

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

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,
Главный инженер
ОАО «ЧЕЛЯБГИПРОМЕЗ»

_____ Д.В. Рыжков
« ____ » _____ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
промышленной теплоэнергетики,
к.т.н., доцент

_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 2018 г.

**ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА
ООО «ИШТАЛЬ» Г.ИШИМБАЙ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ–13.03.01.2018.236.24 ПЗ ВКР

Консультант
по разделу «Экономика и управление»,
старший преподаватель

_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2018 г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент

_____ Т.Б. Жирагалова
« ____ » _____ 2018 г.

Нормоконтролер,
старший преподаватель

_____ Р.А. Алабугина
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы ПЗ–579

_____ Е.А. Якушкина
« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018.

АННОТАЦИЯ

Якушкина Е.А. Выбор источника теплоснабжения завода ООО «Ишсталь» г. Ишимбай Республики Башкортостан. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ; 2018, 86 с., 6 ил., библиогр. список – 48 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 1 демонстрационный лист ф. А1.

В связи со строительством завода ООО «Ишсталь» в г. Ишимбай Республики Башкортостан было принято решение о выборе источника теплоснабжения.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является выбор источника теплоснабжения отвечающим потребностям завода в тепловой энергии

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

Во введении рассмотрены возможности использования котельных установок в современной России, также обозначены задачи, объект и предмет работы.

Первая глава посвящена описанию существующего положения на рынке котельных установок, обосновывается актуальность и обоснование выбора источника теплоснабжения.

Во второй и третьей главе сделан анализ литературы и проведено сравнение отечественных и зарубежных передовых технологий и решений в области строительства и производства котельных и водогрейных котлов.

В четвертой главе на основе произведенных расчет сделан выбор источника теплоснабжения.

В пятой главе описано энергосбережение в оборудовании котельной.

В шестой главе определена высота дымовой трубы.

В седьмой главе описаны контрольно измерительные приборы и автоматика безопасности.

В восьмой главе перечислены возможные опасные факторы при работе котельной и методы их профилактики.

В девятой главе выполнен технико-экономический расчет выбора оборудования, представлен SWOT- анализ, представлены планы целей предприятия и проекта.

Графическая часть выполнена с применением программ AutoCAD и Компас – системы автоматизированного проектирования на 5 листах формата А1.

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ								
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Выбор источника теплоснабжения завода ООО «Ишсталь» г. Ишимбай Республики Башкортостан			<i>Лит.</i>			<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб.</i>	<i>Якушкина Е.А.</i>							В	К	Р	3	86	
<i>Пров.</i>	<i>Жиргалова Т.Б.</i>							ЮУрГУ Кафедра промышленной тепло- энергетики					
<i>Н. Контр.</i>	<i>Алабугина Р.А.</i>												
<i>Утв.</i>	<i>Осинцев К.В.</i>												

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	8
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ	10
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РАЗРАБОТОК ПО ТЕМЕ ВКР. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	12
4 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА ООО «ИШСТАЛЬ»	17
4.1 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС	17
4.2 Расчет температурного графика котельной	21
4.3 Выбор основного оборудования котельной	23
4.4 Тепловой расчет котла	26
4.4.1 Расчет объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания	26
4.4.2 Тепловой баланс котла и расчет расхода топлива	29
4.4.3 Поверочный расчет топки	31
4.4.4 Поверочный расчет конвективного пучка	35
4.4.5 Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла	36
4.5 Тепловая схема котельной	37
4.6 Схема химической водоподготовки	40
4.7 Выбор вспомогательного оборудования	48
5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОБОРУДОВАНИИ КОТЕЛЬНОЙ	55
6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	57
6.1 Определение объемов продуктов сгорания топлива	58
6.2 Определение минимальной высоты дымовой трубы	60
7 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА БЕЗОПАСНОСТИ	64
8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	67
9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	71
9.1 Технико-экономический расчет	71
9.1.1 Расчет капитальных затрат на строительство автоматизированной блочно-модульной котельной ARTMK300	71
9.1.2 Расчет капитальных затрат на строительство автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100	74
9.1.3 Определение текущих затрат на обслуживание автоматизиро- ванной блочно-модульной котельной ARTMK300	75
9.1.4 Определение текущих затрат на обслуживание автоматизиро- ванной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100 ...	77
9.1.5 Расчет приведенных затрат для двух вариантов	78
9.1.6 Определение себестоимости тепловой энергии	78
9.2 SWOT-анализ вариантов реализации проекта строительства блочно-модульной котельной	79
9.3 Планирование целей предприятия и проекта	80

9.4	Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)	81
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	84

ВВЕДЕНИЕ

Тепловая энергия – один из основных видов энергии, используемых человеком для обеспечения необходимых условий его жизнедеятельности. Благодаря изобретению парового двигателя и перехода от использования мускульной силы рабочих на энергию пара и воды в первых машинах, произошла первая индустриальная революция. Прогресс не стоит на месте, он движется семимильными шагами и мы стоим на пороге четвертой индустриальной революции – «Индустрии 4.0». Данный этап связывают с развитием искусственного интеллекта, уже сейчас появляются «умные» (автоматизированные) котельные, которые работают без непосредственного участия человека, и управлять которыми можно через сеть интернет.

Постепенно переходит замена старого, мало эффективного оборудования на более новое, современное, энергоэффективное. Широко внедряются энергосберегающие технологии, технологии экономии топлива и энергии на собственные нужды.

Современная котельная оборудуется весьма сложными котлоагрегатами, оснащенными контрольно-измерительной аппаратурой (КИП), средствами автоматики и дистанционного контроля которые должны не только обеспечивать бесперебойное и качественное теплоснабжение предприятия, и но быть энергоэффективными, и легко, без участия человека, выходить в сеть и получать и передавать необходимую для работы информацию. Помимо основного оборудования в котельной есть и вспомогательное – предназначенное для подготовки и подачи топлива, воды, воздуха для горения, чистки и удаления продуктов сгорания.

Системы теплоснабжения предприятия состоит из теплогенерирующей установки, где производится теплоноситель; системы водяных тепловых сетей и водопроводов, которые транспортируют теплоноситель до потребителя; и теплопотребляющего оборудования, которое используется для отопления производственных и других помещений, подогрева холодного наружного воздуха, направляемого на вентиляцию помещений, подогрева воды для санитарных нужд работников предприятия.

Одним из наиболее ответственных этапов при выборе систем теплоснабжения промышленных предприятий является расчет тепловых нагрузок, так как расход тепла характеризуется большой неравномерностью. Тепловые нагрузки условно можно разделить на две группы – круглогодичные и сезонные. Как видно из названия, для покрытия круглогодичных нагрузок тепло отпускается на протяжении всего года, для покрытия сезонных – тепло отпускается только в определенный сезон (отопление, кондиционирование воздуха и вентиляция).

Актуальность данной выпускной квалификационной работы заключается в выборе современного, энергоэффективного, безопасного источника теплоснабжения завода ООО «Ишсталь».

Цель данной работы – выбрать источник теплоснабжения для завода ООО «Ишсталь» г. Ишимбай Республика Башкортостан.

Объект работы – завод ООО «Ишсталь».

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

Предмет работы – источник теплоснабжения предприятия.

Задачи дипломного проекта для достижения поставленной цели следующие:

- произвести расчет тепловых нагрузок отопления, вентиляции и горячего водоснабжения для цехов и зданий предприятия;
- произвести расчет тепловой схемы котельной с последующим выбором типа и количества котлов;
- произвести тепловой поверочный расчет одного котла;
- произвести выбор дополнительного оборудования;
- произвести поверочный расчет дымовой трубы;
- рассмотреть вопросы по автоматизации котельных установок, автоматику безопасности котла и автоматическое регулирование;
- рассмотреть опасные производственные факторы при работе котельной и меры по их снижению, и повышению безопасности производственных процессов и оборудования;
- произвести расчет себестоимости внедряемого проекта и срок его окупаемости.

					<i>13.03.01.2018.236.24 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						7
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

В данном дипломном проекте представлен выбор источника теплоснабжения завода ООО «Ишсталь» расположенного в г. Ишимбай Республики Башкортостан.

ООО «Ишсталь» – первое металлургическое предприятие по переработке лома на территории Башкортостана. Проект Ишимбайсталь основан в 2012 году.

Сфера деятельности завода производство сортового проката и метизов с переработанного металлического лома. Производительность 300 000 тонн в год. Проект Ишсталь первый объект промышленного производства замкнутого цикла, полностью построенный на технологиях и оборудовании КНР. [4]

На сегодняшний момент на предприятии отсутствует источник теплоснабжения, но имеются потребности в отоплении, вентиляции и горячем теплоснабжении.

Централизация теплоснабжения от автономной котельной решает часть проблем [37]:

- максимальное приближение источника тепла к потребителю значительно снижает, и практически полностью исключает потери тепла по ходу теплотрасс;
- снижаются расходы на прокладку и обслуживание теплотрасс;
- эффективная экономия энергоресурсов и материальных средств.

При выборе варианта теплоснабжения нужно учитывать всю совокупность затрат, влияющих на себестоимость единицы тепловой энергии.

Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения зависит главным образом от вида и плотности тепловой нагрузки, типа источника теплоты. Рекомендуются максимально упростить систему теплоснабжения. Чем система проще, тем она дешевле в сооружении и надежнее в эксплуатации. Значительно упрощает систему теплоснабжения применение единого теплоносителя для всех видов тепловой нагрузки.

В данном дипломном проекте предполагается теплоснабжение предприятия с помощью котельной серии ARTMK 300 производства компании ООО «Завод Котельного Оборудования» г.Туймазы.

Котельная водогрейная представляет собой сложный комплекс энергетического оборудования с максимальной степенью заводской готовности, выполненный в соответствии с требованием технических условий ТУ 4938-007,65837890-2010. Все оборудование и материалы имеют государственные сертификаты соответствия Гостстандарта РФ и разрешения к применению на территории Российской Федерации.

Преимущества данной котельной:

- имеет высокую мобильность, так как выполняется в виде одного или нескольких блоков;
- выпускается как полностью готовое к работе изделие;
- для установки котельной требуется минимальный пакет разрешительных документов;
- короткий срок ввода в эксплуатацию – от 2 до 4 месяцев;

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ				

- при изготовлении котельных применяются высококачественные комплектующие ведущих мировых фирм-производителей;
- экономичность и низкая затратность на производство тепла;
- полная автоматизация, не требующая присутствия обслуживающего персонала в помещении котельной;
- возможность дистанционного контроля за работой котельной.

В котельной предполагается использовать котлы серии RD-S, которые имеют горизонтальную цилиндрическую топку, образованную оребренными трубами, расположенными по окружности и соединенными в змеевик. Топка котла снаружи заключена в герметичный газовый короб. Продукты сгорания из топки проходят между оребренными экранными трубами, отдавая им тепло, и попадают в газовый короб, откуда удаляются через газоход.

Специальная «прощающая» конструкция теплообменника, свободно плавающего в каркасе котла, предусматривает возможность резкого охлаждения и нагрева без возникновения механических напряжений. Для улучшения омывания дымовыми газами и увеличения интенсивности теплопередачи, снаружи на оребренные трубы топки установлены газовые рассекатели, представляющие собой профильные пластины из жаропрочной стали.

Преимущества котлов RD-S:

- высокий КПД – 91%;
- низкий уровень затрат на эксплуатацию и обслуживание;
- широкий диапазон регулирования производительности;
- конструкция котла позволяет использовать различные варианты комплектации КИПиА;
- возможен перевод котла с одного вида топлива на другой;
- возможность установки горелок для разного вида топлива.

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 ООО «Ишсталь», в котором указаны исходные параметры реконструируемой котельной (мощность, вид котлов, отопительный и производственный периоды), объем проектных работ и дополнительные условия.

Далее используемую литературу представим в нескольких разделах в соответствии с главами пояснительной записки:

1. Энергосбережение – указаны виды, методы, мероприятия энергосберегающих технологий на котельных и ТЭС, а также их фактическое применение:

1.1 «Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий» Бухмиров В.В., Нурахов Н.Н.;

1.2 «Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях» Колесников А.И., Варфоломеев Ю.М.;

2. Расчет мощности котельной, температурного графика, расходов воды и схемы котельной – представлены поэтапные методы тепловых, гидравлических и других расчетов, выбор схем котельных, подбор оборудования и др.

2.1 «Теплофикация и тепловые сети» Соколов Е.Я.;

2.2 «Производственные и отопительные котельные» Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф.;

3. Котельные установки и их расчет – приведены принципы работы котлов, их виды и типы, методики расчетов и справочные значения величин:

3.1 «Котельные установки промышленных предприятий» Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н.;

3.2 «Паровые и водогрейные котлы малой мощности» Соколов Б.А.;

3.3 «Расчет водогрейного котла» Лумми А.П., Мунц В.А.;

4. КИПиА – отражены принципы составления функционирования схем автоматики котельных, правила составления, преимущества и недостатки автоматизированных систем управления:

4.1 «Проектирование, монтаж и эксплуатация автоматизированных систем управления теплоэнергетическими процессами» Плетнев Г.П., Зайченко Ю.П.;

4.2 «Автоматическое регулирование энергоустановок» Булкин, А.Е.;

4.3 ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

5. Экономика на теплоэнергетических предприятиях – приведены методы оценки эффективности и экономической целесообразности проекта:

5.1 «Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» Алабугин А.А., Алабугина Р.А.;

6. БЖД – раскрыты факторы рабочей среды на предприятиях энергетической отрасли, стандарты измерения и допустимые величины факторов; действия персо-

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

нала при возникновении аварийных ситуаций и их предупреждении:

6.1 «Безопасность жизнедеятельности» Белов С.В. Девисилов А.В.;

6.2 ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»;

7. Экологическая безопасность – содержится теоретическая база уменьшения вредных экологических факторов, их подавления и измерения в соответствии с ПДК, методы оценки и др.:

7.1 «Расчет дымовой трубы» Грибанов А.И.;

7.2 «Методы защиты окружающей среды» Росляков П.В.;

8. Технические характеристики устанавливаемого и рассматриваемого оборудования:

8.1 Официальный сайт: Энергопромстрой завод котельного оборудования www.energoprom-stroy.ru;

8.2 Официальный сайт: АО «Газовые системы» www.gassystems.ru;

8.3 Официальный сайт: Приборинвест www.priborinvest.by;

8.4 Официальный сайт: интернет-магазин сантехники «Сантех-март» www.stm66.ru;

Для оформления пояснительной записки и графического материала использованы требования литературы:

1. «Выпускная квалификационная работа: структура, требования к оформлению и нормоконтролю» Алабугина Р.А.;

2. СТО ЮУрГУ 04-2008. «Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению»;

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

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

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ РАЗРАБОТОК ПО ТЕМЕ ВКР. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Теплоэнергетическое оборудование на предприятиях нашей страны имеет высокий уровень износа, а так же в качестве основного топлива используется уголь, который является экологически грязным топливом. Проблемы, связанные с использованием угля, повышением степени очистки и обеспечением оптимальных систем сжигания наряду с другими проблемами теплоэнергетики требуют современных эффективных технико-экономических решений. Между тем давно доказана эффективность и экологичность использования котельных работающих на природном газе.

Так как проблема отопления с каждым днем становится все более актуальной не только в жилищно-коммунальной сфере, но и в промышленности, а от эффективности работы котельной зависит комфортность условий труда и экономия энергоресурсов, производство котлов и котельного оборудования является важнейшей отраслью машиностроения Российской Федерации. В настоящее время котельное оборудование, только в нашей стране, выпускается более чем на 20 крупных котельных заводах, это не считая небольших котлостроительных компаний.

Производство котельного оборудования постоянно совершенствуется, этому в последние годы, способствует и программа импортозамещения. Отечественные котлы поставляются по всей территории Российской Федерации, а так же в страны ближнего и дальнего зарубежья. Котельное оборудование отечественного производства имеет более низкую закупочную цену, наличие запчастей и отработанную систему их поставки, и возможность обеспечения высококвалифицированного монтажа.

Высококвалифицированный монтаж очень важен в процессе строительства котельной, так как более 70% поломок связано с неправильным монтажом или пусконаладкой.

С каждым годом повышается спрос на автоматизированное оборудование, так как именно оно обеспечивает наиболее безопасную и качественную эксплуатацию.

Еще одним ключевым показателем отечественного оборудования является энергоэффективность. Оригинальные конструктивные решения и применение современных технологий позволяют сжигать топливо с КПД не менее 94%, при этом при снижении нагрузки КПД не падает, а электропотребление снижается за счет использования вентиляторов с частотным преобразователем. [1]

Так же не стоит забывать о новых технологиях сжигания топлива, максимально снижающих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, создание оптимальных конструкций топочных камер, систем топливоподачи и золошлакоудаления, использование инновационных материалов в производстве котельного оборудования, снижающих их металлоемкость и повышающих КПД, применение современных систем золоулавливания и установок для очистки дымовых газов, унификация элементов котлов и вспомогательного оборудования, расширение исполь-

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

зования автоматики при эксплуатации котлов.

Не так давно появился особый продукт в теплоэнергетике – блочно-модульные котельные. Нигде в мире они не востребованы так, как в России. Отличительной особенностью таких котельных является поставка в виде блоков в полной заводской готовности. Наиболее востребованными являются блочно-модульные газовые котельные, работающие на природном, попутном или сжиженном газе. [2]

Отдельно стоит отметить преимущество автономных блочно-модульных котельных от стационарных. Во первых – блочно-модульные котельные экономически выгодны, благодаря автоматическим системам регулирования экономятся энергоресурсы – топливо и электроэнергия, а так же нет необходимости в постоянном присутствии персонала в котельной, поскольку автоматика обеспечивает бесперебойную работу всех элементов котельной, в случае опасности возникновения аварийной ситуации, автоматика направит сигнал с помощью смс или электронной почты ответственному лицу, и отключит все системы. Все параметры задаются заранее и сохраняются автоматически. Во вторых – быстрый и простой монтаж. Для строительства стационарной котельной необходимо немалое количество денежных средств и времени, а для установки блочно-модульной котельной не потребуется даже заливка фундамента, а просто ровная поверхность. [3]

Несмотря на все плюсы, блочно-модульные котельные имеют и ряд минусов: так например ограничения в тепловой мощности котельной в виду предельных габаритных размеров модулей, котлов и агрегатов, малые расстояния для обслуживания оборудования внутри котельной, необходимость выделения участка земли для установки котельной.

Основу котельных составляют высококачественные промышленные котлы зарубежного и отечественного производства. Установки включают водогрейные котлы от фирм Viessmann, Рэмэкс, Buderus, Wolf, которые оснащаются горелками Cib Unigas, Riello, Weishaupt, работающими на газе. Кроме того, они комплектуются насосами DAB, KSB, Grundfos, Wilo и другим вспомогательным оборудованием известных производителей. [4]

При сравнении котельных установок зарубежных производителей можно отметить следующие характерные признаки: так котельное оборудование итальянской компании Ferrolі адаптировано к работе при Российских погодных условиях. Котлы произведенные в Японии и Юной Кореи отличаются высокой степенью автоматизации, а котлы таких известных марок как Buderus, Vissman (Германия) имеют долгий срок службы и высокое качество.

В России широкое применение получили газовые котлы, так как природный газ является самым недорогим и популярным видом энергоносителя. К самым популярным производителям газовых котлов можно отнести следующих [46]:

– завод «Конорд» (г. Ростов) Под данным брендом выпускаются котлы со стальным теплообменником и атмосферным газогорелочным устройством. Так же завод выпускает котлы комбинированного типа со стальной камерой сгорания, в которую устанавливается атмосферная горелка дл работы на газе, без нее агрегат сжигает уголь или дрова и не зависит от электроэнергии.

– Жуковский завод (г. Жуковск). Газовые котлы производимые на этом заво-

де, как правило, имеют конструкцию, работающую без электроснабжения. Конструкция предусматривает чугунный теплообменник и одноступенчатую горелку которая работает при атмосферном давлении.

– завод «Газаппарат» (г. Санкт-Петербург). Газовые котлы произведенные на данном заводе имеют широкий пакет опций и функций автоматики и безопасности и мало чем уступают зарубежным аналогам.

Рассмотрим более подробно газовые котлы произведенные ООО «Россен» (г. Туймазы).

Водогрейные котлы серии RS-D произведенные ООО «Завод Котельного Оборудования» г.Туймазы, предназначены для работы на газообразном и дизельном топливе. Внешний вид котла представлена на рисунке 2.1.

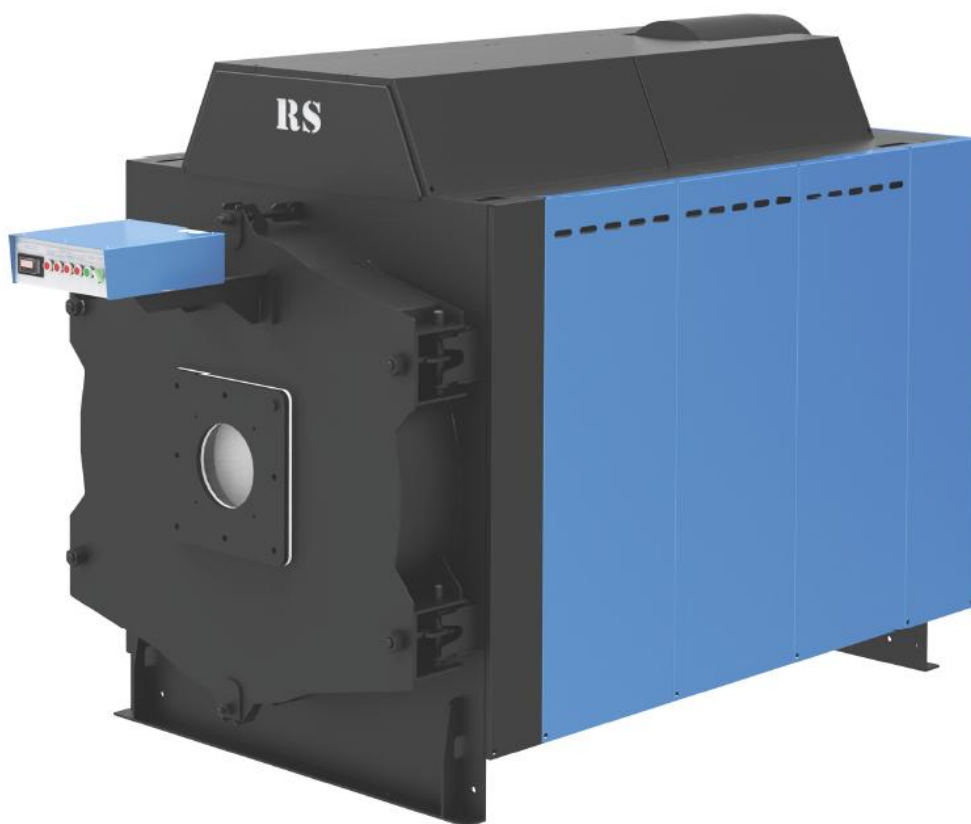


Рисунок 2.1 – Внешний вид котла RS-D

Котлы имеют большой срок эксплуатации и неограниченное количество пусков и остановок благодаря плавающей конструкции теплообменника, которая позволяет трубам свободно перемещаться относительно каркаса котла при тепловом расширении (включение-выключение котла).

По сравнению с жаротрубными реверсивными котлами, топка котла имеет меньшее аэродинамическое сопротивление, так как дымовые газы не возвращаются к передней стенке, а уходят сразу в газоход по всей площади топки, что позволяет подбирать горелки меньшего типоразмера и снижать уровень шума при работе горелки на полной мощности. Топка котла представлен на рисунке 2.2.

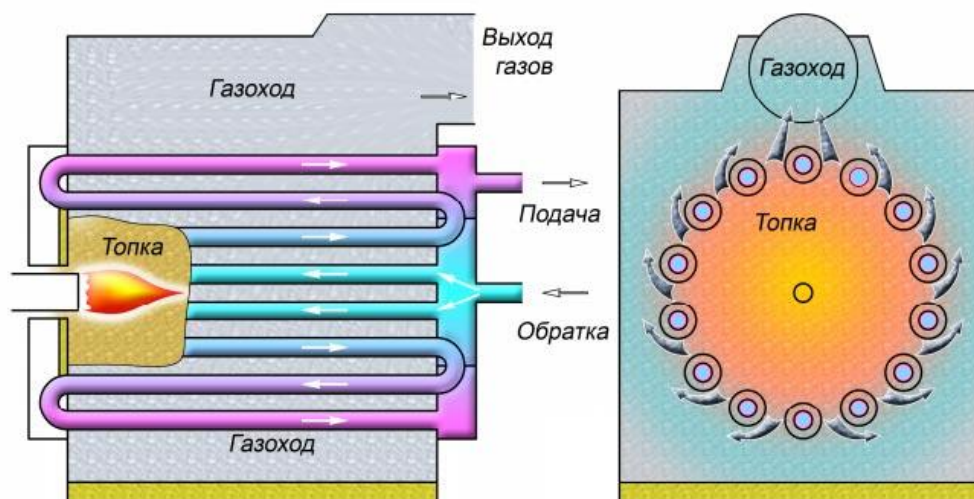


Рисунок 2.2 – Топка котла серии RS-D

Высокая скорость циркуляции теплоносителя в топочных трубах позволяет в несколько раз снизить отложения накипи на стенках труб и увеличивает интенсивность теплообмена.

Невозвратная геометрия пламени позволяет использовать в изоляции крышки легкие эффективные огнеупорные материалы с возможностью легкой замены.

Малое тепловое напряжение топки позволяет поддерживать низкие выбросы NOx в дымовых газах даже с недорогими горелками.

Назначение – котлы серии RS-D являются водогрейными водотрубными котлами гидронного типа с газоплотной топкой, работающими на природном и сжиженном газе и легком дизельном топливе.

Сферы применения – системы отопления и вентиляции, горячее водоснабжение промышленных, административных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных объектов, обеспечение тепловой энергией технологического оборудования.

Котлы RS-D производятся серийно в диапазоне номинальной мощности от 250 кВт до 10000 кВт.

Котлы RS-D имеют устойчивые несущие опоры и могут быть установлены на ровном прочном полу без дополнительного фундамента.

Сравним по основным показателям (таблица 2.1) котлы RS-D и котлы серии Термотехник ТТ 100, производства ГК «Термотехник»

Таблица 2.1 – Сравнение RS-D 3500, RS-D 5000 и ТТ 100

Наименование параметра	Модель котла		
	RS-D 3500	RS-D 5000	ТТ 100
1	2	3	4
Номинальная мощность, МВт	3,5	5	5

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4
Вид топлива	природный газ, дизельное топливо		
Максимальная температура воды на выходе, °С	110	110	140
Минимальная температура воды на входе в котел, °С	50	50	60
КПД, %	95	95	91
Масса, кг	5600	7500	7800
Габариты, Д×Ш×В, мм	5165×1925×2528	7160×1925×2275	7064×1944×2228
Максимальное рабочее давление, МПа	0,8	0,8	0,8
Стоимость, тыс. руб.	1150	1200	1430

При выборе оборудования большое значение имеет стоимость оборудования, доставка и удобство обслуживания. Кроме того, котлы «RS-D» имеют устойчивые несущие опоры и могут быть установлены на ровном полу без дополнительного фундамента.

Подводя итог вышесказанному, принято решение об установке котлов производства ООО «Завод Котельного Оборудования» г. Туймазы как так данные котлы максимально полно соответствуют условиям эксплуатации, отличаются надежностью, и цена у них ниже, чем у аналогичных котлов других производителей.

4 ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗАВОДА ООО «ИШТАЛЬ»

Каждая система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов: источника тепловой энергии, тепловой сети, абонентских вводов и местных систем потребителей теплоты.

4.1 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и ГВС

Теплотехнический расчет тепловой нагрузки, потребителем которой является завод ООО «Ишталль», расположенный в г. Ишимбай, начнем с определения максимального часового и годового расхода тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.

Технологический процесс котельной представляет собой передачу тепла и энергии водогрейным котлам.

Основное назначение системы теплоснабжения состоит в обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты требуемого качества, то есть теплоносителем определенных параметров.

На заводе источник теплоты и теплоприемники потребителей размещены отдельно, поэтому теплота от источника до потребителя передается по тепловым сетям и теплоснабжение происходит от одного источника теплоты нескольким группам потребителей.

Процесс теплоснабжения состоит из трех последовательных операций:

- подготовка теплоносителя;
- транспортировка теплоносителя;
- использование теплоносителя.

Тепловая энергия потребляется предприятием в виде тепла. Теплоносителем является горячая вода. Основными потребителями тепловой энергии являются системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения. Система теплоснабжения закрытая.

Для определения необходимой мощности котельной определим максимальные часовые нагрузки по укрупненным параметрам.

В таблице 4.1.1 представлены климатические характеристики для г. Ишимбай.

Таблица 4.1.1 – Климатические характеристики для г. Ишимбай

Параметр	°С
Расчетная температура $t_{н.о}$	-35
Средняя температура за отопительный период,	-5,9
Средняя температура самого холодного месяца	-13,8
Продолжительность отопительного периода, час	5060

Число часов за отопительный период в г. Ишимбай примем как для г. Уфа и

представим в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2 – Число часов за отопительный период для г. Ишимбай

$t_n, ^\circ\text{C}$	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
n, ч	5	40	160	436	980	1780	2770	3900	5060

Объем зданий, для которых будет производиться расчет, представлен в таблице 4.1.3.

Таблица 4.1.3 –Объем зданий

Название объекта	Объем здания, 10^3 м^3
Электросталеплавильный цех	110
Прокатный цех	308
Газоочистка	11
Склад ферросплавов и сыпучих материалов	10
Склад углеродосодержащих материалов	10
Компрессорная станция	9
Кислородная станция	98
Блок водоподготовки ЭСПЦ	34
Блок водоподготовки прокатного цеха	45
Газовый цех	9
АБК	60

Расчет тепловых нагрузок отопления для объектов завода произведен по укрепленным показателям, по формуле (4.1.1):

$$Q_{max}^0 = q_o \cdot V(t_{вн} - t_{но}), \text{ кВт} \quad (4.1.1)$$

где q_o – удельная тепловая характеристика, зависящая от назначения и объема здания (таблица 4.4), $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$;

V – объем здания (см. таблицу 3.3), м^3 ;

$t_{вн}$ – температура воздуха внутри помещения, $^\circ\text{C}$;

$t_{но}$ – температура расчетная, $^\circ\text{C}$;

Температура воздуха в рабочей зоне $t_{p,з} = 17 ^\circ\text{C}$ (выбирается по СНиП).

Удельный расход тепла на отопление и вентиляцию возьмем из таблицы 14 [5] необходимые нам данные представим в таблице 4.1.4.

Таблица 4.1.4 – Удельный расход тепла на отопление и вентиляцию

Название объекта	Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий q_o , Вт/м ² ·°С
Электросталеплавильный цех	0,359
Прокатный цех	0,359
Газоочистка	0,255
Склад ферросплавов и сыпучих материалов	0,255
Склад углеродосодержащих материалов	0,255
Компрессорная станция	0,255
Кислородная станция	0,255
Блок водоподготовки ЭСПЦ	0,255
Блок водоподготовки прокатного цеха	0,255
Газовый цех	0,255
АБК	0,313

Расчет годовых расходов тепла на отопление, вентиляцию определим по формуле (4.1.2):

$$Q_o^{ГОД} = 24 \cdot Q_{max}^0 \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{но}} \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (4.1.2)$$

где n – продолжительность отопительного периода, дн.;

Расчет максимальный часовых расходов на горячее водоснабжение определим по следующим формулам (4.1.3):

$$Q_{max1}^{ГВС} = \frac{q_{Г} \cdot n_{П}}{t_1 - t_2} \cdot 1000 \quad (4.1.3)$$

где $q_{Г}$ – удельный расход горячей воды на одного потребителя, л/чел.;

$n_{П}$ – количество потребителей, чел.;

t_1 – температура горячей воды, $t_1 = +65^{\circ}\text{C}$;

t_2 – температура холодной воды, $t_2 = +5^{\circ}\text{C}$;

А также по формуле (4.1.4):

$$Q_{max2}^{ГВС} = G_{ГН}^{МАКС} \cdot (t_1 - t_2) \cdot C \cdot 10^{-3} \quad (4.1.4)$$

где $G_{ГН}^{МАКС}$ – максимально-часовой расход горячей воды, т/ч;

a – норма расхода горячей воды на одного потребителя, л/сут;

k – коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды.

И по формуле (4.1.5):

$$G_{ГН}^{МАКС} = a \cdot n_{II} \cdot k \cdot 10^{-3} \quad (4.1.5)$$

Расчет годовых расходов тепла на горячее водоснабжение определим по формуле (4.1.6):

$$Q_{ГВС}^{ГОД} = \left(Z \cdot Q_{max}^{ГВС} \cdot n + Z \cdot Q_{max}^{ГВС} \cdot \frac{65-t_{хл}}{65-t_{хз}} \cdot (365-n) \right) \cdot 10^{-6} \quad (4.1.5)$$

где Z – время потребления горячей воды в течении суток;

$t_{хл}$ – температура холодной воды летом, $t_{хл}=15^{\circ}\text{C}$;

$t_{хз}$ – температура холодной воды зимой, $t_{хз}=5^{\circ}\text{C}$.

Подставляем значения в формулы, полученные данные сводим в таблицу 4.1.5

Таблица 4.1.5 – Потребность в тепле промышленного предприятия

Наименование потребителя	Расход, МВт (Гкал/час)		
	Отопление и вентиляция	ГВС	Итого
Электросталеплавильный цех	2,048 (1,761)	–	2,048 (1,761)
Прокатный цех	5,750 (4,944)	–	5,750 (4,944)
Газоочистка	0,141 (0,120)	–	0,141 (0,120)
Склад ферросплавов и сыпучих материалов	0,130 (0,112)	–	0,130 (0,112)
Склад углеродосодержащих материалов	0,130 (0,112)	–	0,130 (0,112)
Компрессорная станция	0,124 (0,107)	–	0,124 (0,107)
Кислородная станция	1,302 (1,120)	0,060 (0,052)	1,362 (1,172)
Блок водоподготовки ЭСПЦ с отделением обезвоживания окалина	0,452 (0,387)	0,100 (0,086)	0,550 (0,473)
Блок водоподготовки прокатного цеха	0,600 (0,516)	0,060 (0,052)	0,660 (0,568)
Газовый цех	0,125 (0,107)	0,046 (0,040)	0,171 (0,147)
АБК	0,989 (0,850)	1,020 (0,877)	2,009 (1,727)
ИТОГО:	11,788(10,136)	1,286 (1,107)	13,074(11,243)

На основании полученных данных можно сделать вывод о том что для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения ООО «Ишсталь» требуется котельная мощностью 13,5 МВт.

4.2 Расчет температурного графика котельной

Тепловую нагрузку можно разделить на сезонную и круглогодичную. Изменение сезонной нагрузки зависит главным образом от климатических условий – температуры наружного воздуха, его влажности, скорости ветра, солнечной радиации и т.п. Основную роль играет изменение температуры наружного воздуха. Сезонная нагрузка имеет сравнительно постоянный суточный график и переменный годовой. К сезонной нагрузке относят нагрузки отопления, вентиляции (зимние нагрузки), кондиционирования (летняя нагрузка). К круглогодичной нагрузке относятся нагрузка горячего водоснабжения (ГВС) и технологическая нагрузка. График технологической нагрузки зависит от характера производства. График нагрузки ГВС зависит от благоустройства зданий, состава населения, графика рабочего дня, режима работы коммунальных предприятий. Технологическая и нагрузка ГВС слабо зависят от времени года.

Тепловая нагрузка в течение отопительного сезона меняется. Поэтому для поддержания требуемого теплового режима тепловую нагрузку необходимо регулировать. Различают центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование. Центральное регулирование осуществляется на ТЭЦ и котельных. Групповое – на групповых тепловых подстанциях (ГТП). Местное – на местных тепловых подстанциях (МТП). Индивидуальное – непосредственно у абонентов. Если тепловая нагрузка у всех потребителей примерно одинакова, то можно ограничиться центральным регулированием. В большинстве же случаев тепловая нагрузка неоднородна. В этом случае центральное регулирование ведется по характерной тепловой нагрузке для большинства потребителей. В первую очередь это отопительная нагрузка и совместная нагрузка отопления и ГВС. Во втором случае расход воды в тепловой сети увеличивается незначительно по сравнению с регулированием по отопительной нагрузке или не меняется.

Расчет температурного графика котельной производится с целью определения общих тепловых нагрузок, которые состоят из внешних нагрузок и расходов теплоты на собственные нужды, и распределение этих нагрузок в отдельных частях котельной для обоснования выбора основного оборудования; а так же нахождения тепловых и массовых потоков, необходимых для выбора вспомогательного оборудования, вычисления диаметров трубопроводов и арматуры. Исходные данные представлены ниже. Система теплоснабжения закрытая.

Основные исходные данные для расчета тепловой схемы котельной:

- температура воды в подающем трубопроводе $\tau'_{01}=150^{\circ}\text{C}$;
- температура воды в обратном трубопроводе $\tau'_{02}=70^{\circ}\text{C}$;
- температура воздуха внутри помещения $t_b^p=17^{\circ}\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{но}}=-35^{\circ}\text{C}$;

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

– температура воды, поступающая в системы отопления $\tau'_{03}=95\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Перепад температур в тепловой сети определим по формуле (4.2.1):

$$\delta\tau'_0 = \tau'_{01} - \tau'_{02} \quad (4.2.1)$$

$$\delta\tau'_0 = 150 - 70 = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Разность температур в системе отопления у потребителя определим по формуле (4.2.2):

$$\theta'_0 = \tau'_{03} - \tau'_{02} \quad (4.2.2)$$

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

Температурный напор нагревательного прибора определим по формуле (4.2.3):

$$\Delta t'_o = \frac{\tau'_{03} + \tau'_{02}}{2} - t_B \quad (4.2.3)$$

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

Относительную величину тепловой нагрузки определим по формуле (4.2.4):

$$\overline{Q}_o = \frac{Q_o}{Q'_o} \quad (4.2.4)$$

Температуру воды в подающей линии определим по формуле (4.2.5):

$$\tau_{01} = t_B + \Delta t'_o \cdot \overline{Q}_o^{0,8} + \overline{Q}_o \cdot (\delta\tau'_0 - 0,5 \cdot \theta'_0) \quad (4.2.5)$$

Температуру воды в обратной линии определим по формуле (4.2.6):

$$\tau_{02} = t_B + \Delta t'_o \cdot \overline{Q}_o^{0,8} - 0,5 \cdot \overline{Q}_o \cdot \theta'_0 \quad (4.2.6)$$

Величину тепловой нагрузки на отопление находим из формулы (4.2.7):

$$Q_o^{+8} = Q'_o \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.o.}} \quad (4.2.7)$$

Полученные данные сведем в таблицу 4.2.1.

					<i>13.03.01.2018.236.24 ПЗ</i>	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4.2.1 – Качественного регулирования по отопительной нагрузке в закрытых системах теплоснабжения

Температура наружного воздуха t_H , °C	Q_o , МВт	\overline{Q}_o	τ_{O1} , °C	τ_{O2} , °C
-35	11,788	1	150,0	70,0
-20	11,227	0,(9)	111,7	54,7
-15	10,206	0,(8)	98,8	49,6
-10	8,798	0,(7)	86,0	44,5
-5	7,393	0,(5)	73,3	39,4
0	5,914	0,(4)	60,5	34,2
5	4,446	0,(3)	47,7	29,2
8	3,557	0,(2)	40,0	26,2

Построим температурный график по результатам вычислений (рисунок 4.2.1):

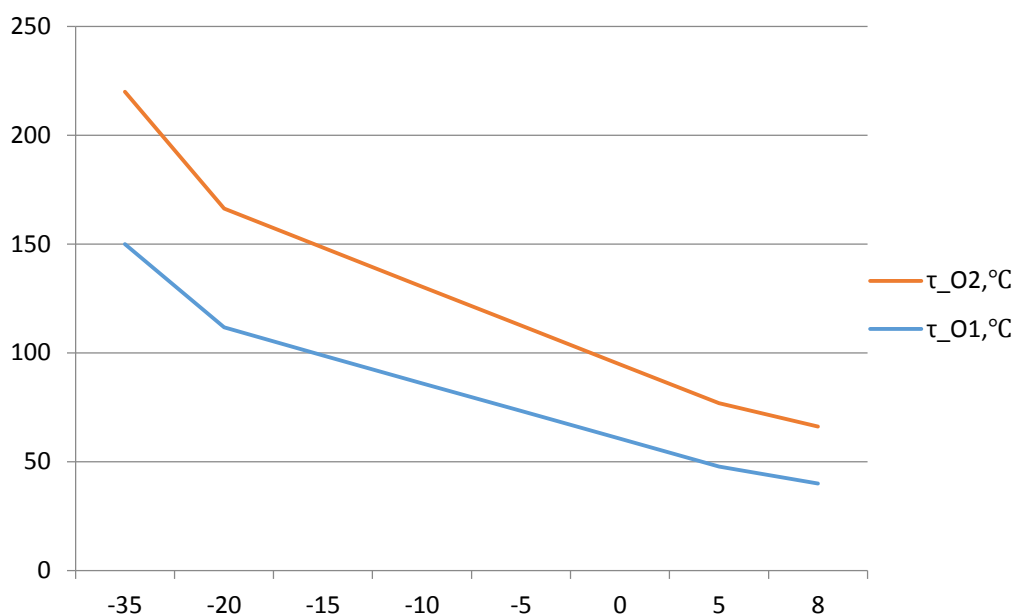


Рисунок 4.2.1 – График температуры теплоносителя при качественном регулировании по отопительной нагрузке в закрытой системе теплоснабжения

4.3 Выбор основного оборудования котельной

Котлы серии RS-D являются водогрейными водотрубными котлами гадронного типа с газоплотной топкой. Топливом для выбранных котлов является природный или сжиженный газ и легкое дизельное топливо.

Котлы серии RS-D имеют специальную «прощающую» конструкцию теплообменника, который свободно плавает в каркасе котла. Такая конструкция предусматривает возможность резкого охлаждения и нагрева без возникновения меха-

нических напряжений. Трубы теплообменника имеют форму змеевика, и жестко закреплены только на задней стенке котла. При такой конструкции тепловое расширение труб происходит свободно в сторону передней части котла, а повороты труб дополнительно компенсируют возможные тепловые перекосы. Топка котла благодаря своей конструкции имеет меньшее аэродинамическое сопротивление, так как не все дымовые газы вращаются назад к передней стенке, а уходят сразу в газоход по всей площади топки, что позволяет выбирать горелки меньшего размера и снижать уровень шума. Устройство котла представлено на рисунке 4.3.1

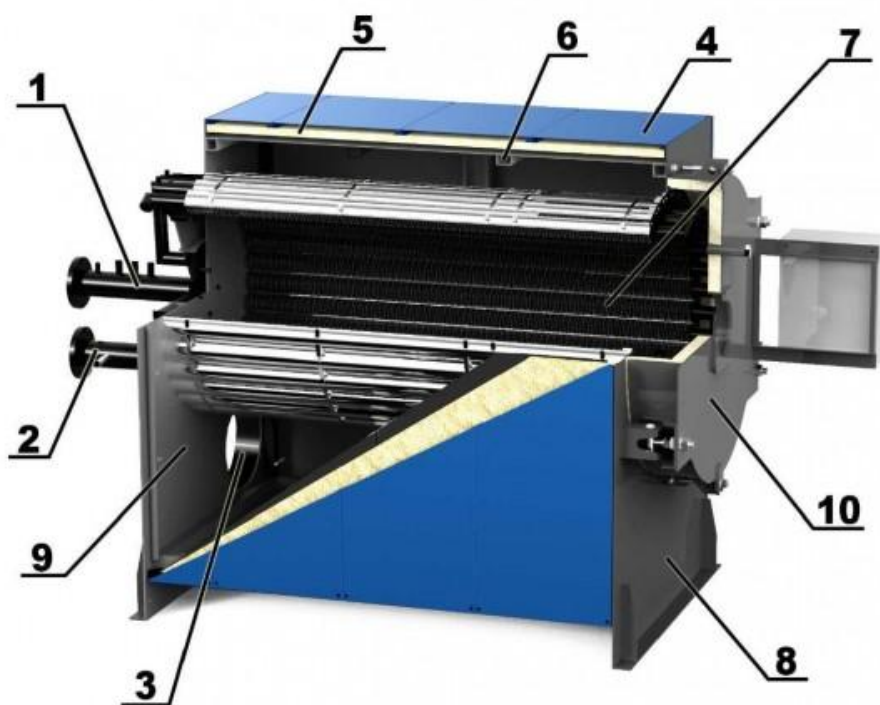


Рисунок 4.3.1 – Устройство котла серии RS-D:

- 1 – патрубок выхода теплоносителя, 2 – патрубок входа теплоносителя,
- 3 – выход отработавших газов, 4 – декоративный кожух, 5 – теплоизоляция,
- 6 – каркас, 7 – теплообменник, 8 – плита передняя, 9 – плита задняя,
- 10 – крышка

Котлы серии «RS-D» – водогрейные с водотрубным скоростным теплообменником, относятся к классу гидронных (скорость воды в трубах, образующих топку 1,5–2 м/сек). Топка котла горизонтальная цилиндрическая, образована горизонтальными, поперечно-оробренными трубами Ду–50 или Ду–80 мм. Трубы расположены по окружности и соединены в змеевик. От 1 до 19 параллельных змеевиков, может располагаться в одном котле в зависимости от типоразмера. Передняя торцевая стенка топки имеет вид плоской плиты с расположенной на ней охлаждаемой съемной крышкой. Изнутри крышка защищена огнеупорным материалом. Задняя торцевая стенка топки имеет вид плоской плиты с цилиндрической водяной камерой, которая разделена по окружности на два отдельных отсека, в которые врезаны все змеевики и патрубки входа и выхода воды.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

24

Снаружи топка заключена в герметичный короб. Продукты сгорания после топки котла проходят между экранными трубами, отдавая им тепло, попадая в газовый короб, откуда удаляются через газоход. Так как применены оребренные трубы, радиационная и конвективная поверхность нагрева объединена в одно целое, что позволяет уменьшить металлоемкость, и снизить вес котла и габаритные размеры.

Для облегчения доступа к сварочным швам при ремонте, повороты труб вынесены за пределы топки, а для улучшения омыывания дымовыми газами и увеличения теплопередачи, снаружи на трубы топки установлены газовые рассекатели.

При заводской комплектации кроме котла поставляются:

- паспорт котла;
- горелка
- электроконтактный манометр;
- датчики температуры;
- датчик потока воды;
- предохранительный клапаны;
- пульт управления котла.

В качестве горелочного устройства на котлах устанавливаются газовые модулирующие горелки F.V.R. серии «К».

В конструкцию горелок входит алюминиевый корпус, эффективно снижающий шум работающего оборудования. Продукция итальянской компании FBR характеризуется простотой обслуживания, энергоэффективностью и высокой надежностью. Агрегаты способны работать продолжительное время без утраты своих первоначальных качеств. При производстве горелок используются инновационные технологии и высококачественные комплектующие.

Количество котлов, устанавливаемых в котельной, следует выбирать по режиму наиболее холодного месяца – к установке принимаем 3 котла: «RS-D3500» – 1 штука и «RS-D5000» – 2 штуки, общей мощностью 13,5 МВт.

Технические характеристики котлов представлены в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Технические характеристики котлов RS-D3500 и RS-D5000

Наименование	Параметры	
	2	3
1	2	3
Номинальная теплопроизводительность, кВт	3500	5000
Температура срабатывания предохранительного ограничителя, °С	110	110
Максимальное давление, бар	6	6
Макс. допустимый перепад температур Прям./Обр., °С	25	25
Мин. Допустимая температура обратного потока котла, °С	50	50
Полный объем воды, л	939	1224

Продолжение таблицы 4.3.1

1	2	3
КПД при полной нагрузке, %	94	94
КПД при частичной нагрузке (30%),%	96	96
Температура отработанных газов при полной нагрузке, °С	145	145
Сопротивление в котле со стороны уходящих газов, мбар	6	6
Подсоединение к тепловой сети - прямой патрубок; - обратный патрубок	Фланец DN150,PN16 DN150,PN16	Фланец DN150,PN16 DN150,PN16
Транспортировочный вес котла, кг	5600	7500

4.4 Тепловой расчет котла

Тепловой расчет парового или водогрейного котла может быть конструктивным или поверочным. Конструктивный расчет выполняется при разработке новых паровых или водогрейных котлов специализированными проектно-конструкторскими институтами или конструкторскими бюро котлостроительных заводов. Поверочный расчет котельных агрегатов, выпускаемых промышленностью, выполняется при проектировании источника теплоснабжения, предназначенного для выработки пара или горячей воды.

4.4.1 Расчет объемов и энтальпий воздуха и продуктов сгорания

Состав природного газа по объему газового месторождения представлен в таблице 4.4.1.1

Таблица 4.4.1.1 – Состав природного газа газопровода Бухара-Урал

Газопровод	Состав газа по объему, %							Q_H^C кДж/м ³	ρ_Γ^C кг/м ³
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	CO ₂		
Бухара-Урал	94,9	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	36720	0,758

Действительное количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 м³ топлива, должно быть несколько большим теоретического, так как при практическом сжигании топлива не все количество теоретически необходимого воздуха используется для горения топлива; часть его не участвует в реакции горения в результате недостаточного перемешивания воздуха с топливом, а также из-за того, что воздух не успевает вступить в соприкосновение с углеродом топлива и уходит

в газоходы котла в свободном состоянии. Поэтому отношение количества воздуха, действительно подаваемого в топку, к теоретически необходимому называют коэффициентом избытка воздуха в топке и представлен в формуле (4.4.1.1):

$$\alpha_T = \frac{V_B^D}{V_B^O} \quad (4.4.1.1)$$

где V_B^D — действительный объем воздуха, поданного в топку на 1 м^3 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 обычно принимают $\alpha_T = 1,05 \dots 1,15$.

Теоретический объем воздуха, необходимого для полного сгорания 1 м^3 природного газа (при $\alpha_T = 1$) определим по формуле (4.4.1.2):

$$V_B^O = 0,0476 \cdot \left[0,5 \cdot \text{CO}_2 + 0,5 \cdot \text{H}_2 + 1,5 \cdot \text{H}_2\text{S} + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot \text{C}_m\text{H}_n - \text{O}_2 \right] \quad (4.4.1.2)$$

$$V_B^O = 0,0476 \cdot \left[\left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 44,1 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) \cdot 22 + \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 5,2 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 1,4 + \left(5 + \frac{12}{4} \right) \cdot 0,3 \right] = 9,65 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Определим теоретический объем продуктов сгорания при сгорании 1 м^3 природного газа:

Теоретический объем азота в продуктах сгорания, формула (4.4.1.3):

$$V_{\text{N}_2}^O = 0,79 \cdot V_B^O + \frac{\text{N}_2}{100} \quad (4.4.1.3)$$

$$V_{\text{N}_2}^O = 0,79 \cdot 9,65 + \frac{27}{100} = 7,89 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Теоретический объем водяного пара в продуктах сгорания определим по формуле (4.4.1.4):

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^O = 0,01 \cdot \left[\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2 + \sum \frac{n}{2} \cdot \text{C}_m\text{H}_n + 0,124 \cdot d_{\text{г.тл}} \right] + 0,0161 \cdot V_B^O \quad (4.4.1.4)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [2 \cdot 44,1 + 3 \cdot 22 + 4 \cdot 5,2 + 5 \cdot 1,4 + 6 \cdot 0,3 + 0,124 \cdot 10] + 0,01 \cdot 9,65 = 2,16 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Теоретический объем трехатомных газов в продуктах сгорания определим по формуле (4.4.1.5):

$$V_{R_2O}^0 = 0,01 \cdot [CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_m H_n] \quad (4.4.1.5)$$

$$V_{R_2O}^0 = 0,01 \cdot [0,12 + 44,1 + 2 \cdot 22 + 3 \cdot 5,2 + 4 \cdot 1,4 + 5 \cdot 0,3] = 1,11 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Так как конструкция котла выполнена в газоплотном исполнении, присосов воздуха нет, коэффициент избытка воздуха в поверхностях нагрева примем $\alpha = 1,05 = \text{const}$. Характеристика продуктов сгорания представлена в таблице 4.4.1.2.

Таблица 4.4.1.2 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Величина	Топка	Конвективный пучок
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, α''	1,05	1,05
Коэффициент избытка воздуха средний, α_{cp}	1,05	1,05
$V_{R1} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0$, м ³ /м ³	9,11	9,11
$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0$, м ³ /м ³	2,17	2,17
$V_{\Gamma} = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O}$, м ³ /м ³	11,28	11,28
$r_{RO_2} = V_{R_2O} / V_{\Gamma}$	0,09	0,09
$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_{\Gamma}$	0,19	0,19
$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$	0,28	0,28

При тепловом расчете котлов для определения количества тепла, отданного газами в топке котла, газоходах и т.д. необходимо знать теплосодержание продуктов сгорания (количество тепла, необходимое для нагревания при постоянном давлении от 0°C до t продуктов, образовавшихся от сгорания 1 кг топлива.

Теплосодержание продуктов сгорания в приведено в таблице 4.4.1.3.

Таблица 4.4.1.3 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, ^\circ\text{C}$	I_B^0 , кДж/м ³	I_{Γ}^0 , кДж/м ³	$I = I_{\Gamma}^0 + (\alpha'' - 1) \cdot I_B^0$, кДж/м ³
			$\alpha_m'' = 1,05$
1	2	3	4
30	380,3	–	–
100	1289,5	1503,1	1567,5

200	2591,6	3035,4	3164,9
300	3918,8	4605,5	4801,4
400	5271,2	6217,4	6479,9

Продолжение таблицы 4.4.1.3

1	2	3	4
500	6657,0	7875,4	8208,2
600	8076,3	9562,7	9966,4
700	9533,3	11295,9	11772,6
800	11002,9	13087,9	13637,9
900	12468,3	14913,4	15536,7
1000	13975,5	16772,3	17470,9
1100	15524,7	18635,4	19411,6
1200	17073,8	20511,1	21364,8
1300	18618,7	22441,2	23372,1
1400	20209,6	24404,8	25415,3
1500	21800,6	26351,7	37251,8
1600	23387,5	28332,1	29501,4
1700	24978,4	30329,1	31578,1
1800	26565,2	32334,6	33662,9
1900	28193,9	34369,4	35779,1
2000	29826,7	36395,8	37837,1
2100	31455,4	38447,3	40020,1
2200	33084,1	40503,1	42157,3

4.4.2 Тепловой баланс котла и расчет расхода топлива

Тепловой баланс котла устанавливает равенство между поступающим в агрегат количеством теплоты и его расходом.

В котле химически связанная энергия топлива в процессе горения преобразуется в физическую теплоту горючих продуктов сгорания. Эта теплота расходуется на нагревание воды. Вследствие неизбежных потерь при передаче теплоты и преобразования энергии вырабатываемый продукт (вода) воспринимает только часть теплоты. Другую часть составляют потери, которые зависят от эффективности организации процессов преобразования энергии (сжигания топлива) и передачи теплоты вырабатываемому продукту. Сводная таблица результатов расчетов теплового баланса представлена в таблице 4.4.2.1.

Таблица 4.4.2.1 – Расчет теплового баланса котла и расхода топлива

Наименование	Величина		Ед. изм.	Расчет
	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		

1	2	3	4	5
Располагаемая теплота топлива	Q_P^P	$Q_H^P + Q_{В.ВН} + i_{ТЛ}$	кДж/кг	37050

Продолжение таблицы 4.4.2.1

1	2	3	4	5
Температура уходящих газов	$\vartheta_{уx}$	По паспорту котла	°С	170
Энтальпия уходящих газов	$I_{уx}$	По таблице 4.4.1.3	кДж/м ³	2688
Температура холодного воздуха	$t_{хв}$	По выбору	°С	30
Энтальпия холодного воздуха	$I_{хв}$	По таблице 3.4.1.3	кДж/м ³	380
Потери тепла с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{уx} - a_{уx} I_{хв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_P^P}$	%	6,4
Потери тепла от химического недожега	q_3	По расчетной характеристике топлива	%	0,5
Потери тепла от механического недожега	q_4	По расчетной характеристике топлива	%	0
Потери тепла в окружающую среду	q_5	По расчетной характеристике топлива	%	3,0
Сумма тепловых потерь	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	9,9
КПД котла	$\eta_{ка}$	По техническим характеристикам котла	%	95
Коэффициент сохранения тепла	φ	$\varphi = 1 - \frac{q_5}{\eta_{бр} + q_5}$	—	0,98
Температура питательной воды на входе	t'	По техническим характеристикам котла	°С	70
Энтальпия питательной воды на входе	i'	По таблице 4.4.1.3	кДж/кг	294
Температура питательной воды на выходе из котла	t''	По техническим характеристикам котла	°С	95
Энтальпия питательной воды на выходе из котла	i''	По таблице 3.4.1.3	кДж/кг	399
Расход питательной воды через котел	G	$\frac{Q_{ка} \cdot 10^3}{i'' - i'}$	кг/с	17,5
Потный расход топлива	B	$\frac{Q_{к.а.}}{Q_P^P \cdot \eta_{бр.}}$	м ³ /с	0,68

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

30

Расчетный расход топлива	B_p	$B \cdot \frac{100-q_4}{100}$	$\text{м}^3/\text{с}$	0,68
--------------------------	-------	-------------------------------	-----------------------	------

4.4.3 Поверочный расчет топки

При поверочном расчете топки котла по ее конструктивным и тепловым характеристикам определяют температуру газов на выходе из топки. Результаты расчетов представлены в таблице 4.4.3.1.

Таблица 4.4.3.1 – Поверочный расчет топки

Наименование	Величина		Ед. изм.	Расчет
	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Общая поверхность теплообмена	$H_{\text{общ}}$	По конструктивным характеристикам котла	м^2	263
Полная поверхность стен топочной камеры	$F_{\text{ст}}$	$\frac{H_{\text{общ}}}{2} + \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot 2$	м^2	135,5
Лучевоспринимающая поверхность нагрева	$H_{\text{л}}$	$\frac{H_{\text{общ}}}{2}$	м^2	131,5
Коэффициент загрязнения	ξ	принимаем	–	0,65
Коэффициент тепловой эффективности экранов	ψ	$\xi \cdot \frac{H_{\text{л}}}{F_{\text{ст}}}$	–	0,325
Эффективная толщина излучающего слоя	S	$3,6 \cdot \frac{V_m}{F_{\text{ст}}}$	м	0,054
Объемная доля водяных паров	$r_{\text{H}_2\text{O}}$	По таблице 4.4.1.3	–	0,19
Объемная доля трехатомных газов	r_{RO_2}	По таблице 4.4.1.3	–	0,09
Суммарная поглощательная способность газов	$r_n \cdot S$	$r_n \cdot S$	м МПа	0,02
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m''	принимается	$^{\circ}\text{C}$	1000
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m''	По таблице 4.4.1.3	$\text{кДж}/\text{м}^3$	17471,1
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_{Γ}	по номограмме	–	4,2
Коэффициент ослаб-	$k_{\text{НСВ}}$	$k_{\Gamma} \cdot r_n$	$(\text{м МПа})^{-1}$	1,19

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

31

ления лучей для не- светящихся трехатом- ными газами				
--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 4.4.3.1

1	2	3	4	5
Сила поглощения по- тока	k_{PS}	$k_{НСВ} \cdot S$	$(\text{м МПа})^{-1}$	0,12
Степень черноты то- почной среды для не- светящегося газового пламени	$a_{НСВ}$	по номограмме	–	0,03
Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^P}{H^P}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	–	3,003
Коэффициент ослаб- ления лучей сажи- стыми частицами	$k_{саж}$	$(2-a_m) \left(1,6 \frac{a_m''}{1000} - 0,5 \right) \cdot \frac{C^P}{H^P}$	–	0,94
Коэффициент ослаб- ления лучей для све- тящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_r \cdot r_n + k_{саж}$	$(\text{м МПа})^{-1}$	1,06
Сила поглощения по- тока	k_{PS}	$k_{св} \cdot S$	$(\text{м МПа})^{-1}$	0,1
Степень частоты то- почной среды для све- тящегося газового пламени	$a_{св}$	по номограмме	–	0,1
Видимое теплонапряжение то- почного объема	q_v	$\frac{B_p Q_p^H}{V_m}$	$\frac{\text{кВт}}{\text{м}^3}$	792,1
Коэффициент запол- нения топочного объ- ема светящимися га- зами	m	методом интерполяции	–	0,6
Эффективная степень черноты факела	a_ϕ	$m \cdot a_{св} + (1 - m) a_{НСВ}$	–	0,07
Степень черноты топ- ки	a_m	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1 - a_\phi) \psi}$	–	0,11
Коэффициент избытка воздуха в топке	a_m	по таблице 4.3	–	1,05
Тепло, вносимое воз-	Q_B	$I_{\chi B} \cdot a_m$	кДж/м^3	399,32

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

32

духом в топку				
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \frac{100-q_3}{100} + Q_B$	кДж/м ³	37497,3

Продолжение таблицы 4.4.3.1

1	2	3	4	5
Теоретическая температура горения	ϑ_a	$\frac{Q_p^p + V^0 a_m c_B t_{\chi B} + c_r t_r}{V_{H_2O}^0 c_{H_2O} + V_{RO_2} c_{RO_2} + V_{N_2}^0 c}$	°С	2058
Средняя теплоемкость газов	$V c_{cp}$	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_m - \vartheta_m''}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \text{К}}$	18,93
Относительное положение максимума температур	χ_m	—	—	1
Коэффициент, учитывающий характер распределения температур по высоте топки	M	$0,54 - 0,2 \chi_m$	—	0,34
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m	$\frac{\vartheta_a}{m \left(\frac{5.67 \psi_{cp} F_{ст} a_{\Gamma} \vartheta_a^3}{10^{11} \phi B_p V c_{cp}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°С	648
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.4.1	кДж/м ³	10833,4
Температура газов на выходе из топки	ϑ_m''	принимается	°С	650
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m''	по таблице 4.4.1	кДж/м ³	10869,5
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_{Γ}	по номограмме	—	4,1
Коэффициент ослабления лучей для неосветящихся трехатомными газами	$k_{НСВ}$	$k_{\Gamma} \cdot r_n$	(м МПа) ⁻¹	1,16
Сила поглощения потока	k_{PS}	$k_{НСВ} \cdot S$	(м МПа) ⁻¹	0,12
Степень черноты топочной среды для неосветящегося газового пламени	$a_{НСВ}$	по номограмме	—	0,22

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

33

Соотношение между содержанием углерода и водорода в рабочей массе топлива	$\frac{C^p}{H^p}$	$0,12 \cdot \sum \frac{m}{n} \cdot C_m H_n$	–	3,003
---	-------------------	---	---	-------

Продолжение таблицы 4.4.3.1

1	2	3	4	5
Коэффициент ослабления лучей сажи-стыми частицами	$k_{саж}$	$3(2-a_m) \left(1,6 \frac{g_m''}{1000} - 0,5\right) \cdot \frac{C^p}{H^p}$	–	0,44
Коэффициент ослабления лучей для светящегося газового пламени	$k_{св}$	$k_r \cdot r_n + k_{саж}$	(м МПа) ⁻¹	1,6
Сила поглощения потока	k_{PS}	$k_{св} \cdot S$	(м МПа) ⁻¹	0,16
Степень частоты топочной среды	$a_{св}$	по номограмме	–	0,14
Видимое теплонапр. топочного объема	q_v	$\frac{B_p Q_p^H}{V_m}$	$\frac{кВт}{м^3}$	792,1
Коэффициент заполнения топочного объема свет. газами	m	методом интерполяции	–	0,6
Эффективная степень черноты факела	a_ϕ	$m \cdot a_{св} + (1-m) a_{нсв}$	–	0,17
Степень черноты топки	a_m	$\frac{a_\phi}{a_\phi + (1-a_\phi)\psi}$	–	0,25
Коэффициент избытка воздуха в топке	a_m	по таблице 4.1.4.1	–	1,05
Тепло, вносимое воздухом в топку	Q_B	$I_{\chi B} \cdot a_m$	кДж/м ³	399,32
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_p^p \frac{100-q_3}{100} + Q_B$	кДж/м ³	37497,3
Теоретическая температура горения	ϑ_a	$\frac{Q_p^p + V^0 a_m c_B t_{\chi B} + c_r t_r}{V_{H_2O}^0 c_{H_2O} + V_{RO_2}^0 c_{RO_2} + V_{N_2}^0 c_{N_2}}$	°С	2058
Средняя теплоемкость газов	$V_{ср}$	$\frac{Q_m - I_m''}{\vartheta_m - \vartheta_m''}$	$\frac{кДж}{м^3 К}$	18,93
Относ. положение макс. температур	χ_m	–	–	1
Коэффициент, учит. характер распред. т-тур по высоте топки	M	$0,54 - 0,2\chi_m$	–	0,34

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

34

Температура газов на выходе из топки	ϑ_m	$\frac{\vartheta_a}{m \left(\frac{5.67 \psi_{cp} F_{ст} a_T \vartheta_a^3}{10^{11} \varphi B_p V_{ср}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°С	648
--------------------------------------	---------------	---	----	-----

Окончание таблицы 4.4.3.1

1	2	3	4	5
Энтальпия газов на выходе из топки	I_m	по таблице 4.1.4.1	кДж/м ³	10833,4
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_{л}$	$\varphi(Q_m - I_m)$	кДж/м ³	24610,2
Тепловая нагрузка лучевоспринимающей поверхности	$q_{л}$	$B_p \frac{Q_{л}}{H_{л}}$	$\frac{кВт}{м^3}$	16,94

4.4.4 Поверочный расчет конвективного пучка

Поверочный расчет конвективного пучка водогрейного котла серии RS-D представлен в таблице 4.4.4.1.

Таблица 4.4.4.1 – Поверочный расчет конвективного пучка

Наименование	Величина		Ед. изм.	Расчет
	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Общая поверхность нагрева	H_p	по конструктивным характеристикам котла	м ²	263
Эффективная толщина излучающего слоя	S_o	по таблице 4.4.3.1	м	0,1
Температура газов перед конвективным пучком	ϑ_m	из расчета топки	°С	648
Энтальпия газов перед конвективным пучком	I_m	из расчета топки	кДж/м ³	10833,4
Температура газов за конвективным пучком	$\vartheta_{кн}$	по характеристикам котла	°С	170
Энтальпия газов за конвективным пучком	$I_{кн}$	по таблице 4.4.3.1	кДж/м ³	10869
Тепловосприятие конвективного пучка по балансу	Q_6	$\varphi \cdot (I_m - I_{кн})$	кДж/м ³	7903,23
Средняя температура газов	$\vartheta_{ср}$	$0,5 \cdot (\vartheta^I + \vartheta^{II})$	°С	409

Объем газов	V_{Γ}	По таблице 4.4.1.3	$\text{м}^3/\text{м}^3$	9,11
Средняя температура воды	t_{cp}	$\frac{t_{\text{B}}^{\text{I}}+t_{\text{B}}^{\text{II}}}{2}$	$^{\circ}\text{C}$	82,5

Продолжение таблицы 4.4.4.1

1	2	3	4	5
Температурный напор на входе в пучок	t_{B}	$\vartheta_{\text{m}}-t_{\text{cp}}$	$^{\circ}\text{C}$	565,5
Температурный напор на выходе из пучка	t_{M}	$\vartheta_{\text{KH}}-t_{\text{cp}}$	$^{\circ}\text{C}$	87,5
Средний температурный напор	Δt	$\frac{t_{\text{B}}+t_{\text{M}}}{\ln \frac{t_{\text{B}}}{t_{\text{M}}}}$	$^{\circ}\text{C}$	349,19
Средняя температура газов	ϑ_{cp}	$\Delta t+t_{\text{cp}}$	$^{\circ}\text{C}$	431,69
Секундный расход газов	$V_{\text{сек}}$	$V_{\text{p}} \cdot V_{\Gamma} \cdot \frac{\vartheta_{\text{cp}}+273}{273}$	$\text{м}^3/\text{c}$	2
Средняя скорость газов в конвективном газоходе	W	$\frac{V_{\text{сек}}}{F_{\Gamma}}$	$\text{м}/\text{c}$	0,19
Объемная доля трехатомных газов	r	По таблице 4.4.1.3	–	0,283
Суммарная поглощательная способность трехатомных газов	$P_{\text{n}}S$	$P \cdot r_{\text{n}} \cdot S$	м МПа	0,03
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_{Γ}	по номограмме	$(\text{м МПа})^{-1}$	4,2
Сила поглощения потока	$k_{\Gamma}PS$	$k_{\Gamma}P_{\text{n}}S$	$(\text{м МПа})^{-1}$	0,42
Коэффициент теплоотдачи излучением	$a_{\text{л}}$	по номограмме	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$	31
Коэффициент тепловой эффективности	ψ	$\xi \frac{H_{\text{л}}}{F_{\text{ст}}}$	–	0,325
Коэффициент теплопередачи	k	$\psi \cdot (a_{\text{к}}+a_{\text{л}})$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$	3,77
Тепловосприятие конвективного пучка по уравнению	Q_{kn}	$\frac{k \cdot H_{\text{p}} \cdot \Delta t}{V_{\text{p}} \cdot 10^3}$	$\text{кДж}/\text{м}^3$	10804,3

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

36

теплообмена				
Расхождение расчетных тепловосприятий	ΔQ	$\frac{Q_m - Q_{\text{б}}}{Q_m} \cdot 100\%$	%	0,6

4.4.5 Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

Расчет невязки теплового баланса водогрейных котлов RS-D3500 и RS-D5000 представлен в таблице 4.4.5.1.

Таблица 4.4.5.1 – Расчет невязки теплового баланса водогрейного котла

Наименование	Величина		Ед. изм.	Расчет
	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
Тепло вносимое воздухом в топку	$Q_{\text{в}}$	$I_{\text{хв}} \cdot a_{\text{м}}$	кДж/м ³	430
Полезное тепловыделение в топке	$Q_{\text{м}}$	$Q_{\text{п}}^{\text{р}} \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_{\text{в}}$	кДж/м ³	37295
Тепло, переданное излучением в топке	$Q_{\text{л}}$	$\varphi \cdot (Q_{\text{м}} - I_{\text{м}}^{\text{н}})$	кДж/м ³	19012
Расчетная невязка теплового баланса	ΔQ	$Q_{\text{п}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{ка}} - (Q_{\text{л}} + Q_{\text{кн}})$	кДж/м ³	165
Невязка	%	$\frac{\Delta Q}{Q_{\text{п}}^{\text{р}}} \cdot 100\%$	—	0,44

Так как полученная погрешность удовлетворяет допустимой – 2%, значит расчет произведен верно.

4.5 Тепловая схема котельной

Отопительные котельные обеспечивают потребителей тепловой энергией в виде горячей воды для целей отопления, вентиляции и ГВС. Тепловая мощность отопительной котельной зависит от температуры наружного воздуха и режимов потребления теплоты на ГВС.

Водогрейные котельный агрегаты осуществляют непосредственный подогрев сетевой воды, благодаря чему капитальные затраты на водогрейные котельные и вспомогательное оборудование ниже, чем при использовании паровых котельных агрегатов низкого давления, а тепловые схемы проще.

К работе водогрейных котельных в тепловой схеме источника теплоты предъявляют следующие требования:

– гидродинамический режим котельного агрегата должен исключать возможность локального вскипания воды;

– температурный режим поверхностей нагрева не должен вызывать внешней низкотемпературной коррозии.

Выполнение указанных требований обеспечивается различными приемами организации потоков теплоносителя (рециркуляция и перемычка), а так же регулированием отпуска тепловой энергии котлами в тепловую сеть только путем изменения температуры воды на выходе из котельного агрегата.

Вода из обратного трубопровода тепловой сети поступает с небольшим напором к сетевым насосам. Во всасывающую линию сетевых насосов подается так же вода, использованная в тепловой схеме для собственных нужд источника теплоты, подпиточная вода из блока водоподготовки, компенсирующая утечки в тепловой сети.

Во избежание низкотемпературной коррозии перед вводом обратной сетевой воды в водогрейный котел ее температура повышается путем подачи по линии рециркуляции насосом расчетного количества уже подогретой в котле воды. Минимальная температура воды на входе в водогрейные котлы при работе на газе принимается не ниже 70°C.

После подогрева в котле вода разделяется на три потока: на собственные нужды источника теплоты, на рециркуляцию и на тепловую сеть. Рециркуляция воды требуется практически во всех режимах (за исключением максимально-зимнего режима при работе котельных агрегатов на газе по повышенному температурному графику $t'_{01} = 150^\circ\text{C}$; $t'_{02} = 70^\circ\text{C}$), так как обратная сетевая вода имеет температуру ниже нормируемых минимальных значений воды.

При всех режимах работы, кроме максимально-зимнего, для обеспечения требуемой по температурному графику температуры воды в подающей линии тепловой сети необходимое количество обратной сетевой воды через регулятор температуры по перемычке подается, минуя котельный агрегат, на смешивание с водой выходящей из него.

Для тепловой схемы отопительной котельной с закрытой системой теплоснабжения характерны малые расходы подпиточной воды.

При расчете будем руководствоваться следующими положениями:

– потери теплоты в закрытой системе теплоснабжения принимаются в размере 1,5...2% расхода сетевой воды;

– потери воды в тепловой схеме источника теплоты принимаются в размере 25...30% количества подпиточной воды;

– максимальные часовые расходы теплоты на собственные нужды принимаются в размере до 3% максимальной тепловой мощности теплогенерирующей установки.

Расчетный расход циркулирующей воды определим по формуле (4.5.1):

$$G = \frac{Q_{\text{ОВ}}}{(t' - t'') \cdot c_p} \quad (4.5.1)$$

$$G = \frac{11788}{(150-70) \cdot 4,19} = 35,17 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 126,61 \text{ т/ч}$$

Для того что бы определить суммарную производительность котельной установки при нескольких режимах ее работы, произведем расчет тепловой схемы. Расчет будем производить для 4-х характерных режимов которые соответствуют температуре наружного воздуха в г. Ишимбай.

Определим тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение исходя из характерных режимов.

Тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию, формула (4.5.2):

$$Q_{\text{о.в}} = Q_{\text{о.в. расч}} \cdot \frac{t_{\text{в.н. расч}} - t_{\text{н.в.}}}{t_{\text{в.н. расч}} - t_{\text{о расч}}} \quad (4.5.2)$$

где $Q_{\text{о.в}}$ – расчетная тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию, кДж/ч;
 $t_{\text{в.н. расч}}$ – расчетная температура внутри помещений, принимается +17 °С;
 $t_{\text{н.в.}}$ – температура наружного воздуха, °С;
 $t_{\text{о расч}}$ – расчетная температура воздуха при максимально-зимнем режиме, °С.

Коэффициент снижения расхода теплоты на отопление и вентиляцию, формула (4.5.3):

$$K_{\text{о.в.}} = \frac{t_{\text{в.н. расч}} - t_{\text{н.в.}}}{t_{\text{в.н. расч}} - t_{\text{о расч}}} \quad (4.5.3)$$

Расход сетевой воды на отопление и вентиляцию, формула (4.5.4):

$$G_{\text{о.в}} = \frac{Q_{\text{о.в.}}}{(t_1 - t_2) \cdot C_{\text{в}}} \quad (4.5.4)$$

где $Q_{\text{о.в.}}$ – тепловая нагрузка на отопление и вентиляции, кДж/ч;
 t_1, t_2 – температура сетевой воды в прямом и обратном трубопроводах, °С;
 $C_{\text{в}} = 4,19$ кДж/кг·°С – теплоемкость воды.

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение, формула (4.5.5):

$$G_{\text{ГВ}} = \frac{Q_{\text{ГВ}}}{(t_1 - t_2) \cdot C_{\text{в}}} \quad (4.5.5)$$

где $Q_{\text{ГВ}}$ – тепловая нагрузка на горячее водоснабжение, кДж/ч.

Общий расход воды потребителями в подающей магистрали тепловой сети, определим по формуле (4.5.6):

$$G_c = G_{o.v.} + G_{гв} \quad (4.5.6)$$

Расчет тепловой схемы котельной производится с целью определения расхода воды при характерных режимах работы котельной и составления общего материального баланса воды. Расчет выполняется параллельно для всех режимов с применением табличной формы в рекомендуемой последовательности. Расчетом определяется температура различных потоков воды (сетевой, подпиточной, химочищенной исходной).

Расчет тепловой схемы котельной представим в таблице 4.5.1

Таблица 4.5.1 – Расчет тепловой схемы котельной

Наименование	Расчетные режимы				
	Максимально-зимний	Ср. наиболее холодного месяца	Ср. отопного сезона	В точке темного перелома	Летний
Температура наружного воздуха, $t_{н.в.}$, °С	-35	-13,8	-5,9	+1	+18
Отпуск теплоты на отопление и вентиляцию, $Q_{o.v.}$, МВт	11,788	8,538	6,813	4,612	–
Отпуск тепла на горячее водоснабжение $Q_{гв}$, МВт	1,286	1,286	1,286	1,286	1,286
Общая теплопроизводительность котельной Q , МВт	13,074	9,824	8,099	5,898	1,286
Температура прямой сетевой воды на выходе из котельной, $t_{м.с.}$, °С	95	73,5	65,0	65,0	65,0
Температура обратной сетевой воды после систем отопления и вентиляции, $t_{o.v.}$, °С	70	57,0	56,6	56,4	–
Расход сетевой воды для отопления и вентиляции, $G_{o.v.}$, кг/с	35,17	23,44	15,63	10,42	0
Расход сетевой воды для горячего водоснабжения, $G_{гв}$, кг/с	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86
Общий расход сетевой воды, G_c , кг/с	39,03	27,3	19,49	14,28	3,86
Коэффициент снижения расхода теплоты на отопление и вентиляцию $K_{o.v.}$	1	0,59	0,44	0,31	–

4.6 Схема химической водоподготовки

Химическая водоподготовка (ХВП) современными методами и технологиями обеспечивает долгую и успешную жизнь котельному оборудованию, выгодное использование средств, исключение постоянного технического контроля и сервиса, так как предотвращает поломки, связанные с качеством питающей воды. Система водоподготовки котельной устанавливается для того, чтобы предотвратить формирование минеральных отложений, которые накапливаются внутри водонагревательных котлов. Такие отложения могут стать причиной потери мощности, а развитие коррозии может привести к полной остановке работы котельной из-за закупоривания внутренней части оборудования.

Водоподготовке уделяется особое внимание, поскольку качественно подготовленное тепловое оборудование является залогом бесперебойной работы котельных в течение отопительного сезона.

Специальным образом подготовленная вода предназначена для заполнения котлов, первоначального заполнения системы отопления и подпитки системы в случае повреждения системы и утечки теплоносителя.

Комплексная система водоочистки котельной состоит из следующих блоков: системы механической очистки (СМО) и системы химводоочистки (ХВО). Основу системы механической очистки составляют фильтры грубой и тонкой очистки. Основу системы химводоочистки составляют автоматическая установка обезжелезивания и автоматическая установка умягчения, накопительная емкость для покрытия пиковых водоразборов, насосы подачи химочищенной воды.

Качество воды характеризуется прозрачностью (содержанием взвешенных веществ), сухим остатком, жесткостью, щелочностью, окисляемостью. Показатели качества сетевой воды не должны превышать следующих установленных значений представленных в таблице 4.6.1.

Таблица 4.6.1 – Показатели качества сетевой воды

Показатель	Предельные значения
Прозрачность по шифру, см, не менее	30
Карбонатная жесткость, мкг-экв/кг	700
Значение рН при 25	7-11
Содержание, мкг/кг	
Растворенного кислорода	50
Соединений железа	500
Содержание нефтепродуктов, мг/кг	1

Исходными данными для выбора оборудования предварительной водоочистки являются:

- максимальный часовой и суточный объем подпиточной воды;
- режим подпитки (непрерывный/разовый);
- химический анализ исходной воды и источник водоснабжения;
- нормы качества подпиточной воды котлов (в зависимости от конструкции и рабочего давления).

– Обработка воды для водогрейных котлов включает в себя следующие основные этапы:

- удаление взвешенных частиц;
- удаление железа;
- умягчение, предотвращение накипеобразования;
- предотвращение коррозии (удаление кислорода и углекислого газа из питающей воды с помощью деаэраторов различных конструкций. Применение деаэратора позволяет существенно снизить содержание свободного кислорода (до 0,02 мг/кг), остальное же количество должно связываться химическим способом).

Рассмотрим более подробно этапы обработки воды. Удаление механических примесей с помощью фильтров. Для удаления осаждаемых (песок, окислы железа, соли CaCO₃ и другие тяжелые частицы) и взвешенных частиц (мелкая глина, грязь и органические вещества) используются механические фильтры различных конструкций. При незначительных механических загрязнениях (до 5,0 мг/кг), можно устанавливать компактные фильтры картриджного типа (сменные или промывные), основные достоинства которых - малые габариты, высокие скорость и глубина фильтрации.

При содержании в воде взвешенных частиц более 15 мг/л, целесообразно осуществлять фильтрацию на напорных фильтрах с комбинированным слоем (песок + антрацит).

Отфильтрованные частицы, по мере необходимости, удаляются из слоя противоточной промывкой.

В наиболее сложных ситуациях, при наличии коллоидных примесей применяют коагуляцию (объединение мелких частиц дисперсных систем в более крупные под влиянием сил сцепления, ведет к выпадению из коллоидного раствора хлопьевидного осадка или к застудневанию) и флокуляцию с последующим отстаем и фильтрацией на напорных фильтрах.

Следующий этап, это – удаление из воды железа. На данный момент не существует универсального экономически оправданного метода, применимого во всех случаях жизни. Каждый из существующих методов применим только в определенных пределах и имеет как достоинства, так и существенные недостатки.

Первый способ – окисление кислородом воздуха или аэрацией, хлором, перманганатом калия, перекисью водорода, озоном с последующим осаждением (с коагуляцией или без нее) и фильтрацией является традиционным методом, применяемым уже много десятилетий.

Так как реакция окисления железа требует довольно длительного времени, то использование для окисления только воздуха требует больших резервуаров, в которых можно обеспечить нужное время контакта. Добавление же специальных

окислителей ускоряет процесс. Наиболее широко применяется хлорирование, так как параллельно позволяет решать проблему с дезинфекцией. Наиболее передовым и сильным окислителем на сегодняшний день является озон. Однако установки для его производства довольно сложны, дороги и требуют значительных затрат электроэнергии, что ограничивает его применение.

Недостатком метода окисления является невозможность удаления из воды органического железа, также наличие в воде железа часто сопровождается наличием марганца. Марганец окисляется гораздо труднее, чем железо и, кроме того, при значительно более высоких уровнях pH. Все вышеперечисленные недостатки сделали невозможным применение этого метода в сравнительно небольших бытовых и коммерческо-промышленных системах, работающих на больших скоростях.

Второй способ – каталитическое окисление с последующей фильтрацией – наиболее распространенный на сегодняшний день метод удаления железа, применяемый в высокопроизводительных компактных системах. Суть метода заключается в том, что реакция окисления железа происходит на поверхности гранул специальной фильтрующей среды, обладающей свойствами катализатора. Наибольшее распространение в современной водоподготовке нашли фильтрующие среды на основе диоксида марганца (MnO_2).

Все системы на основе каталитического окисления с помощью диоксида марганца имеют ряд общих недостатков: неэффективны в отношении органического железа, не справляются при содержании железа в воде более 10-15 мг/кг.

Третий метод – ионный обмен применяется в основном для умягчения воды. С точки зрения удаления из воды железа важен тот факт, что катиониты способны удалять из воды не только ионы кальция и магния, но и другие двухвалентные металлы, а значит и растворенное двухвалентное железо. Достоинством данного метода является его эффективность в отношении марганца. Однако на практике возможность применения катионообменных смол по железу сильно затруднена по следующим причинам: применение катионообменных смол экономически выгодно только в районах с повышенной жесткостью воды с целью параллельного умягчения, наличие в воде трехвалентного железа «забивает» смолу и очень плохо из нее вымывается, а высокая концентрация в воде железа повышает вероятность образования трехвалентного железа и гораздо быстрее истощает ионообменную ёмкость смолы, органические вещества в воде приводит «заращению» смолы органической пленкой.

Тем не менее, именно применение ионообменных смол представляется наиболее перспективным направлением в деле борьбы с железом и марганцем в воде. Задача заключается в том, чтобы подобрать такую комбинацию ионообменных смол, которая была бы эффективна в достаточно широких пределах параметров качества воды.

К четвертым методам относятся так называемые мембранные методы, но пока не входят в число стандартных методов борьбы с присутствием в воде железа. Основное назначение мембранных систем – удаление бактерий, простейших и вирусов («холодная стерилизация»), частичное или глубокое обессоливание, подготовка высококачественной питьевой воды. Тем не менее, микрофильтрационные

мембраны пригодны для удаления уже окисленного трехвалентного железа, ультрафильтрационные и нанофильтрационные мембраны также способны удалять коллоидное и бактериальное железо, а обратноосмотические мембраны удаляют даже растворенное органическое и неорганическое железо.

Практическое же применение мембран для работы по железу ограничено следующими факторами: мембраны даже в большей степени, чем гранулированные фильтрующие среды и ионообменные смолы, критичны к "зарастанию" органикой и забиванию поверхности нерастворимыми частицами. Во-вторых, мембранные системы пока недешевы и их применение рентабельно только там, где требуется очень высокое качество воды.

Пятый метод – дистилляция, является давно известным и проверенным способом глубокой очистки воды испарением. В дистилляторах для ускорения естественного процесса испарения воды применяется нагревание воды до температуры кипения, что приводит к интенсивному образованию пара. При этом механические частицы, содержащиеся в воде (включая бактерии, вирусы, а также коллоиды и взвешенные частицы) оказываются слишком тяжелыми, чтобы быть подхваченными паром. Одновременно почти все растворенные в воде химические вещества (включая соли железа, других тяжелых металлов, соли жесткости и т.д.) достигают предела своей растворимости (за счет повышенной температуры и особенно увеличения концентрации – вода постоянно улечучивается) и выпадают в осадок. Таким образом, вместе с паром могут испаряться только летучие органические соединения, в том числе и потенциально опасные. Именно поэтому в дистилляторах часто устанавливают фильтр доочистки на основе активированного угля из скорлупы кокоса.

В дальнейшем пар, охлаждаясь, конденсируется в высокоочищенную воду, которую называют дистиллятом. Иногда дистиллированную воду «прогоняют» через дистиллятор еще раз и получают так называемый би-дистиллят.

Дистилляторы потребляют значительное количество электроэнергии, что для многих применений делает их использование менее рентабельным, чем обратный осмос или деминерализация на ионообменных смолах.

Наиболее распространенным способом очистки воды для ее последующего использования в качестве теплоносителя являются методы ионного обмена. Сущность этих методов заключается в том, что вода фильтруется через специальный материал, называемый ионитом. Этот материал имеет способность изменять ионный состав воды в нужном направлении. С электрохимической точки зрения молекулы ионита представляют собой твердый электролит. В зависимости от того какой заряд несет диффузионный слой, иониты разделяются на катиониты и аниониты.

Наиболее распространенными катионитами являются: сульфоголь и ионообменные смолы КУ 1, КУ 2. Наиболее распространенные аниониты: АН-31, АВ-17, АВ-18. В зависимости от качества исходной воды и требований к качеству обработанной воды в практике применяют следующие методы ионного обмена: натрий-катионирование, водород-катионирование, хлор-ионирование, аммоний-катионирование.

Na-катионирование – наиболее распространенный метод обработки воды. Заключается в фильтровании ее через слой катионита, содержащего обменный ион натрия.

Эксплуатация катионитного фильтра сводится к последовательному проведению следующих операций: умягчение, взрыхление, регенерация, отмывка.

Основная операция процесса – умягчение. При умягчении происходит реакция обмена катионов Ca_2^+ и Mg_2^+ на катионы Na^+ . По мере прохождения ионного обмена катионит истощается и уплотняется, обменные реакции замедляются вплоть до проскока катионов Ca_2^+ и Mg_2^+ в обработанную воду. Для восстановления обменной способности катионита его взрыхляют и регенерируют. Взрыхление осуществляется обратным потоком воды, подаваемой из бака, расположенного выше фильтра, или с помощью насоса. Регенерация осуществляется раствором поваренной соли NaCl . Последней операцией является отмывка (промывка) катионита от остаточных продуктов регенерации.

В практике применяются две схемы умягчения воды по методу Na-катионирования: одноступенчатая и двухступенчатая.

Одноступенчатым Na-катионированием можно получить воду с остаточной жесткостью до 0,1 мг-экв/кг. При необходимости более глубокого умягчения воды (до 0,01 – 0,02 мг-экв/кг) следует применять двухступенчатое (последовательное) Na-катионирование.

Обработка воды методом H-катионирования состоит в фильтровании ее через слой катионита, содержащего в качестве обменных ионов катионы водорода. Протекающие в водородном фильтре реакции сводятся к замене катионов Ca_2^+ и Mg_2^+ и Na^+ на катион водорода.

Следовательно, присутствующие в воде соли (сульфаты, хлориды и др.) превращаются в процессе ионного обмена в кислоты (серную, соляную и др.), т.е. обработанная вода имеет кислую реакцию ($\text{pH} < 7$), что недопустимо. Поэтому H-катионирование всегда совмещается с Na-катионированием, которое обуславливает щелочную реакцию обработанной воды.

Принцип работы H-катионитного фильтра аналогичен работе Na-катионитного фильтра. Регенерация фильтра производится раствором серной кислоты.

Различают следующие схемы H-Na-катионирования:

- H-Na-катионирование с «голодной» регенерацией фильтров;
- параллельное H-Na-катионирование;
- последовательное H-Na-катионирование;
- совместное H-Na-катионирование.

Na-Cl-ионитный метод основан на умягчении воды с одновременным снижением щелочности и осуществляется путем последовательного фильтрования обрабатываемой воды через Na-катионитный фильтр первой ступени, Cl-анионитный фильтр и затем Na-катионитный фильтр второй ступени.

Вторую ступень Na-катионирования, как правило, совмещают в одном фильтре с Cl-ионированием, при этом внизу загружается катионит, а сверху сильноосновный анионит типа АВ – 17.

В этом методе катионит и анионит регенируются поваренной солью NaCl (Na+ регенирует катионит, Cl-анионит). В фильтрах первой ступени происходит умягчение воды по реакциям. Во второй ступени (в совмещенном Na-Cl-ионитном фильтре) в слое анионита происходит обмен анионов SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^- , содержащихся в воде, на хлор, а в слое катионита «проскочившие» катионы жесткости обмениваются на Na+.

Методом Na-Cl-ионирования воды можно снизить жесткость воды до 0,01 мг-экв/кг и щелочность до 0,2 мг-экв/кг.

Применение установок Na-катионирования для снижения общей жесткости воды, перед подачей на заполнение или подпитку контура котла или тепловой сети, связано с определенными капитальными и эксплуатационными затратами. Повсеместное использование деаэраторов для удаления растворенных коррозионно-активных газов из теплофикационной воды оказывается экономически неэффективно, вследствие высоких энергетических затрат.

На данный момент широкое распространение получают способы реагентной – комплексонатной водоподготовки подпиточной и сетевой воды водогрейных котлов и систем теплоснабжения, что может быть эффективной альтернативой стандартной водоподготовке – умягчению воды с использованием Na или H - катионированием и её деаэрации.

Применение комплексонатного способа водоподготовки позволяет:

1. Снизить стоимость подготовки подпиточной воды при улучшении технологических характеристик теплоносителя, по сравнению с ее умягчением и деаэрацией;
2. Уменьшить коррозию металла внутренних поверхностей водогрейных котлов, систем теплоснабжения;
3. Устранить образование накипи, способствовать отмывке имеющихся на поверхностях котлов, системы теплоснабжения накипи и отложений;
4. Предотвратить шламообразование в котле;
5. Обеспечить соблюдение требований нормативной документации к оборудованию, объему химического контроля, оснащению лабораторий, ведению эксплуатационной документации.

Госгортехнадзором России согласованы к применению два вида комплексонатов:

– ОЭДФ - Zn (Цинковый комплекс ОЭДФ), выпускаемый согласно ТУ2439-001-24210860-97 от 10.07.1997 г.,

– НТФ - Zn (Цинковый комплекс НТФ), выпускаемый согласно ТУ2439-002-24210860-99 от 01.02.1999 г.

Применение данных комплексонатов позволяет обеспечить надежность, безопасность и экономичность эксплуатации систем теплоснабжения, котлов. Эти комплексонаты являются ингибиторами как накипеобразования, так и коррозии.

Применение комплексонатов ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn возможно при температуре нагрева воды до 210°C, что позволяет производить обработку подпиточной и сетевой воды водогрейных котлов, систем теплоснабжения с температурой нагрева выше 115°C.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

ОЭДФ-Zn – (Цинковый комплекс ОЭДФ) – представляет собой 23-25 % водный раствор. Данный комплексонат разрешен к применению в воде хозяйственно-питьевого и хозяйственно-бытового водопользования дозой до 5 мг/л (в закрытых системах теплоснабжения концентрация комплексоната не нормируется). Гигиеническое заключение №61.РЦ.6.243.П.899.6.00 от 15.6.2000 г.

НТФ-Zn – (Цинковый комплекс НТФ) – представляет собой 21-23 % водный раствор. Данный комплексонат разрешен к применению в воде хозяйственно-питьевого и хозяйственно-бытового водопользования дозой до 1 мг/л (в закрытых системах теплоснабжения концентрация комплексоната не нормируется). Санитарно-эпидемиологическое заключение №61.РЦ.03.243.П.000547.05.03 от 23.05.2003 г.

Комплексонаты ОЭДФ-Zn и НТФ-Zn экологически безопасны: при попадании товарного продукта в водоем они взаимодействуют с донными минеральными отложениями, постепенно разлагаясь.

Доза комплексоната выбирается лабораторно для максимально полного подавления накипеобразования и коррозии и (или) отмытки ранее образовавшихся отложений и накипи.

Расход комплексоната зависит от дозы комплексоната и расхода воды на подпитку системы теплоснабжения, водогрейных котлов.

Типовая схема дозирования представлена на рисунке. 4.6.1: дозирование производится пропорционально в прямой зависимости от объема жидкости прошедшей через расходомер.

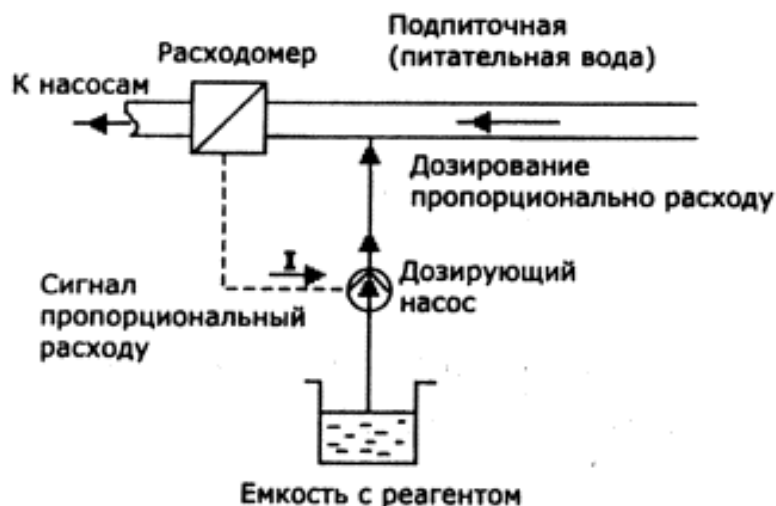


Рисунок 4.6.1 – Типовая схема дозирования

Установка дозирования комплексоната должна отвечать следующим требованиям:

– давление, создаваемое насосом дозатором должно превышать паспортное давление циркуляционных насосов системы теплоснабжения,

- дозирование должно производиться непосредственно в систему теплоснабжения (прямой, либо обратный трубопровод), дозирование в подпиточный трубопровод допускается непосредственной близости от врезки в систему,
- должна быть обеспечена точность дозирования.

При постоянном потреблении воды на подпитку котлов, систем теплоснабжения допускается постоянное дозирование по среднечасовому расходу воды на подпитку системы.

Источником воды для котельной являются городские сети.

После установки дозирования комплексоната необходимо провести режимно-наладочные испытания ХВО с целью настройки дозирования для поддержания концентрации ингибитора в сетевой воде и по окончании написания производственной инструкции на ХВО, а также необходимо проводить периодические замеры концентрации отбором проб.

4.7 Выбор вспомогательного оборудования

Котельная установка это комплекс устройств, предназначенных для преобразования химической энергии топлива в тепловую энергию горячей воды требуемых параметров.

На основании расчетов тепловой схемы котельной предусматривается установка трех водогрейных котлов серии RS-D.

Для обеспечения циркуляции теплоносителя и поддержания необходимого давления устанавливаются насосы производства «Wilo». Техническая характеристика насосов представлена в таблице 4.7.1 [6].

Таблица 4.7.1 – Технические характеристики насосов

Наименование	Марка	Насос				Электро-двигатель
		Количество	Расход м ³ /ч	Напор, м.вод.ст	Максимальная температура жидкости °С	Мощность, кВт
Насос сетевой	IL100/170-30/2	3	170	38	130	30
Насос котловой	BL80/220-5,5/4	1	95	12,7	130	5,5
Насос котловой	BL 125/210-7,5/4	2	135	12,7	130	7,5
Насос подпиточный	MVI 7002/1	2	17,5	45	130	11
Насос отопления котельной	TOP-RL 30/6,5	1	7	3,5	130	0,245

Рассмотрим более подробно выбранное оборудование. Сетевые насосы водогрейных котлов являются основными элементами тепловых схем котельных и предназначены для обеспечения циркуляции теплоносителя в тепловой сети. Сетевые насосы устанавливаются на выходе из котельной в обратной линии тепловой сети. По правилам в котельной должно быть установлено не менее двух сетевых насосов.

К установке принято 3 сетевых насоса Wilo-CronoLine IL100/170-30/2, один из которых используется в качестве резервного. Wilo-CronoLine IL100/170-30/2 – это одноступенчатый центробежный насос с сухим ротором линейного типа, предназначенный для установки в трубах или на фундаменте. Насос рекомендован для перекачки горячей и холодной воды без абразивных частиц в системах отопления, охлаждения и кондиционирования. Антикоррозионное покрытие KTL. Фланцевое соединение (DN 100), всасывающий патрубок PN16. Блочное исполнение с низким уровнем шума и вибрации с промежуточным корпусом и неподвижно присоединенным унифицированным (стандартным) мотором с фланцевым креплением. С не зависящим от направления вращения скользящим торцевым уплотнением в кожухе с принудительным охлаждением и снижающим кавитацию рабочим колесом. Фланцы имеют отверстия R 1/8 для измерения давления. На корпус насоса и промежуточный корпус нанесено катафорезное покрытие. Серийные моторы с технологией IE2. Технические характеристики представлены в таблице 4.7.2.

Таблица 4.7.2 – Технические характеристики сетевого насоса Wilo-CronoLine IL100/170-30/2

Показатель	Значение
Максимальная производительность, м ³ /час	308
Максимальный напор, м	40
Максимальное рабочее давление, бар	16
Максимальная температура жидкости, °С	140
Минимальная температура жидкости, °С	-20
Способ установки	наружный
Тип привода	электропривод
Напряжение питания, В	3x300
Мощность двигателя, кВт	30
Высота, мм	500
Масса, кг	247

Котловые насосы Wilo BL80/220-5,5/4 и BL 125/210-7,5/4 предназначены для перекачивания холодной и горячей воды без абразивных включений в системах отопления, кондиционирования и охлаждения. Котловые насосы – одноступенчатые низконапорные центробежные насосы в блочном исполнении с аксиальным всасывающим патрубком и радиально расположенным напорным патрубком со

следующими элементами – скользящим торцевым уплотнением, фланцевым соединением с патрубком для замера давления, муфтой, соединительным элементов. К особенностям данных насосов можно отнести низкие эксплуатационные затраты благодаря высокому КПД, высокую степень защиты от коррозии благодаря катафорезному покрытию литых компонентов, в корпусе двигателя предусмотрены отверстия для выхода конденсата [9].

Подпитачные насосы предназначены для обеспечения восполнения потерь в сети. В качестве подпитачного насоса выбирается Wilo Multivert MVI 7002/1. Многоступенчатый нормально всасывающий вертикальный высоконапорный центробежный насос линейного типа.

Вал насоса и вал стандартного электродвигателя ИЕС соединены друг с другом посредством продольно-свертной муфты. Отдельный подшипник качения соединительного элемента гарантирует оптимальное восприятия осевых усилий. Промежуточные подшипники гидравлической части обеспечивают долгий срок службы. Насос подходит для водоснабжения и повышения давления, промышленных циркуляционных систем, технологической воды, контуров циркуляции охлаждающей воды.

Особенности и преимущества выбранных котлом можно отнести следующее:

- коррозионностойкие рабочее и ведущее колеса и ступенчатый корпус;
- разрешение к применению в питьевом водоснабжении для всех деталей, контактирующих с перекачиваемой средой (версия EPDM).

Основные технические характеристики представлены в таблице 4.7.3.

Таблица 4.7.3– Технические характеристики сетевого насоса Wilo Multivert MVI 7002/1

Показатель	Значение
Максимальное рабочее давление, бар	16
Максимальная температура жидкости, °С	120
Минимальная температура жидкости, °С	-15
Напряжение питания, В	3×400
Мощность двигателя, кВт	9
Высота, мм	660
Масса, кг	140

Насос отопления котельной «Wilo» TOP-RL 30/6,5 это циркуляционный насос с мокрым ротором, с резьбовым или фланцевым соединением. Предназначен для использования в системах отопления, кондиционирования, закрытых контурах охлаждения, промышленных циркуляционных системах.

К особенностям данного насоса относится ручная регулировка мощности с 3 ступенями частоты вращения. Корпус насоса с катафорезным покрытием (KTL) защищает от коррозии при образовании конденсата. Допустимый диапазон температур от -20° С до +130° С, кратковременно (2 ч) до +140° С Подключение к

сети 1~230 В, 50 Гц Класс защиты IP X4D. Резьбовое или фланцевое соединение (в зависимости от типа) Rp 1, Rp 1¼ или DN 40. Максимальное рабочее давление при стандартном исполнении: 10 бар или 6/10 бар [10].

Расширительные мембранные баки применяются в системах отопления для компенсации объема воды, которая расширяется при нагревании, а любая попытка сжать воду приводит к резкому увеличению объема. В системах отопления вода должна иметь возможность увеличивать свой объем. Внутренний объем мембранных расширительных баков разделен на две части мембраной. Одна часть присоединяется к системе, а во вторую закачан воздух. При нагреве теплоноситель расширяется, перетекая в расширительный бак, а воздух в баке сжимается.

Расширительные баки ERCE фирмы Elbi предназначены для компенсации теплового расширения теплоносителя в системах отопления. Баки имеют несменную мембрану. Модельный ряд включает в себя 8 моделей объемом от 35 до 500 л. Для компенсации объема воды устанавливаются два бака объемом 80 и 500 л. Технические характеристики расширительных баков представлены в таблице 4.7.4.

Таблица 4.7.4 – Технические характеристики расширительных баков

Типоразмер	Емкость, л	Предварительное закаченное давление, бар	Максимальное избыточное давление, бар	Рабочая температура мембраны, °С
ERCE 80	80	1,5	10	+99
ERCE 500	500	1,5	10	+99

Перед каждым котлом устанавливаются газовые горелки, они подбирают по справочникам, отраслевым нормам и каталогам с учетом их тепловой мощности, пределов регулирования, располагаемых давлений газа и воздуха, режимов теплообмена и т.п. Это связано с тем, что теоретический расчет газовых горелок является весьма сложным и трудоемким, так как связан с комплексными расчетами процессов смешения, горения и теплоотдачи, которые должны обеспечивать не только высокую эффективность сжигания газового топлива, но и минимально возможную концентрацию вредных компонентов в продуктах сгорания.

Подбор горелок осуществляется, исходя из предъявленным к ним требованиям:

- создание достаточно равномерного поля температур в топочном устройстве;
- сжигание газа с минимальными избытками воздуха;
- устойчивость работы горелок при различных тепловых режимах.

Систему газоснабжения предназначенную для подачи природного газа к двум водогрейным котлам RS-D5000 номинальной тепловой мощностью по 5000 кВт, оснащаем комбинированными горелками F.B.R. К 550/М TL и один водогрейный котел RS-D3500 номинальной тепловой мощностью 3500 кВт, комбинированной

горелкой F.V.R. К 350/М TL. Основные технические характеристики системы газоснабжения представлены в таблице 4.7.5.

Таблица 4.7.5 – Основные технические характеристики системы газоснабжения

Параметр	Величина
Давление газа на вводе в котельную	0,3-0,55 МПа
Давление газа в точке подключения к горелке	40 кПа
Общий часовой расход природного газа	
Максимальный	1456 м ³ /ч
Минимальный	112 м ³ /ч

На входе газопровода в котельный зал устанавливается клапан запорный газовый с электромагнитным приводом ВН4Н-6.

Для измерения давления газа на входе в котельную, а также на отпусках к горелкам устанавливаются манометры с классом точности 1,5. Манометры подключаются к трубопроводу через трехходовые шаровые краны.

Очистка газа от примесей производится сетчатым газовым фильтром ФН4-1 со степенью фильтрации 50 мкм.

Для контроля засоренности фильтра перед и после него устанавливаются манометры. При засорении фильтрующего элемента необходимо произвести его очистку или замену.

Фильтр устанавливается перед счетчиком газа по ходу газа. В котельной устанавливается узел учета на базе ротационного счетчика РСГ G-250 (1:160) Ду100.

В качестве горелочного устройства на котлах устанавливаются газовые модулирующие горелки F.V.R. серии «К». Технические характеристики рассматриваемых горелок приведены в таблице 4.7.6.

Таблица 4.7.6 – Технические характеристики горелок F.V.R. серии «К»

Модель		К 350/М	К 550/М
1	2	3	4
Мощность мин. 1-й ступени/ 2-й ступени – макс. 2-й ступени	Мкал/ч	400/1200-3500	600/2000-5500
Мощность мин. 1-й ступени/ 2-й ступени – макс. 2-й ступени	kW	464/1390-4060	696/2325-6395
Расход G20(природный газ) мин. 1-й ступени/ мин. 2-й ступени – макс. 2-й ступени	м ³ /ч	47/140-409	70/235-647
Расход G31(сжиженный газ) мин. 1-й ступени/ мин. 2-й ступени – макс. 2-й ступени	м ³ /ч	18/54-158	27/91-250

Топливо: Природный газ (вторая группа) – сжиженный газ (третья группа)

Категория топлива:

I2R, I2H, I2L, I2E, I2E+, I2Er, I2ELL, I2E(R)B/ I3B/P, I3+, I3B, I3P, I3R

Продолжение таблицы 4.7.6

1	2	3	4
Минимальное давление газа DN65 FS65 Природный газ/сжиженное топливо	мбар	140/80	-/145
Минимальное давление газа DN100 FS100 Природный газ/сжиженное топливо	мбар	54/46	86/61
Максимальное давление на входе в клапан (Ре. Максью)	мбар	500	500
Расход тяжелого топлива мин. 1-й ступени / 2-й ступени – макс. 2-й ступени	кг/ч	40/120-350	60/200-550
Топливо: Тяжелое топливо 5°-20°E при 50 °C			
Периодическая работа (мин.1 остановка каждые 24 часа) Двухступенатые, прогрессивные или модулирующие.			
Допустимые условия эксплуатации/хранения: -15...+40°C/ -20...+70°C, макс. относит. влажн. 80%			
Максимальная температура воздуха для горения	°C	60	60
Номинальная электрическая мощ- ность	кВт	37,5	–
Двигатель вентилятора	кВт	9,2	15
Двигатель насоса	кВт	2,2	2,2
Сопротивление	кВт	24	36
Номинальная потребляемая мощ- ность	А	23	31
Дополнительная номинальная по- требляемая мощность	А	0,5	0,5
Сопротивлений потребляемая мощность	А	37	–
Напряжение питания	3~400В-1/Ф~230В-50Гц		
Уровень электрозащиты		IP44	IP44
Уровень шума	Дб	84-85	86-89
Вес горелки	кг	345	412

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

53

Для автоматического перекрытия подачи газа при повышении температуры в результате пожара на вводе газопровода в помещение котельной используются термозапорные клапаны КТЗ.

Технические характеристики КТЗ представлены в таблице 4.7.7.

Таблица 4.7.7 – Технические характеристики КТЗ

Наименование	Значение
Тип, марка	КТЗ-001-100-Ф
Рабочая среда	природный газ по ГОСТ 5542-87
Температура срабатывания, °С	от +80 до +100
Диаметр условного прохода, мм	100
Максимальное входное давление, МПа	1,6
Габаритные размеры – длина, мм	140
Габаритные размеры – диаметр, мм	215
Тип соединения	фланцевое
Масса, кг не более	15,2

Для перекрытия потока газа в случае поступления сигналов опасности от датчиков утечки газа, либо при отсутствии тока в электрической сети устанавливается электромагнитный клапан ВН4Н-6 Ду 100. Данный клапан является нормально закрытым и его открытие осуществляется находящейся под напряжением электромагнитной катушкой. После срабатывания в исходное положение данные клапаны могут быть вновь установлены только при наличии напряжения в сети и когда датчики утечки газа не посылают сигналов опасности. Контроль загазованности выполняется при помощи сигнализатора токсичных и горючих газов СТГ1-1.

5 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ОБОРУДОВАНИИ КОТЕЛЬНОЙ

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов является одной из важнейших задач, стоящих перед экономикой РФ. Низкая энергоэффективность приводит к высоким издержкам общества на энергообеспечение, нарушается устойчивое энергоснабжение страны, ухудшается экологическая ситуация, усиливается конкуренция на мировых рынках. Для обеспечения устойчивого энергосбережения в РФ проводится государственная энергосберегающая политика. Законодательством РФ был принят Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009г. (ред. От 13.07.2015г.) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», согласно которому все здания, вводимые в эксплуатацию, а также в процессе эксплуатации, должны соответствовать требованиям по энергоэффективности и иметь приборы учета энергоресурсов, а 27 августа 2009 г. Правительство РФ утвердило программу «Энергосбережение и повышение энергоэффективности на период до 2030 г.» [1].

С целью составления мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности должны проводиться специальные энергообследования, а по программе предусматривается экономия газа до 330 млрд куб.м, нефтепродуктов – 17 млн. тонн, теплоэнергии – 1550 млн Гкал, электроэнергии – 630 млрд кВт·ч.

В связи с этим большое внимание уделяется снижению затрат топливно-энергетических ресурсов на собственные и производственные нужды. Основными методами снижения затрат в котельной являются:

- оптимизация и минимизация состава работающего оборудования котельной в межотопительный период;
- реконструкция котельных;
- снижение затрат энергии на собственные нужды котельной путем внедрения высокоэкономичного оборудования;
- снижение потерь в тепловых сетях;
- организация учета и внедрение нормирования потребляемой энергии;
- использование передовых технологий и материалов для производства продукции
- грамотное распределение нагрузки по времени суток и по времени года
- использование систем автоматики.

Энергосбережение в котельной – это комплекс мероприятий и условий для оптимизации всех процессов участвующих в формировании КПД котельной и всей системы отопления в целом. Основным критерием энергосбережения является снижение затрат энергетических ресурсов котельной при ее эксплуатации.

Пути для снижения затрат энергетических ресурсов являются:

- автоматизированное погодозависимое регулирование выработки и отпуска тепловой энергии. Обеспечивает оптимизацию затрат на выработку тепловой энергии и экономию топлива на 12–15% от котельных без погодозависимого регулирования;

– применение автоматизированных горелок, обеспечивающих КПД котлоагрегатов, не ниже 90%. Современные горелки и котлы имеют КПД = 91– 94 %, против устаревших котлоагрегатов без автоматизации, имеющих КПД 75– 80 %. Наиболее передовое решение – использование «конденсационных» котлов КПД которых достигает 98%;

– применение частотных приводов и устройств плавного пуска на электродвигателях. Это позволяет снизить расход электроэнергии на 25–30 %, а также продлить срок эксплуатации двигателя на 15 %. Применение плавного пуска позволяет защитить оборудование и трубопроводы от гидроударов;

– применение современных автоматизированных установок подготовки воды позволяет снизить размер отложений в котлах и трубопроводах, и соответственно улучшить теплосъем и теплопередачу. Данные решения позволяют добиться экономии потребления топлива котлоагрегатами на 5–7 %;

– для контроля за потреблением энергоресурсов в котельной обязательно устанавливать узлы учета.

При эксплуатации водогрейных котлов энергосбережению способствует рациональное распределение нагрузки между несколькими одновременно работающими котлами.

С падением нагрузки ниже номинальной уменьшается температура уходящих газов, а значит, снижаются потери теплоты с уходящими газами. При малых нагрузках уменьшаются скорости истечения газа и воздуха, ухудшается их смешение и могут возникнуть потери с химической неполнотой сгорания. Абсолютные потери теплоты через обмуровку остаются практически неизменными, а относительные – возрастают. Это приводит к тому, что существуют режимы, которым соответствует максимальное значение КПД.

Поскольку зависимости КПД котлов, расходов удельного топлива от производительности индивидуальны для различных типов котлов, сроков их эксплуатации, то рациональным распределением нагрузки между двумя и более котлами можно влиять на суммарные энергозатраты котельной [1].

6 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

В качестве основного топлива в котельной будет использоваться природный газ. При сжигании газа образуются вредные вещества, которые попадают в атмосферу. К токсичным веществам относятся – серный и сернистый ангидрид (SO_2 , SO_3), а так же продукты неполного сгорания (CO , CH_4 , C_2H_6). Окислы азота оказывают вредное воздействие на органы дыхания животных и вызывают серьезные заболевания, а также разрушают оборудование и материалы, ухудшают видимость. Снижение температуры подогрева воздуха и уменьшение избытка воздуха в топке уменьшает образование окислов азота.

Защита воздушного бассейна от загрязнений регламентируется предельно допустимыми концентрациями вредных веществ в атмосфере населенных пунктов. Под предельно допустимой концентрацией понимают концентрацию различных веществ и химических соединений, которая при ежедневном воздействии на организм человека не вызывает негативных последствий и заболеваний. Различают максимально-разовую и среднесуточную ПДК.

При одновременном совместном присутствии в выбросах веществ одностороннего вредного действия их безразмерная суммарная концентрация не должна превышать 1,0 (6.1):

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,0 \quad (6.1)$$

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

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

Любые газы подлежат рассеиванию в атмосфере, даже если они не токсичны. Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через высокие дымовые трубы.

Из дымовых труб поток газов выбрасывается в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом, за счет чего концентрация вредных веществ на уровне дыхания снижается до нормального значения.

Ветер является основным фактором влияющим на рассеивание токсичных веществ.

Комплекс мероприятий по охране атмосферного воздуха состоит из следующих пунктов:

- применение природного газа в качестве основного топлива, так как он относится к экологически чистым видам топлива;
- установка достаточно высоких дымовых труб
- оснащение котлов приборами контролирующими и регулируемыми процесс горения топлива.

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

6.1 Определение объемов продуктов сгорания топлива

В водогрейной отопительной котельной завода ООО «Ишсталь» планируется установить три котла: RS-D 5000 – 2 шт. и RS-D 3500 – 1 шт. Все котлы будут присоединены к одной металлической дымовой трубе. Выполним выбор и расчет дымовой трубы.

Котельная завода ООО «Ишсталь» будет работать круглый год. В течении отопительного периода она будет покрывать тепловые нагрузки на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а в летний период обеспечивать только горячей водой.

Основным топливом является природный газ газопровода Бухара-Урал с теплотворной способностью $Q_H^P=8770$ ккал/м³. Характеристика топлива представлена в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Характеристики топлива

Газопровод	Состав газа по объему, %							Q_H^C кДж/м ³	ρ_Γ^C кг/м ³
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	N ₂	CO ₂		
Бухара-Урал	94,9	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	36720	0,758

Теоретически необходимый объем воздуха для газообразного топлива принимаем из расчета котла $V_0=9,65$ м³/м³.

Теоретический объем продуктов сгорания (из расчета котла):

- объем трехатомных газов: $V_{RO_2}=1,11$ м³/кг;
- объем двухатомных газов: $V_{N_2}=7,89$ м³/м³;
- объем водяных паров: $V_{H_2O}=2,16$ м³/м³.

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

Объем дымовых газов при нормальных условиях определяем по формуле (6.1.1):

$$V_\Gamma = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0 \quad (6.1.1)$$

$$V_\Gamma = 1,11 + 7,89 + 2,16 + (1,05 - 1) \cdot 9,65 = 11,64 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при сжигании топлива при рабочих условиях ($P_p=97000$ Па; $t_p=119$ °С) определим по формуле (6.1.2):

$$V_p = \frac{T_{yx} \cdot V_\Gamma \cdot P_{н.у.}}{T_{н.у.} \cdot P} \quad (6.1.2)$$

где $T_{yx} = 170^{\circ}\text{C} = 443 \text{ K}$ – средняя температура уходящих газов.

$$V_p = \frac{760 \cdot 11,64 \cdot 443}{273 \cdot 745} = 19,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Расход топлива на котел считает по формуле (6.1.3):

$$B_p = \frac{\sum Q}{Q_H^p \cdot \eta} \quad (6.1.3)$$

где $\sum Q$ – суммарная мощность котлов, МВт;
 $\eta = 95\%$ – КПД котла.

$$B_p = \frac{5+5+3,5}{36,72 \cdot 0,95} = 0,39 \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем продуктов сгорания, образующихся при работе котлов определим по формуле (6.1.4):

$$V = V_p \cdot B_p \quad (6.1.4)$$

$$V = 19,2 \cdot 0,39 = 7,49 \text{ м}^3/\text{с}$$

В топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокиси азота NO₂ за счет окисления NO происходит при низких температурах и требует значительного времени. Выброс окислов азота, рассчитывается по NO₂.

Количество диоксида азота определим по формуле (6.1.5):

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H^p \cdot K_{\text{NO}_2} (1 - \beta) \quad (6.1.5)$$

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

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

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 \cdot 0,39 \cdot 36720 \cdot 0,12 \cdot 1 = 1,72 \text{ г/с}$$

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

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ				

Максимальная концентрация выбросов NO₂ рассчитывается по формуле (6.1.6):

$$C_m = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{h^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \quad (6.1.6)$$

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

M_{NO_2} – расход выбрасываемого в атмосферу вещества, г/с;

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

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

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

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

η – поправочный коэффициент на рельеф. Если перепад высот в местности размещения источника выбросов не превышает 50 м на 1 км или препятствия удалены более чем на 50Н, то $\eta=1$ [26].

6.2 Определение минимальной высоты дымовой трубы

Для расчета минимальной высоты H дымовой трубы предварительно задаемся оптимальной скоростью выхода дымовых газов. Примем $w_0=20$ м/с, для котлов с искусственной тягой. По принятой скорости и известному расходу газов предварительно определим диаметр устья трубы по формуле (6.2.1):

$$D_0 = \sqrt{\frac{4V_{г\text{ общ}}}{\pi w_0}} \quad (6.2.1)$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,2}{3,14 \cdot 20}} = 1,1 \text{ м}$$

Из стандартных диаметров для кирпичных и железобетонных труб, примем $D_0=1,2$ м. По принятому диаметру трубы найдем скорость выхода дымовых газов и используем ее для дальнейших расчетов, формула (6.2.2):

$$w_0 = \frac{4V_{г\text{ общ}}}{\pi D_0^2} \quad (6.2.2)$$

$$w_0 = \frac{4 \cdot 7,49}{3,14 \cdot 1,2^2} = 6,62 \text{ м/с}$$

Принимаем параметр $A=160$, параметр $F=1$ [26].

$\text{ПДК}_{\text{NO}_2}=0,085 \text{ мг/м}^3$.

Задаем высоту трубы $H_1=10$ м, находим значения коэффициентов по формуле (6.2.3):

$$v_M=0,65 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \frac{\Delta T}{H}} \quad (6.2.3)$$

где ΔT – разность температур, $\Delta T = 183,8$ К.

$$v_M=0,65 \cdot \sqrt[3]{7,49 \cdot \frac{183,8}{10}}=3,35 \text{ м/с}$$

Коэффициент $n=1$ при $v_M \geq 2$, тогда коэффициент f находим по формуле (6.2.4):

$$f=\frac{10^3 w_0^2 D_0}{H^2 \Delta T} \quad (6.2.4)$$

$$f_1=\frac{10^3 \cdot 6,62^2 \cdot 1,2}{10^2 \cdot 183,8}=2,86$$

Так как $f_1=2,86 \leq 100$, то коэффициент m равен (6.2.5):

$$m=\frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} \quad (6.2.5)$$

$$m_1=\frac{1}{0,67+0,1\sqrt{2,86}+0,34\sqrt[3]{2,86}}=1,67$$

Находим расчетную высоту трубы (H^p) по формуле (6.2.6):

$$H=\sqrt{AF\eta nm \frac{M}{\text{ПДК}} \sqrt[3]{\frac{Z}{V_{\text{Г общ}} \Delta T}}} \quad (6.2.6)$$

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

ΔT – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

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

A, F, n, m, η – коэффициенты;

Z – Количество труб, $Z=1$.

$$H_1 = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,67 \cdot \frac{1,72}{0,085} \sqrt[3]{\frac{1}{6,62 \cdot 183,8}}} = 20,2 \text{ м}$$

Задаем высоту трубы $H_2=20$ м, находим значения коэффициентов:

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{7,49 \cdot \frac{183,8}{20}} = 2,66 \text{ м/с}$$

Коэффициент $n=1$ при $v_M \geq 2$,

$$f_2 = \frac{10^3 \cdot 6,62^2 \cdot 1,2}{20^2 \cdot 183,8} = 0,71$$

Так как $f_2=0,71 \leq 100$, то коэффициент m равен:

$$m_2 = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{0,71} + 0,34 \sqrt[3]{0,71}} = 0,95$$

Находим расчетную высоту трубы (H^p) по формуле:

$$H_2 = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot \frac{1,72}{0,085} \sqrt[3]{\frac{1}{6,62 \cdot 183,8}}} = 22,5 \text{ м}$$

Задаем высоту трубы $H_3=30$ м, находим значения коэффициентов:

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{7,49 \cdot \frac{183,8}{30}} = 2,32 \text{ м/с}$$

Коэффициент $n=1$ при $v_M \geq 2$,

$$f_3 = \frac{10^3 \cdot 6,62^2 \cdot 1,2}{30^2 \cdot 183,8} = 0,32$$

Так как $f_3=0,32 \leq 100$, то коэффициент m равен:

$$m_3 = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{0,32} + 0,34\sqrt[3]{0,32}} = 1,04$$

Находим расчетную высоту трубы (H^p) по формуле:

$$H_3 = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot \frac{1,72}{0,085} \sqrt[3]{\frac{1}{6,62 \cdot 183,8}}} = 19,7 \text{ м}$$

Окончательно минимальная допустимая высота дымовой трубы принимается из условий, что труба должна быть выше конька кровли зданий (расположенной в радиусе 25 м от здания котельной) не менее чем на 5 м, при наличии зданий высотой более 15 м в радиусе 200 м – высота не ниже 35 м, что обеспечивает рассеивание в атмосфере газов содержащих соединения азота. В соответствии с СП 43.13330.2010 «Сооружения промышленных предприятий» следует выбрать дымовую трубу из кирпича или железобетона из следующего ряда значений диаметров выходного отверстия: 1,2; 1,5; 1,8 и т.д. до 9,6 м. Высота дымовых труб должна приниматься 30, 45, 60, 75, 90, 120, 150 и 180 м [20].

Принимаем к установке железобетонную трубу диаметром выходного отверстия 1,2 м и высотой 30 м.

Определим максимальную приземную концентрацию оксидов азота, так как $v_m = 2,32$, $f = 0,32 \leq 100$, то формула (6.2.7):

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A \cdot M_{\text{NO}_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_{\text{г общ}} \Delta T}} \quad (6.2.7)$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{160 \cdot 1,72 \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{6,62 \cdot 183,8}} = 0,03$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,03 \text{ мг/м}^3 \leq \text{ПДК}$$

По результатам расчет можно сделать следующий вывод: необходима одна дымовая труба внутренним диаметром 1,2 м и высотой 30 м. Максимальная концентрация оксидов азота в приземном слое $C_{\text{NO}_2} = 0,03 \text{ мг/м}^3$, что не превышает максимально разовую ПДК этого вещества в атмосферном воздухе.

7 КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И АВТОМАТИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Технологии не стоят на месте и развиваются с огромной скоростью, что позволяет значительно облегчить и обезопасить работу автоматизированных котельных. Внедрение таких технологий как «автоматические системы управления» не только упрощает нашу жизнь, но и делает ее более безопасной благодаря моментальному информированию о нештатной ситуации человека. А так же автоматическому отключению системы или регулировке ее до нормальной, безопасной, штатной работы, благодаря применению автоматики.

Надежная, экономичная и безопасная работа котельной с минимальными числом обслуживающего персонала может осуществляться только при наличии теплового контроля, автоматического регулирования и управления технологическими процессами, средств сигнализации и защиты оборудования. Тепловой контроль подразумевает постоянные или периодические измерения параметров, протекающих процессов при помощи соответствующих средств, передачи данных на пульт операторов и при необходимости регулировании полученных результатов. Автоматическое регулирование и управление включает в себя автоматическое поддержание, без участия человека, в течении определенного времени с требуемой точностью заданных режимов технологического процесса, а так же автоматический пуск и остановку различных приводов и двигателей, отдельных узлов агрегата в целом. Сигнализация предназначена для передачи сигналов, информирующих обслуживающий персонал о состоянии оборудования и отклонении контролируемых параметров от нормы. Защита применяется для предотвращения повреждений оборудования при возникновении аварийных ситуаций. Устройства автоматической защиты прерывают контролируемый процесс или обеспечивают другие меры устранения при предотвращении аварийных ситуаций.

Для автоматизации и теплового контроля применяются серийно выпускаемые приборы и регуляторы. Общими задачами контроля и управления работой являются обеспечение:

- выработки в каждый момент времени необходимого количества теплоты с определенными параметрами;
- сведение потерь теплоты к минимуму;
- рациональности использования электроэнергии для собственных нужд котельной установки;
- надежности и безопасности, а есть установление и сохранение нормальных режимов работы, как котельного агрегата, так и вспомогательного оборудования.

Рассмотрим более подробно систему автоматического управления автоматизированной модульной котельной ART-МК300.

Котельная полностью автоматизирована, работает без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

На боковой стенке котла расположен пульт управления, в котором установлены следующие приборы:

- электронный регулятор температуры 1 ступени горения,

					<i>13.03.01.2018.236.24 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

- электронный регулятор температуры 2 степени горения,
- электронный регулятор температуры защитного отключения,
- световые индикаторы аварийных ситуаций,
- кнопка проверки световых индикаторов,
- промежуточные реле,
- автоматический выключатель электропитания.

Непосредственно на самом котле установлены следующие приборы:

- на выходном патрубке котла – электроконтактный манометр, два датчика температуры 1 и 2 степени горения, датчик температуры защитного отключения, датчик потока воды;

- на входном патрубке – два предохранительных клапана пружинного типа.

Принцип работы пульта управления: при включении вводного автомата питание подается на горелку, горелка переходит в режим «Ожидание». Если клеммы 3–4 на горелке замкнуты, она переходит в режим «Пуск» и разжигается по заданной программе. Между клеммами 3–4 последовательно включены контакты всех датчиков (давление, поток, температура) эта цепь называется «разрешающей». При выходе любого из контролируемых параметров за заданные пределы – «разрешающая» цепь размыкается, горелка прекращает работу. Пульт управления и переходит в режим «Ожидание». На пульте управления загорается световой индикатор, указывающий причину аварии. При возвращении контролируемых параметров в норму – индикатор гаснет и горелка разжигается автоматически. Кроме этого, на пульт управления вынесен световой индикатор «Горелка», который сигнализирует о блокировке горелки. На пульте предусмотрена кнопка «Тест» для проверки исправности световых индикаторов.

Система автоматизации котельной выполнена на базе ОВЕН ПЛК 100. Локальный контроль и мониторинг работы осуществляется с помощью сенсорной панели управления СП270-Т, которая установлена в дверце щита управления котельной ЩУК.

ЩУК обеспечивает:

- автоматическое/ручное регулирование мощности горелки с поддержанием необходимой температуры на выходе котла;
- остановка горелки при возникновении следующих аварийных ситуаций:
 - превышение температура воды на выходе котла;
 - превышение/понижении давления воды на выходе котла;
 - повышение температуры дымовых газов на выходе котла;
- автоматическое погодозависимое регулирование температуры теплоносителя в сетевом контуре посредством двухходового запорнорегулирующего клапана;
- каскадное управление работой котлов.

Для оперативного оповещения обслуживающего персонала котельной, о нештатных ситуациях, в ЩУК устанавливается GSM модем ССУ 825. Работа извещателя заключается в непрерывном контроле уровня напряжений на линиях телесигнализации и выполнение посылки SMS сообщения на номера телефонов,

записанных в памяти SIM карты (max-8 номеров), при появлении напряжений активного уровня на каком либо из каналов телесигнализации.

Учет тепла осуществляется с помощью тепловычислителя СПТ943.1 (производство АОЗТ НПФ «Логика», г. Санкт-Петербург). В состав узла учета тепла входят 3 датчика температуры КТТПР-0,1, 3 датчика давления МИДА-ДИ и 3 расходомера воды ЭРСВ-520Ф (водогрейная часть). Учет расхода газа, поступающего в котельную производится корректором СПГ 761.1 (производство АОЗТ НПФ «Логика», г. Санкт-Петербург) [13].

Автоматика безопасности котельной отключает подачу газа путем закрытия электромагнитного клапана в следующих случаях:

- превышения концентрации метана в помещении (более 10% НКПР);
- превышения II ступени концентрации угарного газа (более 100 мг/м³);
- повышения давления газа после ГРУ более 0,005 МПа,
- при снижении давления газа после ГРУ менее 0,001 МПа.
- пожар в котельной (задымленность помещения);
- Автоматика безопасности котельной останавливает все котлы в случае:
 - повышения давления теплоносителя в общем коллекторе более 0,6 МПа (6 кгс/см²);
 - понижения давления теплоносителя в общем коллекторе менее 0,05 МПа (0.5 кгс/см²);
 - повышение температуры воды на выходе из котельной более 100°C.

Аварийный оповещатель подает звуковой и световой сигнал на наружной стене котельной в следующих случаях:

- при закрытии электромагнитного клапана и остановке всех котлов;
- при открывании входной двери (несанкционированный доступ в котельную);
- при остывании воды в контуре отопления ниже 35°C (защита от замерзания).

Кроме этого, каждый водогрейный котел оснащен своей собственной автоматикой безопасности, которая закрывает подачу газа к горелке при погасание пламени, повышение температуры воды в котле более 95°C, отсутствие тяги за котлом [8].

8 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности на предприятии – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

При обслуживании котельных установок на работника могут воздействовать вредные и опасные факторы, рассмотрим их более подробно.

Физические факторы – повышенная влажность воздуха, повышенная температура воздуха, тепловое излучение исходящее от нагретых поверхностей, трубопроводов, повышенный шум при работе оборудования (насосов, вентиляторов и др.), недостаточное естественное освещение.

Химические факторы – топливо котельной и продукты сгорания.

Факторы трудового процесса – травмоопасные и аварийные ситуации (утечка топлива, пожар, возможные поражения электрическим током, теплоносителем с высокой температурой или повышенным давлением).

К работе в котельной допускаются рабочие, прошедшие обучение и инструктаж по технике безопасности, обладающие практическими навыками безопасного выполнения работ.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала котельной предусмотрены защитные устройства – воздушно-указательные приборы для наблюдения за уровнем воды, водозапорный вентиль для регулирования расхода воды на котел, манометр, показывающий давление горячей воды, спускные и продувочные вентили, предохранительные клапана для автоматического выпуска избыточной воды из котла, воздушные клапана для удаления воздуха из котла.

Для оперативного оповещения обслуживающего персонала котельной, о нештатных ситуациях, в ЩУК устанавливается GSM модем ССУ 825. Сигналы с GSM передаются на телефоны специалистов аварийно-диспетчерского персонала предприятия, обслуживающего котельную.

Требования безопасности к основному оборудованию:

- оборудование оснащается необходимыми средствами защиты и сигнализацией от отклонений рабочих параметров;
- металлические нетоковедущие части имеют заземление;
- постоянный контроль за исправным состоянием газового оборудования и газовых сетей;
- установка сигнализаторов для контроля параметров воздуха в помещении (загазованность воздуха оксидом углерода и природным газом)
- особые требования к полам; полы должны быть выполнены из негорючих материалов с негладкой и нескользкой поверхностью, иметь устройства для отвода воды в канализацию;
- размещение знаков безопасности у входа в газоопасные помещения.

Электробезопасность – это система организационных, технических мероприятий. А так же средств защиты от поражений человека электрическим током.

По степени надежности электроснабжения котельная относится ко II категории.

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

Основными потребителями электроэнергии являются насосы, задвижки, оборудованные электродвигателями.

Организационные мероприятия по электробезопасности включают в себя выбор оптимальных режимов работы персонала по обслуживанию электроустановок, ограничение мест и времени пребывания персонала в зоне воздействия электрического тока. Для защиты персонала от попадания под опасное для жизни напряжение, при повреждении изоляции, выполняется защитное зануление. В качестве проводников используются сальные трубы и нулевые проводники электропроводки, имеющие надежное соединение с нейтралью трансформаторов посредством нулевых жил питающих кабелей.

Молниеотводов и заземлители выполняют, используя арматуру колонн и фундаментов. Заземлению подлежат корпуса электрических машин, приводы электрических аппаратов, каркасы распределительных щитов, металлические кабельные конструкции, стальные трубы электропроводок, лотки, коробка, тросы.

К коллективным методам защиты относятся плакаты, знаки безопасности и ограждения, а к индивидуальным средствам – экранирующие комплекты (перчатки, костюмы, обувь), коврики, подставки, контактные выводы, проводники с зажимами и т.д. Для предотвращения поражения электрическим током при прикосновении к нетоковедущим частям, следует использовать защитное заземление.

При эксплуатации и ремонте котельной необходимо соблюдать все требования противопожарной безопасности. Возникновение пожара, как правило, является следствием небрежного обращения с огнем, неправильного хранения горючих и легковоспламеняющихся материалов, а также вследствие неисправности электропроводки.

Для предотвращения пожаров следует содержать в исправности электропроводку, не допускать захламления помещений, территории и рабочих мест.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают в себя:

- создание на объекте специальной службы, осуществляющей контроль эксплуатации и техническое обслуживание систем и средств противопожарной защиты. Или привлечение для выполнения данных задач специализированной организации, имеющей соответствующие лицензии МЧС РФ;
- организацию обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- разработку мероприятий по действиям администрации, охраны, работающих на случай возникновения пожара и при организации эвакуации людей;
- разработка планов эвакуации и плана тушения пожара.

Инструкции о мерах пожарной безопасности разработаны на основе правил пожарной безопасности, нормативно-технических, нормативных и других документов, содержащих требования пожарной безопасности, исходя из специфики пожарной опасности здания, технологического и производственного оборудования.

В инструкциях о мерах пожарной безопасности отражены следующие вопросы:

- порядок содержания территорий и помещений;

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

- мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при проведении технологических процессов, эксплуатации оборудования, производстве пожароопасных работ;
- порядок сбора, хранения и удаления горючих веществ и материалов, содержания и хранения спецодежды;
- обязанности и действия работников при пожаре, в том числе: правила вызова пожарной охраны;
- порядок аварийной остановки технологического оборудования; порядок отключения электрооборудования;
- правила применения средств пожаротушения и установок пожарной автоматики;
- порядок эвакуации горючих веществ и материальных ценностей.

Все работники допускаются к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы обязан проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководством.

Для борьбы с пожаром котельная оборудована противопожарным инвентарем:

- пенные химические огнетушители;
- порошковые огнетушители;
- гидранты;
- ящики с песком;
- лопаты;
- ведра.

Весь инвентарь располагается в доступном месте на входе в котельную.

Способы и средства тушения пожара разнообразны. Самое распространенное средство – это вода. Однако не всякий пожар можно тушить водой. Водой нельзя тушить горящий карбид кальция, легковоспламеняющиеся жидкости, а так же электроустановки и электропроводку. Для тушения возникшего от этих материалов пожара применяют густопенные и углекислотные огнетушители. В случае небольших очагов пожара используют сухой, чистый и просеянный песок.

Для тушения одежды на человеке, а так же огня на небольших поверхностях применяют противопожарные одеяла – асбестовое полотно, брезент, кошму .

При обнаружении горящего газа на газопроводе необходимо:

- если имеется небольшая утечка горящего газа на фланцевых соединениях необходимо убрать находящиеся рядом с пламенем другие сгораемые материалы, после чего произвести обтяжку и чеканку фланцев;
- если факел горения небольшой, сбить его войлоком, фуфайкой, вязкой глиной, после чего произвести ликвидацию утечки газа;
- если горение газа обнаружено в местах разрыва газопроводов на длине не более 200 мм, пламы необходимо тушить струей из огнетушителя с последующим наложением бандажа с сальниковой набивкой на месте утечки газа с обваркой бандажа электросваркой.

Автоматизированная котельная по пожаровзрывоопасности относиться к кате-

						<i>Лист</i>
						69
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>13.03.01.2018.236.24 ПЗ</i>	

гории «Г» согласно ГОСТ 12.1.004-89 (2001), степень огнестойкости здания 2 согласно СНиП 21-01-97.

Взрывоопасность определяется физическими свойствами газа и соотношением количества воздуха и газа. Минимальное содержание газа в воздухе, при котором возможен взрыв, называется нижним пределом взрываемости, максимальное содержание газа в воздухе, выше которого смесь не взрывоопасна, называется верхним пределом взрываемости. Нижний предел взрываемости для природного газа соответствует примерно 5%, верхний предел взрываемости соответственно 15%. При наличии взрывоопасной смеси газа с воздухом любой источник воспламенения вызывает взрыв.

Меры по предупреждению взрывов делятся на 2 группы:

1. Не допускать образования смеси воздуха с газом (надежная герметизация всех газовых установок и поддержания в них положительного давления не ниже 0,5 кПа);
2. Не допускать соприкосновения газа с каким-либо источником воспламенения.

					<i>13.03.01.2018.236.24 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						70
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

9 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

При строительстве завода ООО «Ишсталь» в г. Ишимбай республики Башкортостан актуальным является вопрос выбора источника теплоснабжения. В связи с климатическими условиями у завода есть потребности в отоплении, вентиляции и горячем водоснабжении. Для выполнения поставленной задачи будут определены показатели сравнительной и общей экономической эффективности мероприятий по сооружению выбранного объекта в сравнении с подобными показателями объекта-аналога.

Экономическая часть раздела включает в себя расчетные оценки сравниваемых вариантов технических решений на основе специальных методов и показателей по установленным критериям экономической, энергетической и экологической эффективности. В управленческой части раздела выполняемой с применением комплекса аналитических и планово-организационных моделей для создания условий реализации выбирается лучший вариант решения.

9.1 Техничко-экономический расчет

В данной работе предлагается в качестве источника теплоснабжения завода ООО «Ишсталь» использовать блочно-модульную котельную ART-МК 300 мощностью 13,5 МВт с двумя котлами RS-D5000 и одним RS-D3500 производства компании ООО «Завод Котельного Оборудования» г. Туймазы, а так же вспомогательного оборудования.

При проведении технико-экономического расчета сравним два варианта:

1 вариант – установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300 мощностью 13,5 МВт производства компании ООО «Завод Котельного Оборудования», с котлами серии RS-D

2 вариант – установка автоматизированной блочно-модульной котельной мощностью 13,5 МВт производства компании ООО «СтройИнженерПроект», с котлами серии «Термотехник» ТТ 100.

Цель проведения расчета – обосновать эффективность строительства автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300.

9.1.1 Расчет капитальных затрат на строительство автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300

Сметные затраты на оборудование котельной представлены в таблице 9.1.1.1.

Таблица 9.1.1.1 – Капитальные затраты на оборудование котельной [45 – 48]

Наименование	Кол-во	Цена, тыс. руб.	Сумма тыс. руб.
1	2	3	4
Основное оборудование			

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Продолжение таблицы 9.1.1.1

1	2	3	4
Котел RS-D5000 в комплекте с автоматикой безопасности производство фирмы «ROSSEN»	2	1200,00	2400,00
Котел RS-D3500 в комплекте с автоматикой безопасности производство фирмы «ROSSEN»	1	1150,00	1150,00
Газовая горелка F.B.R. К 550/М	2	799,81	1599,62
Газовая горелка F.B.R. К 350/М	1	674,63	674,63
Насос отопления котельной Wilo TOR-RL 30/6,5	1	13,73	13,73
Насос циркуляционный сетевой Wilo-CronoLine IL 100/170-30/2	3	280,00	840,00
Насос циркуляционный котловой Wilo BL 80/220-5,5/4	1	113,02	113,02
Насос циркуляционный котловой Wilo BL 125/120-7,5/4	2	157,29	314,58
Насос подпиточный Wilo Multivert MVI 7002/1	2	212,75	425,5
Бак запаса подпиточной воды Т1000ФК23	1	15,63	15,63
Автоматическая установка ХВО	1	212,00	212,00
Расширительный мембранный бак ERCE 500	3	24,31	72,93
Расширительный мембранный бак ERCE 80	3	5,31	15,93
Итого по основному оборудованию			7847,57
Запорная арматура			
Затвор дисковый Ду 200	14	6,79	95,06
Затвор дисковый Ду 150	6	6,08	36,48
Кран шаровый фланцевый Ду 300	2	116,30	232,6
Кран шаровый фланцевый Ду 65	1	18,3	18,3
Клапан обратный Ду 150	3	5,3	15,9
Кран шаровый муфтовый Ду 32	8	1,0	8,0
Кран шаровый муфтовый Ду 25	14	0,7	9,8
Кран шаровый муфтовый Ду 20	15	0,6	9,0
Кран шаровый муфтовый Ду 15	13	0,5	6,5
Клапан обратный ПП63	4	0,2	0,8
Клапан обратный муфтовый Ду 32	1	0,3	0,3
Клапан обратный Ду 200	3	3,00	9,00
Итого по запорной арматуре			441,47
Прочее			
Здание котельной	1	3350,00	3350,00
Дымовая труба	1	1267,00	1267,00

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

72

Окончание таблицы 9.1.1.1

1	2	3	4
Газопровод	1	6680,00	6680,00
Итого прочее			11297,00
Итого по оборудованию			19586,04

Стоимость монтажных работ, разработка проекта и пусконаладочные работы определяются по прейскуранту ООО «АРТ Ижиниринг Групп» и сведена в таблицу 9.1.1.2.

Таблица 9.1.1.2 – Строительно-монтажные работы

Наименование	Кол-во	Цена, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
Разработка проекта	1	4560,00	4560,00
Монтаж здания котельной	1	1350,00	1350,00
Монтаж оборудования котельной	1	530,00	530,00
Прокладка газопровода	1	5500,00	5500,00
Пусконаладочные работы	1	1310,00	1310,00
Итого по строительно-монтажным работам			13250,00

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

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

где $K_{об}$ – общая стоимость приобретаемого оборудования, тыс. руб.;
 0,05 – расходы на грузовые перевозки 5 % (по данным транспортной компании ООО ТК «Байкал-Сервис»).

$$K_{\partial} = 0,05 \cdot 19586,04 = 979,30 \text{ тыс.руб.}$$

Итого капитальные затраты на установку котельной составят:

$$K_1 = K_{об} + K_{смп} + K_{\partial} \quad (9.2)$$

где $K_{об}$ – общая стоимость приобретаемого оборудования, тыс. руб.;
 $K_{смп}$ – итоговая стоимость строительно-монтажных работ, тыс. руб.;
 K_{∂} – стоимость транспортных услуг по доставке приобретаемого оборудования, тыс. руб.

$$K_1 = 19586,04 + 13250,00 + 979,30 = 33815,34 \text{ тыс.руб.}$$

9.1.2 Расчет капитальных затрат на строительство автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100

Сметные затраты на оборудование котельной представлены в таблице 9.1.2.1.

Таблица 9.1.2.1 – Капитальные затраты на оборудование котельной [45-48]

Наименование	Кол-во	Цена, тыс. руб.	Сумма тыс. руб.
1	2	3	4
Основное оборудование			
Котел «Термотехник» ТТ100 с автоматикой безопасности производство фирмы «Энтро-рос»	3	1340,00	4020,00
Газовая горелка «Cib Unigas» R91A M-MD.S.xx.A.1.80.EA	3	652,30	1956,90
Насос отопления котельной Grundfos ALPHA2 L 32-60	1	15,50	15,50
Насос циркуляционный сетевой Grundfos UPS 40-100 F	3	264,00	792,00
Насос циркуляционный котловой Grundfos UPS 25-50 130	1	125,68	125,68
Насос циркуляционный котловой Grundfos UPA 15-120	2	204,50	409,00
Насосная установка Grundfos CMBE	2	212,75	425,5
Бак запаса подпиточной воды AquaTech ATV1000 с поплавком	1	56,00	56,00
Установка пропорционального дозирования Etatron Pool Guard	1	164,85	164,85
Расширительный мембранный бак AquaTech 300	2	32,00	64,00
Расширительный мембранный бак AquaTech 100	2	12,40	24,80
Итого по основному оборудованию			8054,23
Запорная арматура			
Затвор дисковый Energy CVE1221 Ду 150	10	8,50	85,0
Затвор дисковый Energy CVE1221 Ду 200	5	7,5	37,5
Кран шаровый фланцевый LD Ду 250	3	84,5	253,5
Кран шаровый фланцевый LD Ду 65	1	22,3	22,3
Клапан обратный Energy BVE2436 Ду 200	2	7,6	15,2
Кран шаровый муфтовый LD Ду 32	8	1,5	12,0
Кран шаровый муфтовый LD Ду 25	14	0,7	9,8
Кран шаровый муфтовый LD Ду 20	15	0,6	9,0

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

13.03.01.2018.236.24 ПЗ

Лист

74

Продолжение таблицы 9.1.2.1

1	2	3	4
Кран шаровый муфтовый LD Ду 15	13	0,5	6,5
Клапан обратный Energy CVD6312 Ду80	4	1,6	6,4
Клапан обратный муфтовый Energy CVD6210 Ду 50	1	0,9	0,9
Клапан обратный Energy CVD6312 Ду 200	3	4,7	14,1
Итого по запорной арматуре			472,2
Прочее			
Здание котельной	1	3680,00	3680,00
Дымовая труба	1	2980,00	2980,00
Газопровод	1	5341,00	5341,00
Итого прочее			12001,00
Итого по оборудованию			20527,43

Стоимость монтажных работ, разработка проекта и пусконаладочные работы определяются по прейскуранту ООО «АРТ Ижиниринг Групп» и сведена в таблицу 9.1.2.2

Таблица 9.1.2.2 – Строительно-монтажные работы

Наименование	Кол-во	Цена, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
Разработка проекта	1	4560,00	4560,00
Монтаж здания котельной	1	1350,00	1350,00
Монтаж оборудования котельной	1	720,00	7200,00
Прокладка газопровода	1	5500,00	5500,00
Пусконаладочные работы	1	1285,00	1285,00
Итого по строительно-монтажным работам			13415,00

Определим транспортные расходы на доставку и складирование оборудования:

$$K_0 = 0,05 \cdot 20527,43 = 1025,37 \text{ тыс.руб.}$$

Итого капитальные затраты на установку котельной составят:

$$K_2 = 20527,43 + 13415,00 + 1025,37 = 34967,80 \text{ тыс.руб.}$$

9.1.3 Определение текущих затрат на обслуживание автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300

Вычисляем расходы на обслуживание котельной. Годовые затраты на природный газ (9.3):

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

где C_T – тариф на природный газ, руб./м³ ($C_T = 3534$ руб./м³ – по данным ПАО «Новатэк» г. Уфа);

$B_{год}$ – годовой расход газа, м³/год, по расчету главы 4.

$$I_T = 3534,0 \cdot 1720 = 6078,5 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на воду (9.4):

$$I_в = C_в \cdot G_{год} \quad (9.4)$$

где $C_в$ – тариф на воду, руб./м³ ($C_в = 29,15$ руб./м³ – по данным ИМУП «МРКВК»);

$G_{год}$ – годовой расход воды, м³/год, по расчету главы 4.

$$I_в = 29,15 \cdot 1070 = 31,19 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на электроэнергию (9.5):

$$I_{эл} = C_э \cdot N_{год} \quad (9.5)$$

где $C_э$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч ($C_э = 3,3$ руб./кВт·ч – по данным МУП «Ишимбайэлектросети»);

$N_{год}$ – годовая суммарная потребляемая мощность электродвигателей, электромеханизмов, приборов КИП и автоматики, кВт·ч /год.

$$I_{эл} = 3,3 \cdot 245512 = 810,2 \text{ тыс.руб./год}$$

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

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

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

0,1 – 10% на амортизацию энергооборудования;

$K_{об}$ – общая стоимость оборудования всей котельной, тыс.руб.

$$I_{эк} = 0,01 \cdot 19586,04 + 0,1 \cdot 19586,04 = 2154,46 \text{ тыс.руб./год}$$

										Лист
										76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

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

$$I_p = 0,0025 \cdot K_{об} \quad (9.7)$$

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

$K_{об}$ – общая стоимость оборудования всей котельной, тыс руб.

$$I_p = 0,0025 \cdot 19586,04 = 48,97 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма всех затрат (9.8):

$$I_{\Sigma} = \Sigma I_i = I_m + I_e + I_{эл} + I_{эк} + I_p \quad (9.8)$$

где ΣI_i – сумма всех затрат, тыс.руб./год;

$$I_1 = 6078,5 + 31,19 + 810,2 + 2154,46 + 48,97 = 9123,32 \text{ тыс.руб./год}$$

9.1.4 Определение текущих затрат на обслуживание автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100

Вычисляем расходы на обслуживание котельной. Годовые затраты на природный газ:

$$I_T = 3534,0 \cdot 1750 = 6184,5 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на воду:

$$I_T = 29,15 \cdot 987 = 28,77 \text{ тыс.руб./год}$$

Годовые затраты на электроэнергию:

$$I_{эл} = 3,3 \cdot 265300 = 875,5 \text{ тыс.руб./год}$$

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

$$I_{эк} = 0,01 \cdot 20527,43 + 0,1 \cdot 20527,43 = 2258,02 \text{ тыс.руб./год}$$

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

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_p = 0,0025 \cdot 20527,43 = 51,32 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма всех затрат:

$$I_2 = 6184,5 + 28,77 + 875,5 + 2258,02 + 51,32 = 9398,11 \text{ тыс.руб./год}$$

9.1.5 Расчет приведенных затрат для двух вариантов

Приведенные затрат рассчитываем по выражению (9.9):

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

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

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

E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, 1/год;

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

Сведем в таблицу 9.1.5.1 исходные данные для расчета приведенных затрат.

Таблица 9.1.5.1 – Исходные данные

Вариант	Капитальные K , тыс. руб.	Текущие I , тыс.руб/год
I вариант – установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300	33815,34	9123,32
II вариант – установка автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100	34967,80	9398,11

$$K_1 < K_2$$

$$I_1 < I_2$$

Вывод: расчет по методу приведенных затрат не требуется, так как для I варианта – установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300 и капитальные, и текущие затраты меньше, чем для II варианта – установка автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100, поэтому I вариант экономически эффективнее. Экономия достигается за счет стоимости основного оборудования котельной, которая также отражается на стоимости его обслуживания и ремонте.

9.1.6 Определение себестоимости тепловой энергии

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

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

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

$$C_{тэ} = \frac{9123,32}{6960} = 1,31 \text{ тыс.руб./Гкал}$$

9.2 SWOT-анализ для реализации проекта строительства блочно-модульной котельной

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

1. Сильные стороны (Strengths) – преимущества предприятия (проекта);
2. Слабые стороны (Weaknesses) – недостатки предприятия (проекта);
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.

Так как выпускная квалификационная работа посвящена установке блочно-модульной котельной для завода ООО «Ишсталь», то произведем SWOT-анализ для двух вариантов. Для I варианта – установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300 SWOT-анализ представлен в таблице 9.2.1.

Таблица 9.2.1 – SWOT-анализ для варианта – установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300

Strengths:	Weaknesses:
1) Меньший удельный расход топлива; 2) Минимальные затраты на обслуживающий персонал; 3) Меньшая стоимость капитальных затрат; 4) Увеличенный межремонтный период; 5) Однотипность основного оборудования – возможность создания унифицированного резервного запаса ремонтных частей.	1) Значительно большая опасность утечки природного газа и как следствие, возможность взрыва; 2) Необходимость строительства газопровода;
Opportunities:	Threats:

1) Появление новых потребителей тепловой энергии;	1) Рост цен на топливо; 2) Обслуживание оборудования только у дилеров зарубежных компаний;
---	---

Продолжение таблицы 9.2.1

	3) Задержки с поставкой нового оборудования и материалов;
--	---

Для II варианта – установка автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100 SWOT-анализ представлен в таблице 9.2.2.

Таблица 9.2.2 – SWOT-анализ для варианта – установка автоматизированной блочно-модульной котельной «Термотехник» ТТ100

Strengths:	Weaknesses:
1) Меньший удельный расход топлива. 2) Повышение уровня автоматизации технологического процесса; 3) Увеличение межремонтного периода;	1) Большой удельный расход топлива; 2) Необходимость строительства газопровода; 3) Меньшая комплектация системы КИПиА; 4) Разнотипность основного оборудования – необходимость создания большого числа резервного запаса ремонтных частей;
Opportunities:	Threats:
1) Появление новых потребителей тепловой энергии; 2) Существование дилера по обслуживанию оборудования в регионе;	1) Задержки с поставкой нового оборудования и материалов; 2) Рост цен на топливо;

Проведя SWOT – анализ установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300 и «Термотехник» ТТ100, можно сделать вывод: установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300 является более целесообразным вариантом по наличию благоприятных возможностей, сильных и слабых сторон предприятия, определяющих пути его развития.

9.3 Планирование целей предприятия и проекта

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую подчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. Построение дерева целей начинается с формирования главной цели. Каждую цель более высокого

уровня можно представить как самостоятельную систему, включающую в себя цели более низкого уровня (подцели) как ее элементы. На рисунке 9.3.1 изображено дерево целей проекта установка автоматизированной блочно-модульной котельной ART-MK 300.

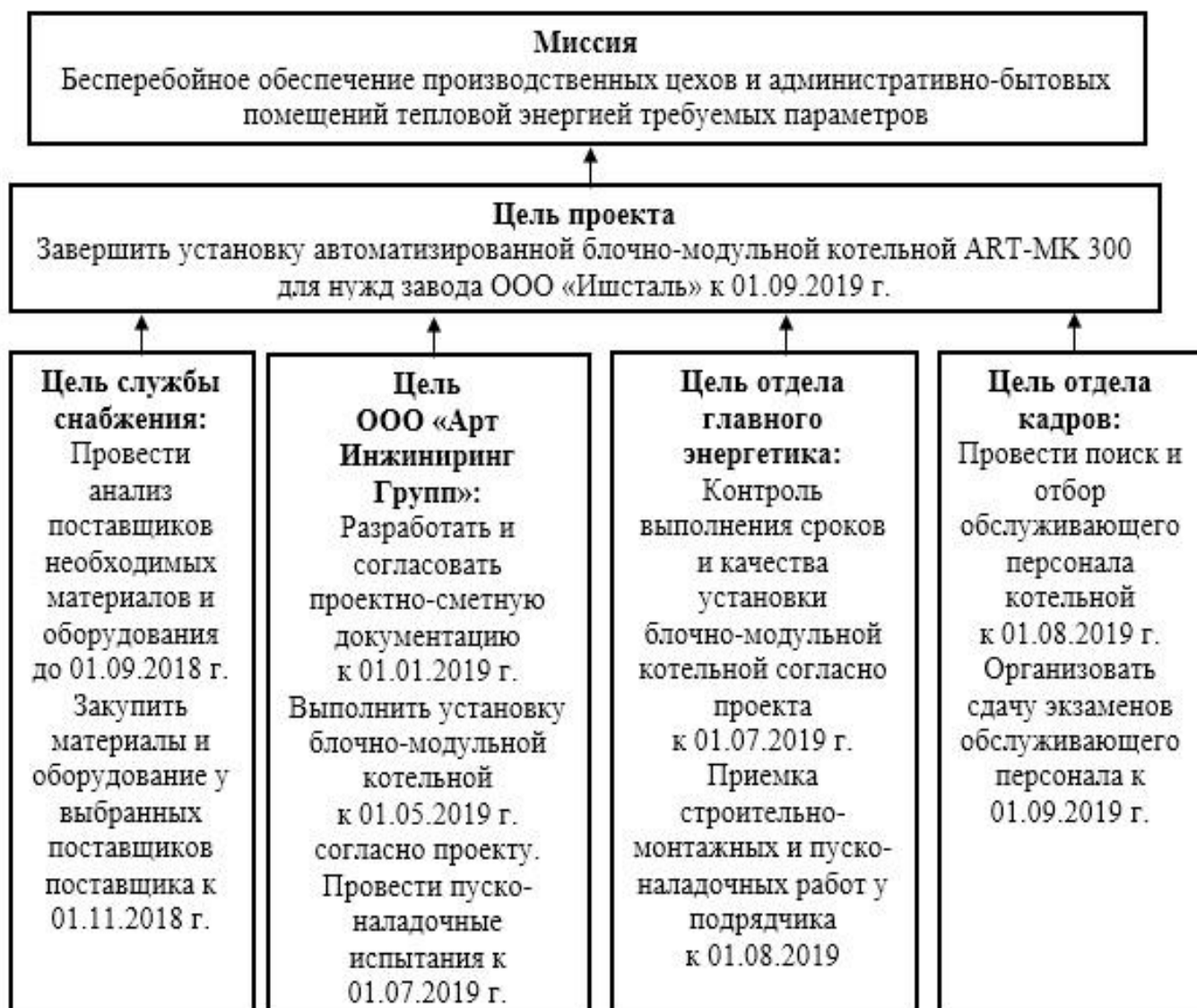


Рисунок 9.3.1 – Дерево целей проекта установки блочно-модульной котельной

9.4 Планирование мероприятий по реализации проекта (график Ганта)

График Ганта является своеобразным стандартом в области управления проектами. График Ганта отражает примерное распределение процессов во времени и их логическую последовательность, должен быть скорректирован и дополнен при детальной проработке проекта изменений.

График Ганта позволяет:

- визуально оценить последовательность задач, их относительную длительность и протяженность проекта в целом;
- сравнить планируемый и реальный ход выполнения задач;

– детально проанализировать реальный ход выполнения задач; на графике отображаются интервалы времени, в течение которых задача: выполнялась, была приостановлена, возвращалась на доработку и т.д.

График отображен в таблице 9.4.1.

Таблица 9.4.1 – График Ганта

Этапы работы	Исполнитель	Количество человек	Продолжительность этапов 01.08.2018 г. по 01.12.2019 г														
			август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август		
Анализ поставщиков необходимых материалов и оборудования	Менеджер отдела снабжения	1															
Закупка материалов и оборудования	Менеджер отдела снабжения	1															
Разработка и согласование проектно-сметной документации	Инженер-проектировщик, ГИП	3															
Установка блочно-модульной котельной	Монтажная группа	5															
Проведение пуско-наладочных испытаний	Инженер-наладчик	2															
Контроль выполнения монтажных и пуско-наладочных работ	Ведущий инженер ОГЭ	1															
Приемка монтажных и пуско-наладочных работ	Главный энергетик	1															
Поиск и отбор обслуживающего персонала	Специалист отдела кадров	1															
Сдача экзаменов обслуживающего персонала	Инженер отдела про-	1															

живающего персонала	мысленной безопасности														
---------------------	------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе предложен источник теплоснабжения для завода ООО «Ишсталь». Предлагается строительство автоматизированной блочно-модульной котельной ART-МК 300 мощностью 13,5 МВт с двумя котлами RS-D5000 и одним RS-D3500 производства компании ООО «Завод Котельного Оборудования» г. Туймазы.

В ходе выполнения работы был произведен сравнительный анализ выбранных котлов серии RS-D, с отечественными аналогами Термотехник ТТ100. Описаны технические характеристики и особенности котлоагрегатов.

Для выбора котлов необходимой мощности был произведен расчет тепловой нагрузки на отопление, вентиляцию и ГВС. Произведен расчет тепловой схемы котельной, рассчитан расход топлива и теплоносителя, произведен расчет объема продуктов сгорания топлива. Дано техническое описание котлов серии RS-D, рассмотрен их принцип действия. На основании расчетов предложено вспомогательное оборудование.

Рассмотрены мероприятия по энергосбережению в отопительных котельных, описана функциональная схема автоматизации и контрольно-измерительных приборов котлов. С целью снижения негативного воздействия на окружающую среду работа содержит выбор и расчет дымовой трубы. Все три котла присоединяются к одной дымовой трубе. В разделе БЖД были проанализированы опасные и вредные производственные факторы. Выполнен технико-экономический выбора оборудования, представлены SWOT-анализ, а так же планы целей предприятия и проекта.

Цели и задачи выпускной квалификационной работы были достигнуты, учтены все особенности работы котельной.

					<i>13.03.01.2018.236.24 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 №116 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 38 от 21 сентября 2015 г.;
- 2 Приказ Минтруда РФ от 17.08.2015 №551н Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок. Опубликовано 07.10.2015 на pravo.gov.ru;
- 3 Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г. N 328н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- 4 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;
- 5 Федеральный закон РФ от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса;
- 6 Федеральный закон РФ от 18 июля 2011 г. №223-ФЗ О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц;
- 7 Приказ Минтруда РФ от 17.08.2015 №551н Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок;
- 8 ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: Издательство стандартов, 2015. – 44 с.;
- 9 ГОСТ31532-2012. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. М.: Госстандарт России, 2012. – 64 с.;
- 10 ГОСТ 31607-2012. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. М.: Стандартиформ, 2013. – 28 с.;
- 11 СН 423-71. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. М.: Минрегион России, 2013. – 37 с.;
- 12 СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012. – 31 с.;
- 13 СП 131.13330.2012. Строительная климатология. М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.;
- 14 СП 89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012. – 38 с.;
- 15 Стандарт НП АВОК 1.05.2012. Условные графические обозначения в проектах отопления, вентиляция, кондиционирование воздуха и теплоснабжения. М.: Москва, АВОК-пресс, 2012. – 24 с.;
- 16 СТО 024947335.4-02-2006. Стандарт организации. Расчет тепловых схем котельных. М.: СантехНИИпроект, 2006. – 84 с.;
- 17 СТО ЮУрГУ 04-2008. Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Челябинск: Изда-

										Лист
										85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.236.24 ПЗ					

тельство ЮУрГУ, 2008. – 57 с.;

18 ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, 2003. М.: Москва, ПИО ОБТ, 2005;

19 МДК 4-03.2001. Методика определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. М.: Госстрой России, 2004. – 51 с.;

20 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.;

21 Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника»: учебное пособие для бакалавров и магистрантов / А. А. Алабугин, Р.А. Алабугина. Ответственный редактор А.А. Алабугин – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 44 с.;

22 Алабугина, Р.А. Выпускная квалификационная работа: структура, требования к оформлению и нормоконтролю: методические указания / Р.А. Алабугина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 43 с.;

23 Артунян, А.А. Основы энергосбережения / А.А. Артунян. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. – 600 с.;

24 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая, и др.; Под общей редакцией С.В. Белова. — 8-е издание, стереотипное – М.: Высшая школа, 2009. — 616 с.;

25 Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.И. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 248 с.;

26 Булкин, А.Е. Автоматическое регулирование энергоустановок – М.:Издательский дом МЭИ, 2009. – 508 с.;

27 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.;

28 Грибанов, А.И. Расчёт дымовой трубы / А.И. Грибанов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. – 22 с.;

29 Зайцев, Н.Л. Экономика, организация и управление предприятием: учебное пособие / Н.Л. Зайцев. – М.: Инфра-М, 2008. – 455 с.;

30 Манюк, В.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник / В.И. Манюк, Каплинский Я.И., Хиж Э.Б. – М.: Либроком, 2009. – 432 с.;

31 Камфер, Г.М. Теплотехника: учебник для вузов / Г.М. Камфер, М.Г. Шатов, К.А.Морозов. – М.: Высшая школа, 2009. – 671 с.;

32 Клименко, А.В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справоч. лист Изм Лист № докум. Подп. Дата 79 13.03.01.2017.269.05 ПЗ ник / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 327 с.;

33 Колесников, А.И. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях / А.И. Колесников, Ю.М. Варфоломеев, М.Н. Федоров. – М.: Инфра – М, 2010. – 160 с.;

					13.03.01.2018.236.24 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

34 Лумми, А.П. Расчет водогрейного котла / А.П. Лумми, В.А. Мунц. – Екатеринбург: Издательство ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009. – 41 с.;

35 Палей, Е.Л. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании котельных / Е.Л. Палей. – СПб.: Питер, 2014. – 144 с.;

36 Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.;

37 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды / П.В. Росляков. – М.: Издательство МЭИ, 2007. – 336 с.;

38 Сидельковский, Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, Ю.Б. Юрьев. – Издательство Бастет, 2009. – 528 с.;

39 Соколов, Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой мощности / Б.А. Соколов. – М.: Academia, 2008, – 64 с.;

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

41 Соколова, Н.А. Аутсорсинг как инструмент сокращения затрат в условиях мирового финансового кризиса / Н.А. Соколова // Экономика, управление и инвестиции: Сборник научных трудов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 95 с.;

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

43 Тупов В.Б. Шумовое воздействие энергетических объектов на окружающую среду и методы его снижения. В справочнике: «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина, Издательство МЭИ, 2004. – 598 с.;

44 Официальный сайт Строительство технологии организация – www.httstopress.ru;

45 Официальный сайт Энергопромстрой завод котельного оборудования – www.energoprom-stroy.ru;

46 Официальный сайт АО «Газовые системы» – www.gassystems.ru;

47 Официальный сайт Приборинвест – www.priborinvest.by;

48 Официальный сайт интернет-магазин сантехники «Сантех-март» – www.stm66.ru.