16)$$

Теоретический объем продуктов сгорания при $\alpha = 1 \text{ м}^3 / \text{м}^3$:
объем трехатомных газов (4.17):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [CO_2 + CO + \sum m \cdot C_m H_n] \quad (4.17)$$

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

объем двухатомных газов (4.18):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2 \quad (4.18)$$

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

объем водяных паров (4.19):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{\text{с.mл.}}] + 0,0161 \cdot V^0 \quad (4.19)$$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Конструкция котла выполнена в газоплотном исполнении, то есть присосов воздуха нет, коэффициент избытка воздуха в поверхностях нагрева примем $\alpha=1,05=\text{const}$. Характеристика продуктов сгорания представлена в таблице 4.9.

Таблица 4.9 –Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

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

В таблице 4.10 приведено теплосодержание продуктов сгорания в газоходах.

Таблица 4.10 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, {}^\circ C$	$I_e^0, \text{кДж} / m^3$	$I_e^0, \text{кДж} / m^3$	$I = I_e^0 + (\alpha'' - 1) \cdot I_e^0, \text{кДж} / m^3$			
			$\alpha_m'' = 1,05$		$\alpha_{ei}'' = 1,05$	
			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

Продолжение таблицы 4.10

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

Тепловой баланс котла и расчет расхода топлива

В таблице 4.11 приведена сводная таблица результатов расчетов теплового баланса котла КВ-ГМ-7,56-150.

Таблица 4.11 – 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	$Q_H^p + Q_{B.BH} + i_{TЛ}$	кДж/кг	$33520+0+0=33520$
Температура уходящих газов	ϑ_{yx}	по паспорту котла	$^{\circ}\text{C}$	119
Энталпия уходящих газов	I_{yx}	по таблице 4.10	кДж/м^3	1874,03
Температура холодного воздуха	t_{x6}	по выбору	$^{\circ}\text{C}$	30

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					38

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Продолжение таблицы 4.11

1	2	3	4	5
Энталпия холодного воздуха	$I_{x\theta}$	по таблице 4.10	кДж/м^3	379,47
Потери тепла с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{x\theta}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}$	%	$\frac{(1874,03 - 1,05 \cdot 379,47) \cdot 100}{33520} = 4,$
Потери тепла от химического недожога	q_3	по таблице 4-5 [42]	%	0
Потери тепла от механического недожога	q_4	по таблице 4-5 [42]	%	0
Потери тепла в окружающую среду	q_5	по таблице 3-1 [42]	%	1,5
Сумма тепловых потерь	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	4,3 + 0 + 0 + 1,5 = 5,8
КПД котла	η_{ka}	$100 - \sum q$	%	$100 - 5,8 \approx 94,2$
Коэффициент сохранения тепла	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta_{ka} + q_5}$	-	$1 - \frac{1,5}{94,1 + 1,5} = 0,984$
Температура питательной воды на входе в котел	t'	по техническим характеристикам котла	$^{\circ}\text{C}$	70
Энталпия питательной воды на входе	i'	по таблице 4.10	кДж/кг	293,3
Температура питательной воды на выходе из котла	t''	по техническим характеристикам котла	$^{\circ}\text{C}$	95
Энталпия питательной воды на выходе из котла	i''	по техническим характеристикам котла	кДж/кг	398,1
Расход питательной воды через котел	G	$\frac{Q_{ka} \cdot 10^3}{(i'' - i')}$	кг/с	$\frac{3,48 \cdot 10^3}{(398,1 - 293,3)} = 33,2$
Полный расход топлива	B	$\frac{Q_{ka}}{\eta_{ka} \cdot Q_p^p}$	$\text{м}^3/\text{с}$	$\frac{3,48 \cdot 10^3}{0,941 \cdot 33520} = 0,11$
Расчетный расход топлива	B_p	$B \cdot \frac{100 - q_4}{100}$	$\text{м}^3/\text{с}$	$0,11 \cdot \frac{100 - 0}{100} = 0,11$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					39

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Проверочный расчет топки

При проверочном расчете топки по её тепловым и конструктивным характеристикам определяют температуру газов на выходе из топки ϑ_m ". Результаты расчета сведем в таблицу 4.12.

Таблица 4.12 – Проверочный расчет топки

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Полная поверхность стен топочной камеры	F_{cm}	$\pi \cdot d \cdot l$	m^2	26
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	H_{λ}	по конструктивным характеристикам котла	m^2	25,2
Коэффициент загрязнения	ξ	принимаем	–	0,65
Коэффициент тепловой эффективности экранов	ψ	$\xi \cdot \frac{H_{\lambda}}{F_{cm}}$	–	$0,65 \cdot \frac{25,2}{26,0} = 0,63$
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 4.9	–	0,19
Объемная доля трехатомных газов	r_{RO_2}	по таблице 4.9	–	0,09
Суммарная поглощающая способность газов	$P_n \cdot S$	$P \cdot r_n \cdot S$	$m \cdot MPa$	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 = 0,029$
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m	Принимается	°C	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.10	$kДж / м^3$	17490,26
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_e	по номограмме 5-5 [42]		12,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					40

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Продолжение 4.12

1	2	3	4	5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	k_{ncg}	$k_e \cdot r_n$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$12,5 \cdot 0,28 = 3,54$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{ncg} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$3,54 \cdot 0,098 \cdot 1,08 =$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	a_{ncg}	по номограмме 5-4 [42]	—	0,22
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	—	$0,12 \cdot (0,25 \cdot 94,2 + 0,33 \cdot 2,8 + 0,375 \cdot 0,4 \cdot 0,1 + 0,42 \cdot 0,4) = 2,98$
Коэффициент ослабления лучей сажистыми частицами	k_{casg}	$0,3(2 - \alpha_m) \left(1,6 \frac{T_m}{1000} - 0,5 \right) \times \frac{C^p}{H^p}$	—	$0,3(2 - 1,05) \cdot (1,6 - 0,5) \cdot 2,98 = 1,31$
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	k_{cg}	$k_e \cdot r_n + k_{casg}$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$12,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,81$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{cg} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$4,81 \cdot 0,098 \cdot 1,08 =$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	a_{cg}	по номограмме 5-4 [42]	—	0,3
Видимое теплонапряжение топочного объема	q_v	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	$\frac{\kappa B m}{m^3}$	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	m	методом интерполяции	—	0,6
Эффективная степень черноты факела	a_ϕ	$m \cdot a_{cg} + (1 - m) \cdot a_{ncg}$	—	$0,6 \cdot 0,3 + (1 - 0,6) \cdot 0,22 = 0,332$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					41

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \cdot \psi}$	—	$0,332$ $0,332 + (1 - 0,332)$ $= 0,406$
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	по таблице 4.9	—	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	Q_e	$I_{xe} \cdot \alpha_m$	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	$379,47 \cdot 1,05 = 398,4$
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_e$	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	$33520 + 398,44 = 33750,$
Теоретическая температура горения	ϑ_a	по таблице 4.10	$^{\circ}\text{C}$	1955
Средняя теплоемкость газов	Vc_{cp}	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_a - \vartheta_m''}$	$\frac{\kappa \text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{K}}$	$\frac{33750,8 - 17490,26}{1955 - 1000} = 20,2$
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	$\vartheta_a - \frac{M \left(\frac{5,67 \psi_\varphi F_{cr} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \varphi B_p V c_{cp}} \right)^{0,6+1}}{-273}$	$^{\circ}\text{C}$	961,4
Энталпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.10	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	16742,1
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m''	принимаем	$^{\circ}\text{C}$	961,4
Энталпия газов на выходе из топки	I_m''	по таблице 4.10	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	16742,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_e	по номограмме 5-5 [42]		10,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					42

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Продолжение таблицы 4.12

1	2	3	4	5
Коэффициент ослабления лучей для несветящихся трехатомных газов	k_{ncs}	$k_e \cdot r_n$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$10,5 \cdot 0,28 = 2,98$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{ncs} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$2,98 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,32$
Степень черноты топочной среды для несветящегося газового пламени	a_{ncs}	по номограмме 5-4 [42]	—	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 сажистыми частицами	k_{casj}	$0,3(2 - \alpha_m) \left(1,6 \frac{T_m}{1000} - 0,5 \right) x$ $x \frac{C^p}{H^p}$	—	1,31
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	k_{cs}	$k_e \cdot r_n + k_{casj}$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$10,5 \cdot 0,28 + 1,31 = 4,25$
Сила поглощения потока	kPS	$k_{cs} \cdot P \cdot S$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$4,25 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 0,45$
Степень черноты топочной среды для светящегося газового потока	a_{cs}	по номограмме 5-4 [42]	—	0,33
Видимое теплонапряжение топочного объема	q_v	$\frac{B_p \cdot Q_p^H}{V_m}$	$\frac{\kappa B m}{m^3}$	$\frac{0,11 \cdot 33520}{7,8} = 472,72$
Коэффициент заполнения топочного объема светящимися газами	m	методом интерполяции	—	0,6

Окончание таблицы 4.12

1	2	3	4	5
Эффективная степень черноты факела	a_{ϕ}	$m \cdot a_{ce} + (1-m) \cdot a_{ncs}$	—	$0,6 \cdot 0,33 + (1-0,6) \cdot 0,19 = 0,274$
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_{\phi}}{a_{\phi} + (1-a_{\phi}) \cdot \psi}$	—	$\frac{0,274}{0,274 + (1-0,274) \cdot 0,63} = 0,37$
Коэффициент избытка воздуха в топке	α_m	по таблице 4.9	—	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	Q_e	$I_{xe} \cdot \alpha_m$	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	$379,47 \cdot 1,05 = 398,44$
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_e$	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	$33520 + 398,44 = 33750,$
Теоретическая температура горения	ϑ_a	по таблице 4.10	$^{\circ}\text{C}$	1955
Средняя теплоемкость газов	Vc_{cp}	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_a - \vartheta_m''}$	$\frac{\kappa \text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{K}}$	$\frac{34750,84 - 16742,}{1955 - 961,4} = 18,12$
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	ϑ_a $M \left(\frac{5,67 \psi_{cp} F_{CT} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \varphi B_p Vc_{cp}} \right)_0 - 273$	$^{\circ}\text{C}$	968
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.10	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	16870,02
Тепло, переданное излучением в топке	Q_u	$\varphi \cdot (Q_m - I_m'')$	$\kappa \text{Дж} / \text{м}^3$	$0,988(33750,84 - 16870,02) = 16678,3$
Тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	q_u	$B_p \cdot \frac{Q_u}{H_u}$	$\kappa \text{Вт} / \text{м}^3$	72,8

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					44

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Проверочный расчет конвективного пучка

Проверочный расчет конвективного пучка водогрейного котла КВ-ГМ-7,56-150Н приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Проверочный расчет конвективного пучка

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная фор- мула		
1	2	3	4	5
Расположение труб	—	по конструктивным характеристикам котла	—	продольное
Число дымогарных труб	n	по конструктивным характеристикам котла	шт	34
Внутренний диаметр жаровой трубы	d	по конструктивным характеристикам котла	м	0,054
Расчетная поверхность нагрева	H _p	n · π · d _{ai} · l	м ²	34 · 3,14 · 0,054 · 2 = 11,53
Эффективная толщина излучающего слоя	S ₀	по конструктивным характеристикам котла	м	1,08
Температура газов перед конвективным пучком	g _m	из расчета топки	°C	968
Энталпия газов перед конвективным пучком	I _m	из расчета топки	кДж / м ³	16870,02
Температура газов за конвективным пучком	g _{кн}	по характеристикам котла	°C	119
Энталпия газов за конвективным пучком	I _{кн}	по таблице 4.10	кДж / м ³	1874,03
Тепловосприятие конвективного пучка по балансу	Q _δ	φ · (I _m - I _{кн})	кДж / м ³	0,988 · (16870,02 - 1874,03) = = 14816,04
Средняя температура газов	g _{cp}	0,5 · (g ^I + g ^{II})	°C	0,5 · (968 + 119) = = 543,5

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					45

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Продолжение таблицы 4.13

1	2	3	4	5
Объем газов	V_e	по таблице 4.9	m^3 / m^3	11,47
Средняя температура воды	t_{cp}	$\frac{t_e' + t_e''}{2}$	°C	$\frac{95 + 70}{2} = 82,5$
Температурный напор на входе в пучок	t_B	$\vartheta_m - t_{cp}$	°C	$968 - 82,5 = 885,5$
Температурный напор на выходе из пучка	t_M	$\vartheta_{kn} - t_{cp}$	°C	$119 - 82,5 = 36,5$
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_{cek}	$B_p \cdot V_e \cdot \frac{\vartheta_{cp} + 273}{273}$	m^3 / c	$0,11 \cdot 11,47 \cdot \frac{371,63 + 273}{273} = 2,98$
Средняя скорость газов в конвективном газоходе	W	$\frac{V_{cek}}{F_e}$	m / c	38,4
Объемная доля трехатомных газов	r	по таблице 4.9	—	0,28
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов	$P_n S$	$P \cdot r_n \cdot S$	$m \cdot MPa$	$0,098 \cdot 0,28 \cdot 1,08 = 0,03$
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_e	по номограмме 5-5 [42]	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	11
Сила поглощения потока	$k_e P_n S$	$k_e P_n S$	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	$11 \cdot 0,098 \cdot 1,08 = 1,16$
Коэффициент теплоотдачи излучением	α_λ	по номограмме 6-12 [42]	$\frac{Bm}{m^2 \cdot °C}$	4,1
Коэффициент тепловой эффективности	ψ	по таблице 4.10	—	0,85

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					46

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Окончание таблицы 4.13

1	2	3	4	5
Коэффициент теплопередачи	k	$\psi \cdot (\alpha_k + \alpha_{\lambda})$	$\frac{Bm}{m^2 \cdot {}^\circ C}$	3,66
Тепловосприятие конвективного пучка по уравнению теплообмена	Q_{kp}	$\frac{k \cdot H_p \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3}$	$\kappa Джс / м$	$\frac{3,66 \cdot 11,53 \cdot 289,13}{0,11 \cdot 10^3} = 14110,9$
Расхождение расчетных тепловосприятий	ΔQ	$\frac{Q_m - Q_{\delta}}{Q_m} \cdot 100\%$	%	$\frac{14816,2 - 14110,9}{14816,2} \cdot 100\% = 4,7$

Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

Выполним расчет невязки теплового баланса котла КВ-ГМ-7,56-150Н (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

Величина			Ед. изм.	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Тепло, вносимое воздухом в топку	Q_e	$I_{xe} \cdot \alpha_m$	$\kappa Джс / м^3$	398,44
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_e$	$\kappa Джс / м^3$	33750,84
Тепло, переданное излучением в топке	Q_{λ}	$\varphi \cdot (Q_m - I_m)$	$\kappa Джс / м^3$	$0,988(33750,84 - 16870,02) = 16678,25$
Расчетная невязка теплового баланса	ΔQ	$Q_p^p \cdot \eta_{ka} - (Q_{\lambda} + Q_{kh})$	$\kappa Джс / м^3$	$33520 \cdot 0,941 - (16678,25 + 14110,9) = 653,2$
Невязка	%	$\frac{\Delta Q}{Q_p^p} \cdot 100\%$	–	$\frac{653,2}{33520} \cdot 100 = 1,95$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					47

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Энергетическая эффективность работы котельных обычно оценивается по значениям КПД котлов с учетом потерь топлива и теплоты при ее производстве и отпуске, а также затрат электроэнергии на привод механизмов и другие нужды, определяемых по данным приборов контроля и учета расхода ТЭР. При решении задач повышения эффективности использования ТЭР в котельной серьезное внимание должно уделяться организации работ по реализации программ энергосбережения, повышению квалификации обслуживающего персонала и внедрению систем стимулирования экономии ТЭР.

Достижение более высоких технико-экономических показателей возможно путем реализации энергосберегающих мероприятий, направленных как на совершенствование условий эксплуатации котлов, так и на реконструкцию котельных на основе передовых технологий.

Основные мероприятия:

- применение горелочных устройств, обеспечивающих низкий выход оксидов азота и других токсичных компонентов;
- внедрение эффективной и надежной автоматики регулирования и защиты котлоагрегатов, вспомогательного и общекотельного оборудования;
- внедрение автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами производства и отпуска теплоты, учета потребления топлива и электроэнергии, отпуска тепловой энергии потребителям на базе современной микропроцессорной техники;
- корректировка управления процессами горения топлива по оптимальной сумме потерь теплоты с химическим недожогом и уходящими газами на основе внедрения регулируемого электропривода тягодутьевых машин;
- применение современных технологий химической подготовки подпиточной, сетевой и котловой воды;
- внедрение высокоэффективной технологии приготовления и сжигания в топках котлов водомазутных эмульсий, позволяющей сжигать высоковязкие и некондиционные обводненные мазуты;
- внедрение электронасосных установок с широким диапазоном рабочих характеристик и применением регулируемого электропривода;
- оборудование котельных эффективными утилизаторами теплоты уходящих дымовых газов, сбрасываемых потоков воды, пара и конденсата.

Значительная экономия ТЭР может быть получена за счет сокращения потерь в тепловых сетях через теплоизоляцию и с утечками теплоносителя. При длитель-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 13.03.01.2017.050.05 ПЗ 48
------	------	----------	---------	------	---------------------------------------

ной эксплуатации трубопроводов, их внутренней и наружной коррозии происходит разрушение стенок трубопроводов и увеличиваются утечки теплоносителя. Кроме того, теплопроводность изоляционного материала из-за увлажнения и разрушения увеличивается, что приводит к росту тепловых потерь. Для снижения этих потерь необходимо организовать своевременное проведение диагностики состояния трубопроводов современными инструментальными методами без вскрытия теплотрасс, регулярно производить тепловые испытания с целью определения фактических тепловых потерь и реального состояния трубопроводов, выявления и оперативного устранения нарушений, а также планирования ремонтов тепловых сетей и оборудования систем теплоснабжения.

Снижение не менее чем на 15–20% расхода электроэнергии сетевыми насосами при поддержании расчетных значений перепада давления и расхода воды в сети может быть достигнуто и при существующем состоянии оборудования тепловых сетей.

Экономия электроэнергии, затрачиваемой на привод насосов и тягодутьевых установок, может быть получена от следующих мероприятий, не требующих значительных капитальных затрат:

- приведение в соответствие напорной характеристики насосов (дымососов, вентиляторов);
- и сопротивления водяного (газо-воздушного) тракта (экономия электроэнергии – до 20%);
- осуществление регулирования производительности сетевых насосов на всасывающем патрубке вместо регулирования на напорном (экономия электроэнергии – 10–15%);
- систематическая проверка плотности (герметичности) подсоединений воздуховодов к вентиляторам (дымососам).

В последние годы на промышленных предприятиях и энергообъектах на оборудовании с переменным режимом работы широко применяется регулируемый электропривод, позволяющий сократить электропотребление на 15-40%, в зависимости от условий эксплуатации. Внедрение рассматривается как эффективное энергосберегающее мероприятие и – для приводов насосов, вентиляторов и дымососов котлов, вентиляционных установок. Однако решение о применении следует принимать по результатам технико-экономического обоснования.

Следует отметить, что эффективность топливоиспользования на может быть повышена при внедрении в эксплуатацию средства технической диагностики состояния отдельных узлов котлоагрегатов и тепловых сетей, при оптимизации топочных режимов, режимов работы основного и вспомогательного оборудования, а

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	49
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

также путем совершенствования метрологического обеспечения средств измерений технологических параметров.

Основной резерв повышения экономичности паровых и водогрейных котлов в снижении потерь теплоты с уходящими газами. Направления работ по сокращению этих потерь общеизвестны и заключаются, главным образом, в поддержании оптимальных значений коэффициента избытка воздуха по газовому тракту котлов за счет снижения присосов воздуха, своевременной очистки внутренних и наружных поверхностей нагрева от загрязнений. Экономичная работа котельных установок зависит от соблюдения оптимальных режимов эксплуатации и обеспечения расчетных значений технологических параметров.

По условиям надежности работы в котлах, проработавших 20 и более лет, снижается рабочее давление до 0,6–0,8 МПа, а реально при эксплуатации на многих котлах поддерживается давление 1,2 атм. Работа паровых котлов на таких низких давлениях отрицательно оказывается на устойчивости циркуляции, из-за снижения температуры насыщения и увеличения доли парообразования, в экранах трубах наблюдается интенсивное накипеобразование и увеличивается вероятность пережога труб. Кроме того, при работе котла на давлении от 1 до 3 атм из-за низкой температуры насыщения необходимо отключать чугунный водяной экономайзер, т. к. там может наблюдаться парообразование, что недопустимо. Эти и другие особенности приводят к тому, что КПД этих паровых котлов не превышает 80÷82 %, а в некоторых случаях, когда трубы сильно загрязнены, КПД котла уменьшается до 70÷75 %.

Переведенные в водогрейный режим паровые котлы в эксплуатации не уступают специализированным водогрейным, а по ряду показателей и возможностям превосходят их, например, в части:

- доступности для внутреннего осмотра, контроля, ремонта, улавливания шлама и очистки, благодаря наличию барабанов;
- возможности более гибкого регулирования теплопроизводительности (качественного – по температуре сетевой воды и количественного – по ее расходу, в допустимых пределах);
- универсальности конструкции по отношению к выбору теплоносителя, что, в основном, относится к моноблочным котлам, которые допускают работу, как в паровом, так и водогрейном режимах;
- улучшения работы отдельных элементов конструкции, например, труб рециркуляции и обогреваемых опускных трубных пучков, для которых исчезает опасность, захвата и сноса пара, в связи с чем открываются возможности для большего форсирования;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	50
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

- повышения КПД котлоагрегатов с переводом в водогрейный режим от 1,5 до 10÷12% [28, 35, 36].

5.1 Технологические решения

Энергосберегающие технологии позволяют исключить механические и электрические перегрузки оборудования, увеличить моторесурс, снизить затраты на обслуживание и ремонт, улучшить параметры технологического процесса.

Разработаем ряд мероприятий для котельной поселка «Пластмасс» г. Копейска:

1. Теплоизоляция технологических трубопроводов – каширание алюминиевой фольгой. Для такого вида изоляции не нужно использовать защитное покрытие. Для бандажа рекомендуется выбрать алюминиевый материал.

2. Установка частотных преобразователей. Частотные преобразователи электронного типа часто применяют для плавного регулирования скорости асинхронного электродвигателя или синхронного двигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. Частотные преобразователи установить на насосное оборудование, запорно-регулирующее оборудование.

3. Установка теплообменного оборудования «Ридан» для разделения контуров котельной и потребителей. Данное мероприятие предотвращает загрязнение котлового контура, а соответственно и котлов, а также минимизирует тепловые напряжения в тепловой сети.

Применение автоматического управления и регулирования для снижения расходов топлива, эффективного использования энергоресурсов, уменьшение воздействия человеческого фактора. Мероприятия по данному варианту технологий изложены в разделах «Автоматизация» и «Безопасность жизнедеятельности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	51
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Наибольшие загрязнения атмосферного воздуха поступают от энергетических установок, работающих на углеводородном топливе. Количество загрязнений определяется составом, объёмом сжигаемого топлива и организацией процесса сгорания. В состав уходящих дымовых газов входят окись азота (95%), диоксид углерода, диоксид и триоксид серы и ряд других компонентов, поступление которых в воздушную среду наносит большой ущерб, как всем основным компонентам биосфера, так и предприятиям, объектам городского хозяйства, транспорту и населению городов.

Образование окислов азота в топках происходит главным образом в результате окисления азота воздуха при высоких температурах, а также при разложении и окислении азотосодержащих соединений, входящих в состав топлива. В дымовых газах котлоагрегатов окислы азота обычно состоят на 95...99% из окиси азота NO и лишь на 1...5% из двуокиси азота NO₂.

6.1 Методы подавления образования окислов азота в топках котлов

Особенностью образования окислов азота является малая зависимость от вида и состава топлива, но большая зависимость от режима горения и организации топочного процесса. Существенное влияние на образование окислов азота оказывает также концентрация кислорода, определяемая избытком воздуха в топке.

Снижение выбросов окислов азота осуществляется специальными технологическими мероприятиями (первичными мероприятиями), направленных на подавление образования окислов азота в процессе сгорания топлива в топках котлов. Технологические методы в 5–6 раз дешевле устройств очистки газов и они могут быть учтены непосредственно в конструкции котла и не требуют химических добавок.

Основные технологические мероприятия по подавлению образования окислов азота в топках котлов:

1. уменьшение избытка воздуха ($\alpha=1,02-1,03$) топке до минимальной величины при условии полного сгорания топлива;
2. уменьшение температуры подогрева воздуха, поступающего в топку в пределах, допустимых по условиям эффективного его сжигания;
3. рециркуляция дымовых газов в топку, при этом понижается температурный уровень и концентрация кислорода в зоне горения. Наибольший эффект снижения окислов азота получается при вводе дымовых газов непосредственно в горелоч-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	52
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

ные устройства (подмешивая приблизительно 20% дымовых газов, удается снизить концентрацию окислов азота на 40%);

4. двухстадийное сжигание топлива, когда в нижний пояс горелочных устройств подается все топливо и часть воздуха, необходимого для его сжигания (0,8–0,9 теоретически необходимого количества). При этом происходит частичная газификация топлива при пониженной температуре в ядре факела по сравнению с полным сжиганием. Далее в верхний пояс подается остальное количество воздуха для дожигания продуктов неполного сгорания;

5. ввод воды вместо пара в мазутные форсунки в количестве 8–10% массы топлива позволяет уменьшить концентрацию оксидов азота на 20–30%.

Применение впрыска приводит к снижению к.п.д. котла с увеличением расхода «сухого» топлива на 0,7%. Впрыск воды в зону горения следует применять на котельных, расположенных в городах и промышленных центрах с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, или на котельных, расположенных в курортных зонах в периоды повышения концентраций вредных выбросов выше санитарных норм;

6. установка специальных по конструкции горелочных устройств, обеспечивающих пониженный выход окислов азота;

7. повышенная степень экранирования.

6.2 Очистка дымовых газов от окислов азота

Окислы азота принципиально можно удалять из дымовых газов. Но это направление не получило широкого промышленного развития из-за большой сложности по сравнению с очисткой от окислов серы. Это связано с более низкой концентрацией окислов азота в дымовых газах и их более высокой химической устойчивостью (особенно окиси азота). Очистку дымовых газов от окислов азота можно осуществить:

1. Газофазными (сухими) методами:

- адсорбционными методами;
- высокотемпературными некatalитическими методами;
- гетерогенно-катализитическими методами;

2. Жидкофазными методами:

- нерегенеративными методами;
- регенеративными методами.

Среди газофазных (сухих) методов очистки наибольшее распространение получили каталитические методы. При использовании этих методов, как правило,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	53
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

проводят восстановление оксидов азота восстанавливающими агентами: NH_3 , CO , CH_4 , и другими углеводородами: H_2 , коксовый газ (H_2 , CH_4 , CO , CO_2), из которых чаще всего применяют аммиак.

Для очистки окислов азота применяют также адсорбционные методы. В качестве адсорбентов применяют активированный уголь, Al_2O_3 , SiO_2 , алюмосиликаты, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO_2 и соли кальция, соду, цемент, цеолиты, соли аммония. Процессы протекают как правило при низких температурах.

Основными промышленными адсорбентами являются активированные угли, сложные оксиды и импрегнированные сорбенты. Активированный уголь нейтрален как к полярным, так и к неполярным молекулам адсорбируемых соединений. Активированные угли обладают меньшей селективностью, чем другие адсорбенты и являются одними из немногих, пригодных для работы во влажных газовых потоках.

Оксидные адсорбенты обладают более высокой селективностью по отношению к полярным молекулам в силу собственного неоднородного распределения электрического потенциала. Их недостаток – снижение эффективности в присутствии влаги.

Кроме общего разделения жидкофазных методов на два основных блока, для понимания физико-химических основ рассматриваемых процессов. Можно предложить следующую классификацию абсорбционных методов очистки газов от NO_x :

- окислительно-абсорбционные, когда окисление NO проводится в газовой фазе перед стадией абсорбции с использованием таких окислителей, как O_2 , O_3 , Cl_2 , ClO_2 , Cl_2O , воздух, пары HNO_3 и т.п.;
- абсорбционно-окислительные, когда окислитель дозируется в сорбционный раствор. В качестве окислителей используют довольно широкий спектр соединений: KBrO_3 , KMnO_4 , H_2O_2 , H_2O_2 в виде клатрата с мочевиной, Na_2Cr , CrO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NaClO (по убыванию окислительной способности);
- окислительно-абсорбционно-восстановительные, когда для увеличения эффективности извлечения NO_x из газа проводят окисление NO в газовой фазе до оптимального соотношения $\text{NO}/\text{NO}_2 = 1$, а восстановитель входит в состав сорбционного раствора;
- абсорбционно-восстановительные, из восстановителей применяют NH_4OH , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, сульфамиловую кислоту, гидроксиламин, сульфокислоту, формиат аммония, цианамид кальция, комплекс сульфата двухвалентного железа с гидразином, соли железа (II), комплекс железа (II) с ЭДТА, сульфит-бисульфиты, тиокарбаматы, политионаты, тиосульфаты, фосфорную кислоту и ее соли, карбамид,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	54
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

амины и аминовые спирты [41].

6.3 Определение объемов продуктов сгорания топлива

В водогрейной отопительной котельной поселка «Пластмасс» г. Копейска планируется установить 4 водотрубных котла КВ-ГМ-7,56-150Н. В котельной планируется установлены 4 металлические дымовые трубы на каждый котел соответственно. Выполним выбор и расчет дымовой трубы.

Котельная поселка «Пластмасс» работает круглый год. В течение отопительного периода она покрывает тепловые нагрузки на нужды отопления, вентиляции и ГВС жилого района, а в летний период обеспечивает потребителей только горячей водой.

Основным топливом является природный газ газопровода Бухара-Урал; $Q_n^p = 8670 \text{ ккал} / \text{м}^3$.

Характеристика топлива по таблице 32 [5]:

$$CH_4 = 94,2\%$$

$$C_2H_6 = 2,8\%$$

$$C_3H_8 = 0,4\%$$

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

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

$$N_2 = 2,0\%$$

$$CO_2 = 0,4\%$$

Теоретически необходимый объем воздуха для газообразного топлива:

$$V^0 = 9,6 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ (из расчета котла).}$$

Теоретический объем продуктов сгорания при:

– объем трехатомных газов:

$$V_{RO_2} = 1,023 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ (из расчета котла);}$$

– объем двухатомных газов:

$$V_{N_2}^0 = 7,604 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ (из расчета котла);}$$

– объем водяных паров:

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

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

Объем дымовых газов при нормальных условиях (6.1):

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	55
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

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

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

6.4 Расчет объёмов продуктов сгорания, образующихся при работе котлов

Объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива при рабочих условиях ($P_p=97000$ Па; $t_p=119$ °C) (6.2):

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

где $t_{yx}=119$ °C = 392 К – средняя температура уходящих газов.

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

Так как каждый котел КВ-ГМ-7,56-150Н имеет свою дымовую трубу, то расчет проводим для одного котла мощностью $Q=7,56$ МВт.

Расход топлива на котлы (6.3):

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

где: $\sum Q$ – суммарная мощность котлов; так как каждый котел КВ-ГМ-7,56-150Н имеет свою дымовую трубу, то расчет проводим для одного котла мощностью $Q=7,56$ МВт;

$\eta=94,1\%$ – КПД котла.

$$B_p = \frac{7,56}{33,52 \cdot 0,941} = 0,102 \text{ м}^3 / \text{с}$$

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

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

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

6.5 Расчет выброса оксидов азота

Расчет выбросов оксидов азота ведется согласно методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 20 Гкал/ час [29].

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{NO_2}^e = 0,0113 \cdot \sqrt{3,69} + 0,03 = 0,052 \text{ г/МДж}$$

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

β_t – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения (6.8):

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

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

где $t_{\text{в.}}$ – температура горячего воздуха °C;

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

β_Γ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымо-

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13.03.01.2017.050.05 ПЗ	57

вых газов через горелки на образование оксидов азота:

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

где r – степень рециркуляции дымовых газов.

$$\beta_{\Gamma} = 0,16 \cdot \sqrt{1} = 0,16$$

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

k_{Π} – коэффициент пересчета, при определении выбросов в граммах в секунду $k_{\Pi} = 1$.

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

6.6 Расчет максимальной концентрации выбросов NO₂

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

Максимальная концентрация выбросов NO₂ может быть рассчитана по формуле (6.10):

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

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

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

V_1 – полный расход дымовых газов на срезе (устье) трубы, м³/с;

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

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

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

Иzm.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	58
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

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 50Н, то $\eta = 1$.

Задаемся скоростью газа на выходе из трубы, при искусственной тяге: $w_e = 17 \text{ м/с}$.

Диаметр трубы определяем (6.11):

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{w \cdot \pi}}. \quad (6.11)$$

$$D_o = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,75}{17 \cdot 3,14}} = 0,362 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр устья дымовой трубы из стандартного ряда стальных труб $D_0=0,42 \text{ м}$, тогда скорость газа (6.12) [5]:

$$w_e = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_o^2}, \quad (6.12)$$

$$w_e = \frac{4 \cdot 1,75}{3,14 \cdot 0,42^2} = 12,6 \text{ м/с.}$$

Принимаем параметр $A= 160$, параметр $F = 1$.

1) Задаем высоту трубы $h_l = 18 \text{ м}$ и находим значения коэффициентов (6.13)

$$\nu_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} \quad (6.13)$$

$$\nu_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,75 \cdot 139}{18}} = 2,55,$$

где $\Delta T = 119 + 273 - (-34 + 273) = 139 \text{ К}$.

Коэффициент $n = 1$ при $\nu_m \geq 2$.

Тогда коэффициент f находим по формуле (6.14):

$$f = \frac{10^3 w_e^2 D_o}{h_l^2 \Delta T}, \quad (6.14)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

$$f = \frac{10^3 \cdot 12,3^2 \cdot 0,42}{18^2 \cdot 139} = 1,41.$$

Т.к. $f = 1,41 \leq 100$, то коэффициент m равен (6.15):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (6.15)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,41} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,41}} = 0,84.$$

Расчетная минимальная высота дымовой трубы:

$$H_1^p = \sqrt{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \frac{M_{NO_2}}{\Pi \Delta K_{NO_2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Z}{V \cdot \Delta T}}}$$

$$H_1^p = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot \frac{0,47}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,75 \cdot 139}}} = 10,9 \text{ м.}$$

2) Задаем высоту трубы $h_l = 10 \text{ м}$ находим значения коэффициентов m и n .

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,75 \cdot 139}{10}} = 2,8.$$

Коэффициент $n = 1$ при $v_m \geq 2$.

$$f = \frac{10^3 \cdot 12,3^2 \cdot 0,42}{10^2 \cdot 139} = 4,6$$

Т.к. $f = 4,6 \leq 100$, то:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{4,6} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{4,6}} = 0,88$$

Расчетная минимальная высота дымовой трубы:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ 60

$$H_1^P = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot \frac{0,47}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,75 \cdot 139}}} = 12 \text{ м.}$$

3) Задаем высоту трубы $h_l = 15 \text{ м}$ и находим значения коэффициентов m и n .

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,75 \cdot 139}{15}} = 2,65$$

Коэффициент $n = 1$ при $v_m \geq 2$.

$$f = \frac{10^3 \cdot 12,3^2 \cdot 0,42}{15^2 \cdot 139} = 0,884,$$

т.к. $f = 0,884 \leq 100$, то:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,884} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,884}} = 0,92.$$

Расчетная минимальная высота дымовой трубы:

$$H_1^P = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot \frac{0,47}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{1,75 \cdot 139}}} = 16,4 \text{ м.}$$

Построим график для определения минимальной высоты дымовой трубы (рисунок 6.1).

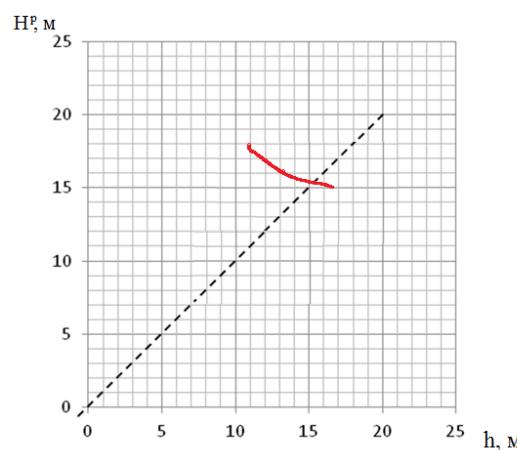


Рисунок 6.1 – Определением минимальной высоты дымовой трубы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					61

13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Минимальная высота дымовой трубы $H = 15$ м.

Принимаем высоту дымовой трубы $H = 16$ м, тогда:

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,75 \cdot 139}{16}} = 2,61,$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 12,3^2 \cdot 0,42}{16^2 \cdot 139} = 1,27,$$

т.к. $f = 1,27 \leq 100$, то:

$$C_{NO_2} = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \text{ МГ/м}^3; \quad (6.16)$$

$$C_{NO_2} = \frac{160 \cdot 0,47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87}{16^2 \cdot \sqrt[3]{1,75 \cdot 139}} = 0,018 \text{ МГ/м}^3.$$

$$C_{NO_2} = 0,072 \text{ МГ/м}^3 \leq \text{ПДК}$$

В результате проведенного конструктивного расчета для четырех КВ-ГМ-7,56-150Н необходимы четыре дымовые трубы внутренним диаметром 0,42 м и высотой 16 м. Максимальная концентрация оксидов азота в приземном слое $C_{NO_2} = 0,072 \text{ МГ/м}^3$, что не превышает максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	62
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

7 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА

Автоматизация технологических процессов является одним из главных направлений технического прогресса, повышения производительности труда и создания материально-технической базы построения развитого общества [40].

В процессе реконструкции рассматриваемой котельной устанавливают 4 котла КВ-ГМ-7,56-150Н, оборудованные горелками марки TBG-800MC фирмы «Baltur».

Аппаратура управления и регулирования котлами размещена в щитах 1-ШУК, 2-ШУК, 3-ШУК, 4-ШУК установленных непосредственно возле котлов.

В качестве объекта автоматизации рассматривается водогрейный котел КВ-ГМ-7,56-150Н.

Функциональная схема автоматизации является основным техническим документом, определяющим функциональную структуру и объем автоматизации технологического процесса.

В проектах котельных должны предусматриваться защита оборудования (автоматика безопасности), автоматическое регулирование, контроль, сигнализация и управление технологическими процессами котельных. (п.15.1 СН и П II-35-93).

Система автоматизации и контроля должна обеспечивать:

1. технологический контроль – служит для получения информации о текущих значениях параметров характеризующих технологический процесс;
2. технологическую защиту – предотвращает аварийные ситуации, позволяющие отключить агрегат полностью или перевести на другой режим работы;
3. сигнализацию – служит для привлечения внимания персонала об отклонениях параметров от требуемых значений; бывает световой и звуковой;
4. автоматическую блокировку – взаимосвязь различных агрегатов или участков технологического процесса, которая позволяет при нарушениях состояния одного из них перевести в другое состояние другой участок или агрегат;
5. автоматическое регулирование – процесс поддержания параметров на заданном значении, либо изменения этого параметра во времени по определенной программе.

Автоматизация котлоагрегата КВ-ГМ-7,56-150Н выполнена на базе измерителей-регуляторов «Малахит-3М».

Контроллер автоматики «Малахит-3М» является компактным, функционально законченным универсальным изделием. Он предназначен для построения устройств автоматики, с логической обработкой информации, а также для сбора,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	63
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

первичной обработки и передачи на компьютер «верхнего» уровня технологической информации. Алгоритм функционирования контроллера задается программой, составленной из набора встроенных функций.

«Малахит-3М» (рисунок 7.1) используется при помощи интерфейсов I2C, RS232, RS485.

После включения (подачи питания) контроллер автоматики проводит следующие операции:

- самопроверка ПЗУ, ОЗУ;
- считывание адреса контроллера;
- установка параметров обмена;
- проверка АЦП;
- выход в основной режим.

В основном режиме контроллер опрашивает входные сигналы, формирует выходные сигналы в соответствии с программой и ожидает запроса ЦСД (центр сбора данных). При обнаружении адресованного ему запроса, контроллером выдается ответный кадр данных. Контроллер отвечает на все адресованные ему запросы.

Модуль приема релейных сигналов представляет собой узел гальванической развязки на базе оптрана и буферного регистра. Входной сигнал от релейных контактов 5-24В через гасящий резистор поступает на вход оптрана. Выход оптрана включен на буферный регистр. При отсутствии входного сигнала на выходе оптрана уровень логической единицы, а при наличии входного сигнала, уровень логического нуля. Отличие релейных входов 380В от остальных только величиной и мощностью гасящего резистора.

Модуль приема аналоговых сигналов представляет собой узел резистивного делителя основе резисторов типа С2-29, защиты входов АЦП от перенапряжения и переполюсовки. Номиналы резисторов зависят от типа входного сигнала. Входной сигнал от датчиков через делители поступает на вход АЦП.

Модуль микроконтроллера реализован в двух модификациях: на основе ADuC812 и Atmega103.

Модуль выдачи релейных сигналов представляет собой узел коммутации напряжения 220В и 5А. Выходной сигнал записывается в буферные регистры микроконтроллером. Выходное реле включается буферным регистром через транзистор.

Модуль выдачи сигналов «открытый коллектор» представляет собой узел коммутации напряжения от 5 до 60В и 0,5А. Он реализован на базе оптрана и транзистора. Выходной сигнал записывается в буферные регистры микроконтроллером. Выходной транзистор включается оптроном. Выходные транзисторы

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	64
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

гальванически изолированы от входной и цифровой части контроллера автоматики.



Рисунок 7.1 – Общий вид контроллера «Малахит-3М»

7.1 Построение схемы автоматики

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

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

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

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

7.2 Автоматизация водогрейного котла КВГМ-7,56-150Н

В водогрейных котлах существует два контура регулирования:

1 – топливо: с датчика температуры сигнал передается на регулятор температуры;

2 – разряжение: разряжение в топке котла измеряется с помощью тягонапоромера, откуда подается сигнал на заслонку с электрическим однооборотным меха-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист 65
------	------	----------	---------	------	-------------------------	------------

низмом, которая при необходимости закрывается или открывается.

Автоматизация котла предусматривает:

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

Зашиты по снижению давления газа в горелке, понижению давления воздуха к горелке, погасанию пламени заложены в автоматике горелки.

На общекотловом щите установлена панель управления Power Panel PPO45 (рисунок 7.2) с цветным сенсорным дисплеем, на котором отображаются текущие параметры оборудования котельной и аварийные ситуации. Входными сигналами являются аналоговые и дискретные сигналы датчиков с соответствующих модулей 1-AI4622 и 1-DI9371.



Рисунок 7.2 – Общий вид панели Power Panel PPO45

Коммерческий учет тепла выполнен на базе теплоэнергоконтроллера ИМ 2300 настенного исполнения, на него подается сигнал с первичных приборов.

Приборы и средства автоматизации заземляются согласно ПУЭ, присоединив к общему контуру заземления. Щиты изготавливаются по ГОСТ 36.13-90.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	66
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

8 ЭКОНОМИКО-УПРАВЛЕНЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

8.1 Технико-экономический расчет

В технико-экономическом расчете сравниваются два варианта строительства тепломеханической части котельной.

Первый вариант – строительство котельной с четырьмя котлами КВ-ГМ-7,56-150Н (ОАО «Дорогобужкотломаш», Россия), работающей на природном газе.

Второй вариант – строительство котельной с двумя котлами КВ-ГМ-7,56-150Н (ОАО «Дорогобужкотломаш», Россия), работающей на мазуте.

Исходными данными для работы служат результаты, полученные при расчете тепловых нагрузок:

Тепловые нагрузки при максимально-зимнем режиме:

На отопление: $Q_o=13,598 \text{ МВт}$;

На вентиляцию: $Q_e=0,78 \text{ МВт}$;

На ГВС: $Q_{\text{гвс}}=14,5862 \text{ МВт}$;

Суммарная выработка: $\Sigma Q=28,964 \text{ МВт}$

Расчет капитальных затрат на строительство котельной микрорайона «Пластмасс» г. Копейска

Рассмотрим два варианта расчета капитальных затрат на строительство проектируемой тепломеханической части котельной микрорайона «Пластмасс» г. Копейска:

1. Первый вариант – работа котельной на природном газе
2. Второй вариант – работа котельной на мазуте.

I вариант – работа котельной на природном газе

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту завода-изготовителя и сведена в таблицу 8.1 [48, 49, 50].

Комплект автоматики включает в себя общекотельную автоматику, автоматику для каждого котла, а также прочего вспомогательного оборудования.

Комплект запорно-регулирующей арматуры включает в себя задвижки, вентили, краны шаровые, сетчатые фильтры, дисковые поворотные затворы, обратные клапаны, а также трубопроводную арматуру (трубы, отводы, переходы, фланцы и др.)

Комплект ХВО состоит из умягчителей и баков запаса воды.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	67

Таблица 8.1 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование обо- рудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудо- вания	Монтаж- ных работ	Оборудо- вания	Монтаж- ных работ
Котел КВ-ГМ-7,56- 150Н	4	3281,00	656,00	13124,00	2624,00
Горелка Baltur TBG- 800MC	4	943,00	188,60	3772,00	754,40
Теплообменный ап- парат Ридан НН№100-16/206-ТК	3	373,44	74,69	1120,32	224,07
Насос Grundfos	3	188,56	37,71	565,68	113,13
Комплект автоматики	1	934,00	186,80	934,00	186,80
Комплект запорно- регулирующей арма- тury	1	1234,00	246,80	1234,00	246,80
Дымовая труба	4	350,00	70,00	1400,00	280,00
Комплект ХВО	1	681,00	136,20	681,00	136,20
ИТОГО:				22831,00	4565,20

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования:

$$C_o = 0,05 \cdot 22831,00 = 1141,6 \text{ тыс.руб.}$$

Общие капитальные вложения в тепломеханическую часть котельной:

$$K_1 = 22831,00 + 4565,00 + 1141,60 = 28540,60 \text{ тыс.руб.}$$

II вариант – работа котельной на мазуте

Состав оборудования тепломеханической части котельной при работе на мазуте отличается только подогревателем мазута, соответственно включаем данное оборудование дополнительно в количестве двух штук (один – рабочий, другой –

резервный).

Стоимость оборудования и монтажных работ определяется по прейскуранту завода-изготовителя и сведена в таблицу 8.2 [50].

Таблица 8.2 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование обо-рудования	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб.		Общая стоимость, тыс. руб.	
		Оборудова-ния	Монтаж-ных работ	Оборудо-вания	Монтаж-ных работ
Котел КВ-ГМ-7,56-150Н	4	3281,00	656,00	13124,00	2624,00
Горелка Baltur TBG-800MC	4	943,00	188,60	3772,00	754,40
Теплообменный аппарата Ридан НН№100-16/206-ТК	3	373,44	74,69	1120,32	224,07
Насос Grundfos	3	188,56	37,71	565,68	113,13
Комплект автоматики	1	934,00	186,80	934,00	186,80
Комплект запорно-регулирующей арматуры	1	1234,00	246,80	1234,00	246,80
Дымовая труба	4	350,00	70,00	1400,00	280,00
Комплект ХВО	1	681,00	136,20	681,00	136,20
Подогреватель мазута	2	270,00	54,00	270,00	54,00
ИТОГО:				23101,00	4619,20

Определим остальные составляющие капитальных затрат:

– транспортные расходы на доставку и складирование оборудования:

$$C_o = 0,05 \cdot 23101,00 = 1155,1 \text{ тыс.руб.}$$

Общие капитальные вложения в тепломеханическую часть котельной:

$$K_2 = 23101,00 + 4619,20 + 1155,1 = 28875,3 \text{ тыс.руб.}$$

Капитальные затраты:

I вариант (котельная, работающая на газе) – $K_1 = 28540,6 \text{ тыс.руб.}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

II вариант (котельная, работающая на мазуте) – $K_2 = 28875,3$ тыс.руб.

$$K_1 \leq K_2$$

Расчет текущих затрат обслуживания котельной микрорайона «Пластмасс» г. Копейска

После сооружения 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 поселка «Пластмасс» г. Копейска:

1. Первый вариант – работа котельной на природном газе
2. Второй вариант – работа котельной на мазуте.

I вариант – работа котельной на природном газе

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:

– топливо (8.1):

$$I_m = \Pi_m \cdot G_{\text{год}} \quad (8.1)$$

где $\Pi_m = 3,1$ руб./ m^3 (по данным ОАО «Новатек»).

$$I_m = 3,1 \cdot 3468960 = 10753,7 \text{ тыс.руб./год}$$

– вода (8.2):

$$I_e = \Pi_e \cdot G_{\text{год}} \quad (8.2)$$

где – $\Pi_e = 11$ руб./ m^3 (по данным МУП «ПОВВ»).

$$I_e = 11 \cdot 30345 = 333,795 \text{ тыс.руб./год}$$

– электроэнергия (8.3):

$$I_s = \Pi_s \cdot W_s \quad (8.3)$$

где – $\Pi_s = 3,3$ руб./ $kW \cdot ч$ (по данным ОАО «Челябэнергосбыт»).

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист 70

– амортизационные отчисления (8.4):

$$I_a = H_a \cdot K \quad (8.4)$$

$$I_a = 0,16 \cdot 1113736,25 = 178,197 \text{ тыс.руб./год}$$

– издержки на проведение текущего ремонта (8.5):

$$I_{mp} = 0,1 \cdot I_a \quad (8.5)$$

$$I_{mp} = 0,1 \cdot 178197 = 17,819 \text{ тыс.руб./год}$$

Полученные текущие затраты сводим в таблицу 8.3.

Таблица 8.3 – Калькуляция текущих затрат на котельную на природном газе

Показатели и статьи затрат	Величина, тыс. руб./год
Годовой расход топлива	10753,70
Сырая вода	333,795
Электроэнергия	493,4
Амортизационные отчисления	178,179
Издержки на проведение текущего ремонта	17,819
ИТОГО	11776,9

II вариант – работа котельной на мазуте

Рассчитываются следующие статьи текущих затрат:

– топливо:

где $I_m = 10,0 \text{ руб./м}^3$ (по данным ООО «А-Трейдинг»).

$$I_m = 10 \cdot 3468960 = 34689,6 \text{ тыс.руб./год}$$

– вода:

$$I_e = 11 \cdot 30345 = 333,795 \text{ тыс.руб./год}$$

– электроэнергия:

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист 71
------	------	----------	---------	------	-------------------------	------------

– амортизационные отчисления:

$$I_a = 0,16 \cdot 1113736,25 = 178,197 \text{ тыс.руб./год}$$

– издержки на проведение текущего ремонта:

$$I_{mp} = 0,1 \cdot 178197 = 17,819 \text{ тыс.руб./год}$$

Полученные текущие затраты сводим в таблицу 8.4.

Таблица 8.4 – Калькуляция текущих затрат на котельную на мазуте

Показатели и статьи затрат	Величина, тыс. руб./год
1	2
Годовой расход топлива	34689,6
Сырая вода	333,795
Электроэнергия	493,4
Амортизационные отчисления	178,179
Издержки на проведение текущего ремонта	17,819
ИТОГО	47489,7

Текущие затраты:

I вариант (котельная, работающая на газе) – $I_1 = 11776,9 \text{ тыс.руб./год}$

II вариант (котельная, работающая на мазуте) – $I_2 = 47489,7 \text{ тыс.руб./год}$

$$K_1 \leq K_2$$

$$I_1 \leq I_2$$

По результатам расчета капитальных и текущих затрат котельной на природном газе и мазуте можно сделать вывод, что экономически эффективнее использовать природный газ. Так как затраты по первому варианту (котельная на природном газе) меньше, чем затраты по второму варианту (котельная работающая на мазуте). Рассчитаем экономические показатели проекта для котельной на газе.

Себестоимость 1 Гкал отпускаемой теплоты (8.6):

$$C_c = C / Q_{\text{год}} \quad (8.6)$$

где С – общая сумма текущих затрат на энергетическое обслуживание котель-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

ной, руб.;

$Q_{год}$ – годовой отпуск теплоты, Гкал (по расчету, сделанному в главе 4).

$$C_c = 11776,9 / 14740,8 = 798,9 \text{ руб./Гкал}$$

Годовой экономический эффект выявляется как разница между средним тарифом и себестоимостью продукции. В нашем случае стоимость годового отпуска теплоты, руб./год, от проектируемой котельной складывается из себестоимости всей отпускаемой теплоэнергии и доли прибыли, необходимой для развития предприятия. Валовая себестоимость определяется из выражения (8.7):

$$T_{ком} = C_{ком} \cdot Q_{год} \quad (8.7)$$

Стоимость $C_{ком}$ теплоэнергии по тарифам на 01.07.2016 г. с официального сайта ОАО «Челябблкоммунэнерго» для г. Копейска.

$$T_{ком} = 1420 \cdot 14740,8 = 20931,9 \text{ тыс.руб./год}$$

В таком случае годовая прибыль (эффект) (8.8):

$$\begin{aligned} \Pi &= T_{ком} - S \\ \Pi &= 20931,9 - 11776,9 = 9155,0 \text{ тыс.руб.} \end{aligned} \quad (8.8)$$

покрывает капиталовложения в новую котельную за срок (8.9):

$$T_{ок} = \frac{K}{\Pi} = \frac{28540,6}{9155,0} = 3,1 \text{ года} \quad (8.9)$$

что значительно ниже нормативного срока окупаемости проекта строительства котельных (5 лет).

8.3 SWOT-анализ для реализации проекта реконструкции

SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды).

1. Сильные стороны (Strengths) – преимущества предприятия;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	73

2. Слабые стороны (Weaknesses) – недостатки предприятия;
3. Возможности (Opportunities) – факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества предприятия на рынке;
4. Угрозы (Threats) – факторы, которые могут потенциально ухудшить положение предприятия на рынке.

В нашей работе мы рассматриваем swot-анализ для двух вариантов:

– котельной, работающей на газовом топливе (таблица 8.5);

Таблица 8.5 – SWOT-анализ проекта строительства котельной на газе

S: 1) Дешевое производство теплоэнергии 2) Упрощенный технологический процесс 3) Накопленный опыт в строительстве и эксплуатации котельных; 4) Высокий уровень автоматизации производства 7) Большой межремонтный период 8) Новое современное оборудование 9) Отсутствие затрат на транспортировку топлива	W: 1) Загрязнение окружающей среды 2) Пожаро-взрывоопасность газа 3) Затраты на разработку проекта 4) Большие капитальные вложения на строительство котельной
O: 1) Спрос на тепловую энергию 2) Новые технологии и оборудование, существующие на рынке 3) Поддержка со стороны местных властей	T: 1) Повышение цен на новые технологии 2) Нестабильность экономической обстановки на рынке энергоресурсов; 3) Задержки с поставкой оборудования. 4) Рост цен на топливо

– котельной работающей на мазуте (таблица 8.6).

Таблица 8.6 – SWOT-анализ проекта строительства котельной на мазуте:

S: 1) Возможность резервного хранения мазута 2) Накопленный опыт в строительстве и эксплуатации котельных; 3) Высокий уровень автоматизации производства 4) Новое современное оборудование	W: 1) Высокие транспортные издержки 2) Сложная система топливоприготовления 3) Затраты на подогрев мазута 4) Негативное воздействие на окружающую среду 5) Большие площади для хранения топлива
--	--

Продолжение таблицы 8.6

	6) Высокая стоимость мазута
Q: 1) Спрос на тепловую энергию 2) Новые технологии и оборудование, существующие на рынке 3) Поддержка со стороны местных властей	T: 1) Повышение цен на новые технологии 2) Нестабильность экономической обстановки на рынке энергоресурсов 3) Задержки с поставкой оборудования 4) Появление альтернативного топлива 5) Срывы в поставках топлива

Вывод:

Лучшим вариантом является котельная, работающая на природном газе, так как преобладают сильные стороны и возможности, использование которых создает преимущества предприятия на рынке.

8.4 Планирование целей предприятия и проекта

Поле сил характеризует организационную надежность состояния предприятия, устойчивость и направленность его развития. Наличие потенциала изменений, преобладание тех или иных сил определяет формулировки проблемы и целей. Схема поля сил котельной микрорайона «Пластмасс» г. Копейска изображена на рисунке 8.2.

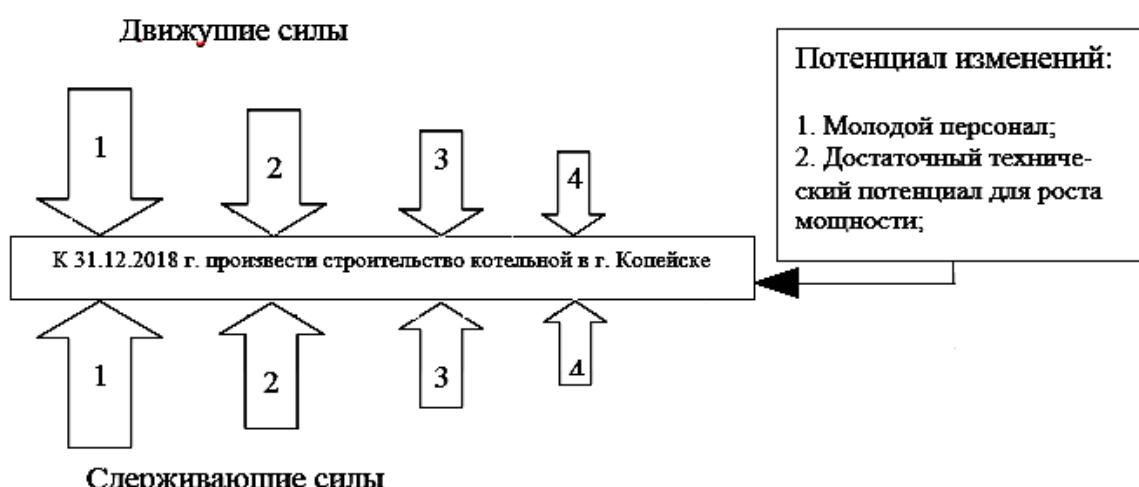


Рисунок 8.2 – Поле сил Курта Левина

Факторы движущих сил:

- Хорошее финансирование проекта;
- Наличие современного оборудования;
- Опытный и грамотный производственный и интеллектуальный персонал;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

4. Создание новых рабочих мест.

Факторы сдерживающих сил:

1. Дополнительные затраты на разработку проекта;
2. Низкая мотивация персонала;
3. Разногласия между подрядными строительными организациями;
4. Сбои с поставками оборудования.

Вывод:

В данный момент времени преобладают движущие силы. Это значит, что проект может быть реализован, а после строительства котельная поселка «Пластмасс» г. Копейска будет эффективно обеспечивать теплом потребителей.

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

На рисунке 8.1 изображено дерево целей проекта строительства котельной поселка «Пластмасс» г. Копейска.

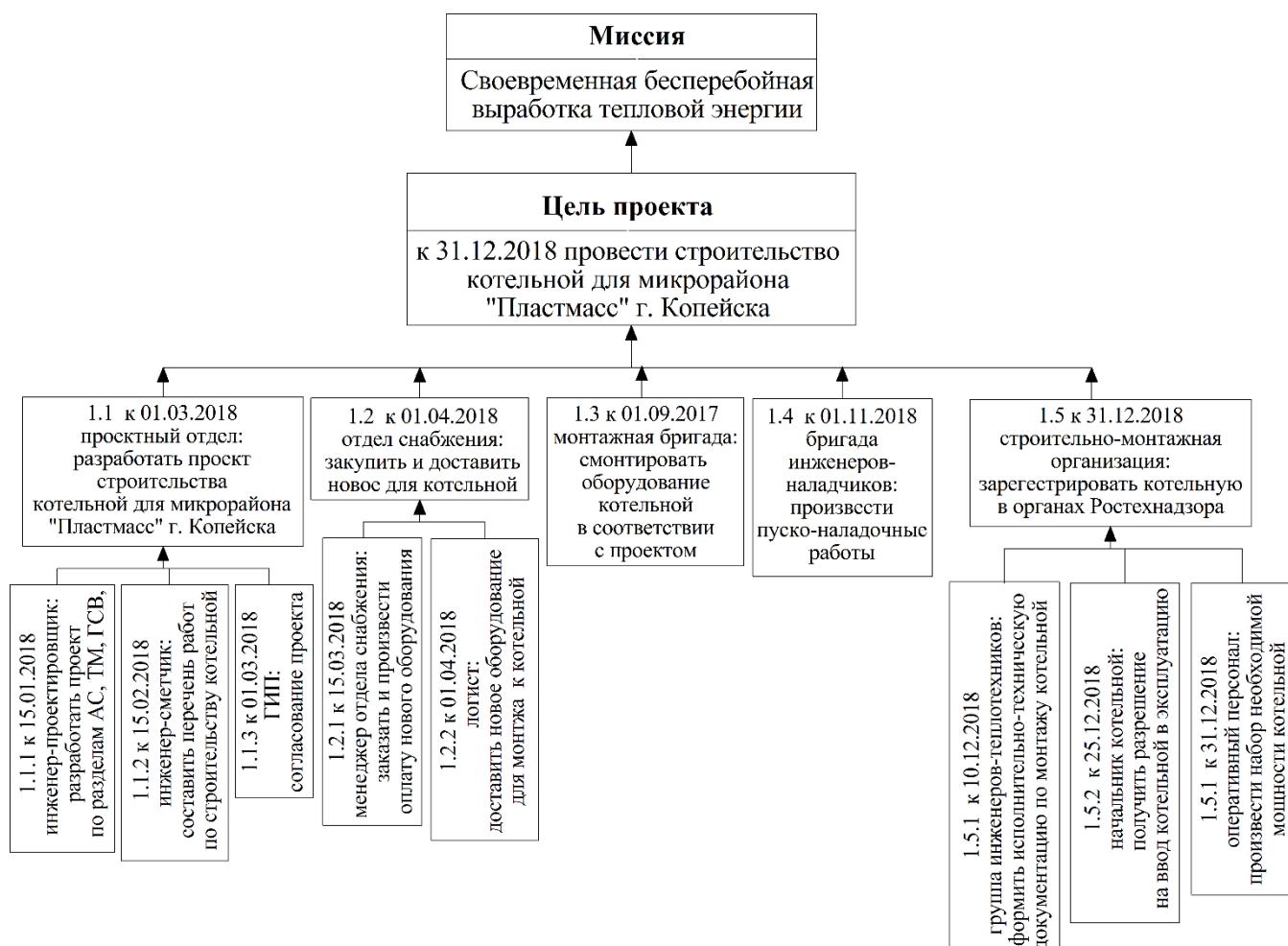


Рисунок 8.1 – Дерево целей проекта строительства котельной

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не разделяются и дают конечные результаты, определенные главной целью.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист 77
------	------	----------	---------	------	-------------------------	------------

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Котельная микрорайона «Пластмасс» г. Копейска отапливает небольшой жилой район, включающий в себя жилые дома. Топливом котельной является газ газопровода Бухара-Урал. Резервного топлива не предусмотрено. В котельной устанавливаются 4 котла КВ-ГМ-7,56-150Н.

Кроме того, в котельной эксплуатируется следующий ряд технологического оборудования: насосы котлового контура, насосы рециркуляции, установка умягчения воды непрерывного действия, подпиточные насосы, и другое вспомогательное оборудование, к которому эксплуатационный и ремонтный персонал имеет непосредственное отношение.

9.1 Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы рабочей среды и трудового процесса (ОиВФ и ТП) делятся на физические, химические, биологические и психофизические. В ГОСТ 12.0.003-80 «Опасные и вредные производственные факторы» приводится классификация ОиВФ и ТП.

В зоне обслуживания водогрейных котлов операторами имеют место:

1. Физические факторы:

- параметры микроклимата: температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение от горячих поверхностей;
- повышенный уровень постоянного шума;
- повышенный уровень вибрации в котельном зале;
- освещение;

2. Химические факторы:

- топливо котельной – природный газ и его продукты сгорания: углекислый газ, оксиды азота, оксиды углерода, бензапирен, летучие органические соединения

3. Факторы трудового процесса:

- тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественно нагрузки на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма.

– напряженность труда – нагрузка преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника

– травмоопасные факторы:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	78

- возможность поражения теплоносителем с высокой температурой;
- повышенное давление теплоносителя;
- разностное расположение оборудования;
- движущиеся и вращающиеся части механизмов могут вызвать механическое повреждение тела человека при попадании частей тела в поле действия этих частей механизмов;
- возможность поражения электрическим током от незащищенных и неизолированных электроприводов оборудования, в частности, насосов;
- возможность получения ожогов.
- аварийно возможные ситуации:
- утечка топлива;
- взрыв котла;
- пожар;
- разрыв трубопровода вследствие повышения давления, образования свищей.

9.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

При установке новых водогрейных котлов предусмотрены ряд мероприятий, сигнализирующих или предотвращающих негативные факторы рабочей среды. Сделаем анализ котлов КВ-ГМ-7,56-150Н с точки зрения безопасности жизнедеятельности. В таблице 9.1 представлен данный анализ.

Таблица 9.1 – Анализ котлов КВ-ГМ-7,56-150Н

Параметр	КВ-ГМ-7,56-150Н
1	2
Тепловая изоляция	Ламинированные минераловатные маты толщиной 100 мм. Поверхность котла облицована рифленым алюминиевым покрытием
Опасные летучие газы	Предусмотрены датчики улавливания метана, углекислого газа и др., сигнализирующих и отключающих подачу газа
Вибрация	Предусмотрена антивибрационная вставка перед горелкой; установлены антивибрационные шайбы на раме котла; выбор большого угла установки дымохода.

Продолжение таблицы 9.1

1	2
Предохранительный клапан	Для предотвращения разрыва котла либо его частей, затопления, ожогов горячей водой и повреждения другого технологического оборудования
Отслеживание давления в кotle, трубопроводах	Установлены манометры, датчики давления и автоматика котла отслеживает данные факторы, сигнализирует и приводит в действие запорную арматуру при превышении допустимых значений
Розжиг котлов и контроль технологических процессов	Автоматически ↓ Предотвращает поражение электрическим током, возникновения пожара, ожогов и др.
Управление котлами	Автоматически, выдает сигналы на управление существующими котлами при нехватке мощности
Управление горелками	Система автоматики горелок обеспечивает остановку горелок: – перегреве котлов; – понижении давления газа перед горелкой; – повышении давления теплоносителя в кotle выше 5,0 Атм; – понижении давления теплоносителя в кotle ниже 0,5 Атм; – понижении давления воздуха перед вентилятором горелки.
Эксплуатация котлов	Выбранная система водоподготовки позволяет обслуживать котел раз в 5 лет
Металлообработка котла	Обработано в соответствии со стандартами и позволяет уменьшению травм.
Смотровые окна	Установлены жаропрочные ламинированные стекла в металлической оправе

Нормы срабатывания сигнализатора оксида углерода и горючих газов измерения вредных примесей в воздухе котельной СТГ-1-1 производства ФГУП СПО «Аналитприбор» (Россия, г. Смоленск):

- оксид углерода: класс опасности – 4, допустимое значение концентрации – 20 мг/м³;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

- оксиды азота в пересчёте на NO₂: класс опасности – 3, допустимое значение концентрации – 5 мг/м³;
- диоксид азота: класс опасности – 3, допустимое значение концентрации – 2 мг/м³;
- углеводороды предельные (C₆-C₁₂), класс опасности – 4, предельно-допустимая концентрация – 300 мг/м³;
- метан, класс опасности – 4, предельно-допустимая концентрация – 7000 мг/м³.

Освещение котельной и рабочей зоны предусмотрено существующее. Оно соответствует нормам СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» зрительные работы оператора котельной относятся к разряду III. В операторской норма 300 лк, коэффициент пульсации $\hat{E}_i = 15\%$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	Лист
						81

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускном квалификационном проекте предложен источник теплоснабжения для жилого микрорайона «Пластмасс» г. Копейска. Проектом предлагается строительство новой водогрейной котельной с установкой четырех котлов КВ-ГМ-7,56-150Н.

В работе произвели сравнение выбранных котлов КВ-ГМ-7,56-150Н производства ОАО «Дорогобужкотломаш» с зарубежными современными аналогами, такими как Vissman, Buderus, Bosh и др. Приведены технические характеристики, особенности и стоимости комплектов котлоагрегатов.

Для выбора котлов необходимой мощности определены тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и ГВС. Также сделан расчет тепловой схемы котельной, получен расход топлива и теплоносителя.

В ВКР изложено техническое описание котла КВ-ГМ-7,56-150Н, принцип его действия. Далее сделан расчет объемов продуктов сгорания и тепловой и поворотный расчеты котла.

Рассмотрели мероприятия по энергосбережению применительно к котельной микрорайона «Пластмасс» г. Копейска. Даны показатели по снижению тепловых потерь в зависимости от применяемого метода.

Проект содержит выбор и расчет дымовой трубы с целью снижения негативного влияния на окружающую среду. К установке принимаются 4 дымовые трубы для каждого котла отдельно.

Описали функциональную схему автоматизации и контрольно-измерительных приборов котла, а также принципы и параметры регулированию технологическим процессом горения топлива, температуры и расхода теплоносителя в контурах.

В восьмой главе выполнен технико-экономический расчет со сроком окупаемости проекта, сделан SWOT-анализ для реализации проекта, а также представлено поле сил Курта Левина.

В разделе БЖД были проанализированы опасные и вредные производственные факторы, дан анализ применяемых методов подавления негативных факторов трудового процесса котла КВ-ГМ-7,56-150Н.

Таким образом, разделы проекта раскрыты полностью, учтены все особенности работы котельной

Результаты работы рекомендованы к строительству рассматриваемого источника теплоснабжения микрорайона «Пластмасс» г. Копейска.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	82
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

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;
- 2 Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ. О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса;
- 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;
- 4 Приказ Минтруда РФ от 17.08.2015 №551н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок;
- 5 Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. №328н. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок;
- 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.: Стандартинформ, 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.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	83
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ	

- рования. 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, 2004. – 48 с.;
- 24 Алабугин, А.А. Производственный менеджмент в энергетике предприятия: учебное пособие / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. Челябинск, Издательство ЮУрГУ, 1998. – 69 с.;
- 25 Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник / А.А. Александров, Б.А. Григорьев. М.: Издательство МЭИ, 2004. – 98 с.;
- 26 Артунян, А.А. Основы энергосбережения / А.А. Артунян. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 600 с.;
- 27 Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.И. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 248 с.
- 28 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.;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ 84

- 29 Грибанов, А.И. Расчёт дымовой трубы / А.И. Грибанов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 22 с.;
- 30 Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов / Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А. Хаванов. – М.: Бастет, 2010. – 624 с.;
- 31 Зайцев, Н.Л. Экономика, организация и управление предприятием: учебное пособие / Н.Л. Зайцев. – М.: Инфра-М, 2008. – 455 с.;
- 32 Камфер, Г.М. Теплотехника: учебник для вузов / Г.М. Камфер, М.Г. Шатров, К.А. Морозов. – М.: Высшая школа, 2009. – 671 с.;
- 33 Кириллов, В.В. Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / В.В. Кириллов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. – 67 с.;
- 34 Клименко, А.В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 327 с.;
- 35 Колесников, А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях / А.И. Колесников, Ю.М. Варфоломеев, М.Н. Федоров. – М.: Инфра-М, 2010. – 160 с.;
- 36 Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.
- 37 Лумми, А.П. Расчет водогрейного котла / А.П. Лумми, В.А. Мунц. – Екатеринбург: Издательство ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. – 41 с.;
- 38 Манюк, В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / В.И. Манюк, Каплинский Я.И., Хиж Э.Б. – М.: Либроком, 2009 г. – 432с.;
- 39 Палей, Е.Л. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании котельных / Е.Л. Палей. – СПб.: Питер, 2014. – 144 с.;
- 40 Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.;
- 41 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды / П.В. Росляков. – М.: Издательство МЭИ, 2007. – 336 с.;
- 42 Сидельковский, Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, Ю.Б. Юрьев. – Издательство Бастет, 2009. – 528 с.;
- 43 Соколов, Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой мощности / Б.А. Соколов. – М.: Academia, 2008. – 64 с.;
- 44 Соколов, Б.А. Устройство и эксплуатация оборудования котельных, работающих на твердом топливе: учебное пособие / Б.А. Соколов. – М.: Academia,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист
					13.03.01.2017.050.05 ПЗ

2010. – 288 с.;

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

46 Трухний, А.Д. Основы современной энергетики / А.Д. Трухний. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 472 с.;

47 Фокин, В.М. Энергосбережение в производственных и отопительных котельных / В.М. Фокин. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 288 с.;

48 Официальный сайт Buderus – <http://www.buderus.ru>.

49 Официальный сайт ОАО «Бийский котельный завод» – http://www.bikz.ru/production/kotly_vodogreynie/gaz_zhidkoe_toplivo/serii_kv-gm_kv-gm_7_56_11_63_23_26_35_mvt/;

50 Официальный сайт ОАО «Дорогобужкотломаш» – <http://www.dkm.ru/catalog/malye-kotly/60.html>.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист	13.03.01.2017.050.05 ПЗ	86