

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 «Промышленная теплоэнергетика»

Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,

И.о. генерального директора АО «НЭРС»

_____ Л.А. Серебренников

« ____ » _____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

«Промышленная теплоэнергетика»,

к.т.н., доцент

_____ К.В. Осинцев

« ____ » _____ 2019 г.

**РАЗРАБОТКА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ 4-ГО МИКРОРАЙОНА
Г. НЯГАНЬ ХМАО-ЮГРА**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ

«ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»

ЮУрГУ–13.04.01.2019.335.14.ПЗ ВКР

Руководитель магистерской програм-
мы,

д.т.н., профессор

_____ Е.В. Горопов

« ____ » _____ 20__ г.

Научный руководитель,

к.т.н., доцент

_____ К.В. Осинцев

« ____ » _____ 20__ г.

Автор работы,

магистрант группы ПЗ-389

_____ М.М. Мефодий

« ____ » _____ 20__ г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Мефодий М.М. Разработка источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань ХМАО-Югра. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ; 2019, 90 с., 5 ил., библиогр. список – 44 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 2 демонстрационных листа ф. А1.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань ХМАО-Югра.

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы состоит 90 страниц, включает в себя иллюстрации, таблицы. Используются материалы источников технической и специальной литературы.

Предложено технологическое решение совместной работы котла Термотехник ТТ100-5000 с контактным теплообменником с активной насадкой, что повысит теплопроизводительность котельной для обеспечения теплом потребителей. Выполнен тепловой расчет котла ТТ100-5000, расчет объемов воздуха и газов, расчет контактного теплообменника с активной насадкой на основе которых произведен выбор КТАН-УГ-1,5.

В экономической части выпускной квалификационной работы проведен расчет и анализ капитальных и текущих затрат при реализации, а также технико-экономическое обоснование данного проекта.

Графическая часть выполнена с применением AutoCAD – системы автоматизированного проектирования на 7 листах формата А1.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РАЗРАБОТКИ ИСТОЧНИКА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ 4-ГО МИКРОРАЙОНА Г. НЯГАНЬ ХМАО-ЮГРА.....	8
1.1 Описание и род деятельности АО «НЭРС».....	8
1.2 Описание основного и вспомогательного оборудования котельной «4 мкр».....	8
1.2.1 Технические данные и характеристики котельной «4 мкр».....	8
1.2.2 Состав котельной «4 мкр».....	9
1.2.3 Описание котла Термотехник ТТ100.....	10
1.3 Обоснование разработки источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань ХМАО-Югра	12
1.4 Расчет тепловой нагрузки на отопление 4-го микрорайона	14
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	16
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ.....	17
4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЛА ТЕРМОТЕХНИК ТТ100-5000.....	19
4.1 Расчет объема воздуха для горения и состава продуктов сгорания топлива	19
4.2 Объемы газов, объемные доли трехатомных газов	19
4.3 Тепловой баланс котельного агрегата и определение расхода топлива.....	22
5 ОПИСАНИЕ КОСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ КОНТАКТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С АКТИВНОЙ НАСАДКОЙ	25
5.1 Описание конструкции контактного теплообменника типа КТАН.....	25
5.2 Совместная работа КТАН и котельного агрегата.....	27
6 РАСЧЕТ И ВЫБОР КОНТАКТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С АКТИВНОЙ НАСАДКОЙ	28
6.1 Расчет параметров дымовых газов на входе в КТАН	28
6.2 Теплобалансовый расчет КТАН	31
6.3 Расчет поверхности теплообмена.....	33
7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	37
8 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ	40
8.1 Влияние теплообмена в топке котла на величину вредных выбросов в атмосферу.....	40
8.2 Проверка соответствия высоты дымовой трубы необходимой степени рассеивания вредных веществ	41
8.3 Очистка сточных вод	47
8.4 Характеристика сточных вод котельной «4мкр».....	48
9 АВТОМАТИЗАЦИЯ – ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА.....	51
10 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	55
10.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	55
10.2 Характеристика воздействия выявленных ОВПФ на организм человека.....	56
10.3 Нормирование ОВПФ	57

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

10.3.1. Микроклимат рабочей зоны	57
10.3.2 Освещение	60
10.3.3 Виброакустические факторы	60
10.4 Безопасность производственных процессов и оборудования	62
10.4.1 Требования к производственным зданиям, сооружениям и оборудованию котельной	62
10.4.2 Электробезопасность	64
10.4.3 Пожаровзрывобезопасность	66
10.5 Эргономика производства, эстетика и культура	67
10.6 Выводы	68
11 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	69
11.1 Определение экономической эффективности проекта разработки источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань	69
11.1.1 Капитальные затраты на разработку источника теплоснабжения 4-го микрорайона	69
11.1.2 Расчет текущих затрат	71
11.1.3 Расчет срока окупаемости модернизации	78
11.2 Анализ поля сил	79
11.3 SWOT – анализ вариантов проекта модернизации водогрейной котельной	80
11.4 Планирование целей предприятия проекта	82
11.4.1 Планирование целей предприятия в пирамиде целеполагания	83
11.4.2 Планирование целей проекта в дереве целей	84
11.5 Ленточный график Ганта	85
11.6 Основные технико-экономические показатели проекта	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	88

Теплоэнергетика и электроэнергетика играет ведущую роль в развитии всех отраслей народного хозяйства. Согласно Энергетической стратегии России на период до 2030 года важнейшими целями являются определение путей и формирование условий функционирования энергетического сектора для обеспечения социально-экономического развития страны – качественного улучшения условий жизни населения и возрождения России, радикальное снижение удельных затрат на энергосбережение, обеспечение энергетической безопасности страны, создание системы государственного мониторинга функционирования энергетического сектора России.

Исходя из этих целей, Энергетическая стратегия до 2030 года определяет приоритеты, направления и средства структурной, региональной, научно-технической и экологической политики в энергообеспечении страны. Ее высшим приоритетом, попрежнему остается повышение эффективности использования энергии, как средства снижения энергоемкости производства и в целом затрат общества на свое энергообеспечение, уменьшение вредного воздействия энергетических объектов на окружающую среду, а также реализация концепции устойчивого стабильного развития и энерготехнологического совершенствования производительных сил страны для повышения их экономической эффективности и конкурентоспособности.

Поскольку большинство цен на оборудование в России практически приблизились к мировым, а цена на энергоресурсы в наше время существенно ниже мировых, то большинство решений, эффективных по потенциалу энергосбережения и реализуемых за рубежом, в России имеют неблагоприятные, по мнению потенциальных инвесторов, показатели.

Анализ технического состояния оборудования АО «Няганские энергетические ресурсы» и других теплоснабжающих предприятий в небольших городах и в районах крайнего севера России показывает, что в основном эксплуатируемое оборудование, проработавшее длительное количество времени, имеет пониженные технико-экономические показатели.

В настоящее время промышленность России интенсивно развивается и все больше нуждается в тепловой энергии. Застраиваются и расширяются города и производственные комплексы, что предопределяет техническое перевооружение теплоэнергетических предприятий и ввод в эксплуатацию нового и более мощного оборудования.

Основной задачей данной выпускной квалификационной работы является разработка источника теплоснабжения четвертого микрорайона города Нягань Ханты-Мансийского Автономного Округа.

Предложено технологическое решение совместной работы котла Термотехник ТТ-100 с контактным теплообменником с активной насадкой, что повысит теплопроизводительность котельной для обеспечения теплом потребителей четвертого микрорайона города Нягань. Произведен расчет и выбор КТАН.

В настоящее время в небольших городах и районах Ханты-Мансийского Автономного Округа, а также в рассматриваемом в выпускной квалификационной работе городе Нягань существуют проблемы в системе теплоснабжения, возникающих из-за следующих факторов:

- большая протяженность сетей от источника до потребителя;

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

– дефицит тепловых мощностей котельных, связанный с новым строительством и увеличением жилищного фонда городов и повышения тепловой нагрузки потребителей;

– моральный и физический износ существующего оборудования котельных, который вызывает острую необходимость их модернизации.

Объектом исследования ВКР является котельная микрорайона №4 города Нягань.

Цель работы – разработка проекта модернизации рассматриваемой котельной.

Задачи работы:

– анализ существующей схемы и оборудования котельной 4-го микрорайона;
– предложения схемы модернизации;
– определение тепловых нагрузок на отопление, выполнение теплового расчета котлов ТТ-100, расчет и выбор контактного теплообменника с активной насадкой;

– определение экономической эффективности предлагаемой модернизации и расчета срока окупаемости;

– поверочный расчет существующей дымовой трубы котельной.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

1.1 Описание и род деятельности АО «НЭРС»

По состоянию на 01.01.2018 г. В муниципальном образовании город Нягань Ханты-Мансийского автономного округа – Югры преобладает централизованное теплоснабжение от 17 котельных, эксплуатируемых АО «Няганские энергетические ресурсы» (далее по тексту – АО «НЭРС») и находящихся в муниципальной собственности, а также 1 котельной ОАО «Югорская коммунальная эксплуатирующая компания-Нягань».

На границе муниципального образования город Нягань Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (рядом с микрорайоном Энергетиков) находится промышленная площадка Няганской ГРЭС. Няганская ГРЭС – электрическая станция, входящая в состав ОАО «Фортум» и введенная в эксплуатацию в 2013-2014 годах. На данный момент Няганская ГРЭС осуществляет выработку электрической энергии в конденсационном режиме.

Котельные АО «НЭРС» с суммарной установленной мощностью 365,11 Гкал/ч осуществляют теплоснабжение во всех районах города.

АО «НЭРС» эксплуатирует тепловые сети, запитанные от собственных котельных. Протяженность тепловых сетей АО «НЭРС» в двухтрубном исчислении составляет 179,8 км.

Установленная тепловая мощность котельных АО «НЭРС» составляет 365,11 Гкал/ч, в том числе основных котлов – 261,77 Гкал/ч, резервных - 103,34 Гкал/ч.

По данным АО «НЭРС» часть котельного оборудования имеет ограничения установленной тепловой мощности, связанные с реальными условиями эксплуатации и состоянием основного и вспомогательного оборудования.

1.2 Описание основного и вспомогательного оборудования котельной «4 мкр»

1.2.1 Технические данные и характеристики котельной «4 мкр»

Котельная предназначена для теплоснабжения микрорайона №4 ж.р. Центральный г. Нягань. Котельная может быть использована как временный, так и постоянный источник теплоснабжения.

Котельная предназначена для эксплуатации в районах с умеренным и холодным климатом.

Три котла «ТТ100-5000» оборудованные автоматизированными блочными газовыми горелками производства "СІВ UNIGAS" типа P520A. Один котел «ТТ100-6500» оборудованный автоматизированной блочной газо-дизельной горелкой производства "СІВ UNIGAS" типа HP525A.

Котельная оснащена насосным оборудованием, отопительными агрегатами «Volcano», запорно-регулирующей арматурой, контрольно-измерительными приборами и автоматикой.

Основные технические данные, параметры, характеристики и показатели качества приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные показатели качества котельной

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						10
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Наименование показателей	Величина
1	2
Номинальная теплопроизводительность, МВт	21,5
Низшая теплота сгорания расчетного топлива, ккал/м ³	8100
Максимальная температура прямой сетевой воды на выходе, °С, не более	115
Номинальная температура прямой сетевой воды на выходе, °С	95
Номинальная температура обратной сетевой воды на входе, °С	70
Максимальное рабочее давление сетевой воды на выходе, МПа	1,0
Максимальный расход холодной воды, м ³ /час	10
Расход газа максимальный, нм ³ /час, не более	2534
Давление газа на вводе в котельную, МПа, не более	0,3
Давление газа присоединительное перед горелкой котла, кПа	30
Диапазон позиционного регулирования теплопроизводительности котельной по отношению к номинальной, %	10-100
Масса котельной без дымовой трубы, т не более	100
Высота дымовой трубы, м	40
Диаметры газоходов, Ду, мм	3x650
Диаметр газоходов, Ду, мм	1x800
КПД котлов (каждого), %	92
Удельные выбросы оксидов при сжигании расчетного топлива, мг/м, не более	
- азота	250
- углерода	117
Время срабатывания защитных устройств автоматики, с, не более	1
Допустимая скорость изменения нагрузки, %/мин	40
Потребляемая электрическая мощность, кВт	220
Напряжение силовой сети, В	380

1.2.2 Состав котельной «4 мкр»

Котельная представляет собой технологический комплекс, состоящий из ряда транспортабельных блок-контейнеров с расположенным внутри технологическим оборудованием и трубопроводами, деталей и промежуточных элементов соединения контейнеров между собой и дымовой трубы.

Здание котельной состоит из 7-ми блок-контейнеров размерами 12000/22400/4300 и 2-х блок-контейнеров 12000/3000/4300 (длина/ширина/высота). Во время монтажа блок-контейнеры устанавливаются на фундамент и стыкующихся между собой, образуя единое здание. В стеновых панелях имеются дверные проемы и оконные проемы для естественного освещения рабочих мест и мест обслуживания оборудования.

В блок-контейнере №1 установлен подпилочный бак, установка умягчения воды, установка осадочная, установка дозирования реагента, установка

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

Лист

11

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

В блок-контейнере №2 установлен один теплообменник отопления P80-109-1-E «АЭСМ» мощностью 7,5 МВт, четыре сетевых насоса наружного контура марки IL 150/300-30/4, два циркуляционных насоса ГВС IL-E 80/8-42 BF, два подпилочных насоса марки MVI 1603.

В блок-контейнере №3 установлены два теплообменника отопления FP80-109-1-E «АЭСМ» мощностью 7,5 МВт, два теплообменника ГВС FP205-37-ГЕН «АЭСМ» мощностью 3,25 МВт.

В блок-контейнере №4 установлен водогрейный котел марки «ТТ 100-5000», один сетевой насос внутреннего контура марки IL 150/260-18,5/4.

В блок-контейнере №6 установлен водогрейный котел марки «ТТ 100-5000», один сетевой насос внутреннего контура марки IL 150/260-18,5/4.

В блок-контейнере №7 установлен водогрейный котел марки «ТТ 100-5000», один сетевой насос внутреннего контура марки IL 150/260-18,5/4, два расширительных бака «Reflex G».

В блок-контейнере №8 установлен один сетевой насос внутреннего контура марки IL 150/260-18,5/4.

В блок-контейнере №9 установлен водогрейный котел марки «ТТ100-6500», газорегуляторная установка.

Дымовая труба устанавливается снаружи котельной на собственном фундаменте. Труба выполнена по технологии фермового типа крепятся на прочной самонесущей ферме. Ферма крепится к анкерной корзине, которая заливается в фундамент. Высота дымовой трубы 40 м.

1.2.3 Описание котла Термотехник ТТ100

Котлы серии Термотехник тип ТТ100 – это трехходовые водогрейные газотрубные котлы, изготавливаются мощностью от 1,0 до 16,5 МВт.

На фронтальной крышке каждого котла прикреплен заводская табличка с маркировкой паспортных данных в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см²), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 °С)».

Котлы Термотехник типа ТТ100 используются для обеспечения технологических процессов различного назначения. Область применения: стационарные, блочно-модульные и транспортабельные котельные, используемые в закрытых системах теплоснабжения. Котлы могут перевозиться железнодорожным, автомобильным и водным транспортом в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на каждом виде транспорта. Поставка котлов осуществляется в собранном виде одним транспортабельным блоком. Гарантийный срок при соблюдении условий транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации – 36 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 42 месяцев со дня отгрузки с завода-изготовителя.

Серия котлов Термотехник ТТ100 производится в диапазоне мощности от 1000 кВт до 5000 кВт. Водогрейный котел ТТ100 выполнен из стали, в трехходовом газотрубно-дымогарном исполнении, топка работает под наддувом. Котел предназначен для выработки горячей воды, максимальная температура которой 115 °С при рабочем давлении 0,6 МПа. Дымогарные трубы образуют

											Лист
											12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2018.14.335 ПЗ						

конвективные поверхности нагрева, расположены они симметрично по отношению друг к другу вокруг камеры сгорания. Задняя трубная доска и торосферическое днище образуют первую поворотную камеру, которая, в свою очередь, полностью омывается водой. Передняя трубная доска и фронтальная дверь котла образуют вторую повороную камеру. Фронтальная крышка при необходимости открывается с встроенной в нее горелкой. При ее открытии обеспечивается легкий доступ к камере сгорания и дымогарным трубам при ремонте и очистке котла и его поверхностей. Осмотр и очистка первой поворотной камеры производится через камеру сгорания. На верхней части котла предусмотрены смотровые люки. Входные и патрубки выхода воды находятся сверху котла, так же и аварийные патрубки. Отвод дымовых газов находится в верхне части задней стенки котла. Теплоизоляция котла выполнена из минераловатных матов толщиной 100 мм. Корпус обшит алюминиевым листом.

Общий вид котла ТТ100 изображен на рисунке 1.1.

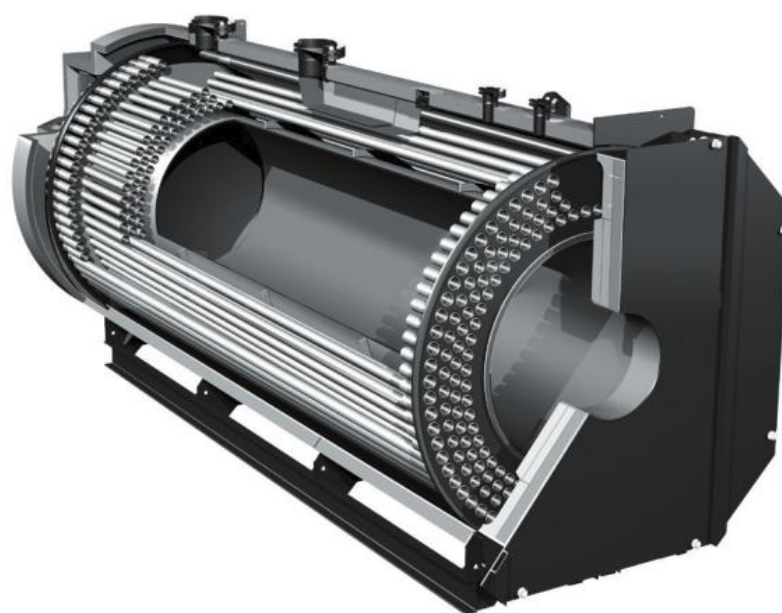


Рисунок 1.1 – Общий вид котла ТТ100

Технические характеристики котла ТТ100-5000 сведены в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Основные технические характеристики котла ТТ100 – 5000

Характеристика	Величина
1	2
Номинальная тепловая мощность, кВт (МВт)	5000 (5,0)
Максимальное избыточное давление воды, Мпа	0,6
Максимальная температура воды на выходе из котла, °С	115
Минимальная температура воды на входе в котла, °С	60
Расход воды номинальный для $\Delta t=15$ °С, м ³ /ч	287
Гидравлическое сопротивление водяного тракта при расходе	3,7

теплоносителя для $\Delta t=15$ °С, кПа	
Расход дымовых газов, кг/с	2,25
Аэродинамическое сопротивление газового тракта для максимальной мощности, кПа	1,2
КПД котла (зависит от температуры и нагрузки котла), %	91,35 – 92,75
Объем топки котла, м ³	4,270
Водяной объем котла, м ³	6,4
Масса сухого котла (допуск на массу 4,5%), кг	10440

1.3 Обоснование разработки источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань ХМАО-Югра

В настоящее время отопление центральных микрорайонов № 1,2,3 и 4 осуществляется от котельных «Восточная» и «Южная», эксплуатируемых АО «НЭРС».

Необходимость реконструкции котельной «4 мкр» вызывается требованиями покрытия тепловых нагрузок промышленных и коммунально-бытовых потребителей. Поэтому требуется проектировать и строить новые мощные котельные, оснащенные современным оборудованием, средствами измерениями и автоматического управления теплоэнергетическим процессом.

Следуя Энергетической стратегии России на период до 2030 года необходимо не только строительство новых котельных, но и наращивание мощностей уже существующих.

В рамках вышеуказанной стратегии предусматривается умеренный рост 2010-2030 гг. средних расходов на топливо- и энергообеспечение населения при опережающем увеличении реальных располагаемых доходов населения. Экспорт энергетических ресурсов может возрасти к 2030 г. На 35-56%, что соответствует требованиям устойчивости платежного баланса страны, укрепления её экономического положения и геополитического влияния, и учитывает интересы последующих поколений населения России.

Территориальное расположение 4 микрорайона находится на «хвостовике» отопительных сетей на расстоянии 2250 м от котельных. Учитывая большую протяженность сетей к центральному району города и их неудовлетворительное состояние, приводящее к большим потерям тепла и как следствие сложности наладки гидравлического напора теплоснабжения микрорайонов - все это ведет к несоблюдению температурного режима потребителей.

В связи с этим повышается количество сжигаемого топлива на котельных, что снижает эффективность производства и повышает затраты на выработку тепла.

В соответствии с расчетом тепловых нагрузок потребителей тепла котельной 4 микрорайона г. Нягань расчетная тепловая нагрузка на отопление составляет 11,6 Гкал/ч. Суммарное годовое потребление тепла - 101616 Гкал/год.

Для покрытия расчетной мощности и создания надежной системы теплоснабжения предусматривается установка трех котлов марки Термотехник ТТ100-5000 производительностью 4,3 Гкал/ч каждый и один ТТ100 производительностью 4,8 Гкал/ч работающие на природном газе.

Котлы ТТ 100-5000 располагаются в новом блочном здании котельной и

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

обеспечиваются всеми видами материально-технического оборудования, связи, сигнализации.

Принимается закрытая двухтрубная система теплоснабжения. Теплоноситель на отопление - вода с температурой 95/70 °С. Горячее водоснабжение осуществляется от водо-водяного теплообменника. Подпитка тепловой сети осуществляется из водопровода. Контроль количества подпиточной воды и воды, идущей на горячее водоснабжение осуществляется по водомерным счетчикам. В котельной предусмотрена ингибиторная химводоочистка под-питочной и горячей воды.

Работа котельной предусмотрена в автоматическом режиме без присутствия обслуживающего персонала.

Предлагается использование контактного теплообменника с активной насадкой (далее КТАН) в совместной работе с водогрейным газовым котлом Термотехник ТТ100, что приведет к повышению тепловой мощности котельной и покрытие тепловой нагрузки как существующих, так и новых объектов строительства 4-го микрорайона.

В перспективе, требуется полный перевод всего 4-го микрорайона на тепловые сети от котельной «4 мкр», что влечет за собой прокладка новых сетей отопления и горячего водоснабжения.

При этом будет стабилизирована подача тепловой энергии к потребителю в нужном количестве и качестве, а также сокращены расходы на топливо и ремонт старого оборудования.

Данный проект разработки источника теплоснабжения четвертого микрорайона в целом отвечает основным приоритетным направлениям развития теплоэнергетики.

1.4 Расчет тепловой нагрузки на отопление 4-го микрорайона

На 01.01.2018 г. в 4-ом микрорайоне города Нягань находится 1 школа искусств, 1 детский сад, 25 пятиэтажных жилых домов, 23 двенадцатиэтажных жилых домов, 10 трехэтажных магазинов, 2 двухэтажных магазина.

Расчет тепловой нагрузки производится только на отопление существующих зданий и без учета новых строящихся объектов, а также без объектов в перспективе на строительство.

Исходные данные для расчета тепловой нагрузки на отопление сведены в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Исходные данные для расчета тепловой нагрузки на отопление

Наименование здания	Объем, м ³	Тепловая отопительная хар-ка здания, Вт/м ³ ·ч·°С	Внутренняя температура здания, °С	Поправочный коэффициент
Школа искусств – 1 шт.	20000	0,3	18	0,95
Детский сад – 1 шт.	35200	0,3	18	0,95
Жилой дом (9 этажей) – 25 шт.	194400	0,5	20	0,95
Жилой дом (12 этажей) – 23 шт.	238464	0,5	20	0,95

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

Лист

15

Магазин (2 этажа) – 2 шт.	6912	0,5	15	0,95
Магазин (3 этажа) – 10 шт.	51840	0,5	15	0,95

Тепловая нагрузка на отопление при средней наружной температуре $t_{н} = -35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ определяется по формуле, Вт (1.1):

$$Q_{от} = \alpha \cdot q_{от} \cdot V(t_{н} - t_{вн}), \quad (1.1)$$

где α – поправочный коэффициент, применяемый когда расчетная температура наружного воздуха для жилых и общественных зданий отличается;

$q_{от}$ – тепловая отопительная характеристика зданий, Вт/м³·ч·°C;

V – объем здания, м³

$$Q_{от(1)} = 0,95 \cdot 0,3 \cdot 20000(35 + 18) = 302100 \text{ Вт},$$

$$Q_{от(2)} = 0,95 \cdot 0,3 \cdot 35200(35 + 18) = 531696 \text{ Вт},$$

$$Q_{от(3)} = 0,95 \cdot 0,5 \cdot 194400(35 + 20) = 5078700 \text{ Вт},$$

$$Q_{от(4)} = 0,95 \cdot 0,5 \cdot 238464(35 + 20) = 6229872 \text{ Вт},$$

$$Q_{от(5)} = 0,95 \cdot 0,5 \cdot 6912(35 + 15) = 164169 \text{ Вт},$$

$$Q_{от(6)} = 0,95 \cdot 0,5 \cdot 51840(35 + 15) = 1231200 \text{ Вт},$$

$$Q_{от} = \sum Q_{от(1,2,3,4,5,6)} = 13,5 \text{ МВт} = 11,6 \text{ ГКал/ч}.$$

Из расчетов можно сделать вывод, что при полном переводе сетей отопления, горячего водоснабжения и вентиляции 4-го микрорайона на котельную «4 мкр» тепловая нагрузка не будет покрыта мощностью котельной. В дополнении к этому в данном районе ведется активная застройка новых жилых домов. В перспективе соседнее вагонообразование «Вагон-городок» после ликвидации будет застроено новыми зданиями, что повлечет за собой необходимость в дополнительных тепловых нагрузках.

											Лист
											16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2018.14.335 ПЗ						

Выпускная квалификационная работа выполнена в соответствии с СП 89.13330.1012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76 [15], ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [11].

В спецчасти работы выполнено большое количество технических расчетов. Расчет тепловых нагрузок на отопление производится по климатологическим данным г. Нягань согласно СНиП 23-01-99*. Строительная климатология [13].

Обязательным нормативным документом для дипломного проектирования служит Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [1], распоряжения Правительства РФ «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». Стратегия направлена на эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций [2].

Тепловой расчет котельного агрегата выполнен, руководствуясь Нормативным методом «Тепловой расчет котлов» [36].

Раздел экологии разработан при использовании учебника П.В. Рослякова «Методы защиты окружающей среды» [32]. Поверочный расчет дымовой трубы произведен на основании Методики расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе от выбросов предприятий [30], а также согласно учебному пособию Е.Я. Соколова «Теплофикация и теплоснабжение» [31].

Основным нормативным документом для разработки раздела автоматизации является ГОСТ 21.404-85. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах [9].

При разработке мероприятий по охране труда и технике безопасности, основными нормативными документами являются:

– ГОСТ 12.0.003-80. Опасные и вредные производственные факторы. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1980 [3];

– ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006[4];

– ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988[5];

– ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ И – 01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007[6];

– ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001[7].

Экономико-управленческий раздел ВКР выполнен на основании учебного пособия по выполнению дипломного проекта для студентов энергетического факультета Алабугина А.А. [17] и при использовании учебника для ВУЗов «Экономика предприятий энергетического комплекса» Самсонова В.С. [33].

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Современные мировые тенденции таковы, что производство котельных агрегатов является лидирующей отраслью по инновациям в энергетике. В настоящее время российские технологии производства промышленных водогрейных котлов не отстают от зарубежных производителей.

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

Котельные установки российских заводов ниже по стоимости, но по техническим параметрам и качеству не уступают импортным аналогам.

Водогрейные газовые котлы используются для отопления и горячего водоснабжения промышленных и жилых помещений. Такие котлы имеют большие преимущества при их эксплуатации:

- относительно дешевое и экологичное топливо;
- низкий уровень выбросов в атмосферу;
- работа без дымохода;
- низкие требования к качеству воды;
- высокий КПД.

На российском рынке наблюдается большой интерес к водогрейным газовым отопительным котлам, производимыми зарубежными фирмами. Данная тенденция обусловлена репутацией иностранных производителей. Складывается мнение о большей надежности, безопасности и функциональности импортной продукции в сравнении с отечественной. Однако примеры современных российских предприятий показывают, что качество и технические характеристики оборудования, разработанного специалистами нашей страны, не уступают зарубежным.

Сравнение технических характеристик двух водогрейных котлов одинаковой мощности отечественного и импортного производства: Термотехник ТТ100-5000 и Wolf Duootherm 5000, сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Сравнение технических характеристик Термотехник ТТ100-5000 и Wolf Duootherm 5000

Наименование показателя	Величина	
	ТТ100-5000	Wolf Duootherm 5000
1	2	3
Номинальная теплопроизводительность, МВт	5000	5200
КПД котла, %, не менее	92	92
Температура воды на выходе, °С	115	115
Температура воды на входе, °С	60	70

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
Давление воды рабочее, МПа	0,6	0,6
Температура уходящих газов, °С,	140	180

не более		
Объем топки, м ³	4,27	-
Водяной объем котла, м ³	6,4	7,4
Масса, кг	12000	13400

Проанализировав технические характеристики двух котлов, можно сделать вывод, что отечественный ТТ100-5000 не только не уступает импортному Wolf Duotherm 5000, но и имеет более высокий КПД и возможность его увеличения, более экологичен и экономически целесообразен.

4 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЛА ТЕРМОТЕХНИК ТТ100-5000

4.1 Расчет объема воздуха для горения и состава продуктов сгорания топлива

Термотехник ТТ100-5000 – автоматизированный водогрейный котел газотрубно-дымогарного типа, топка работает под наддувом. В качестве основного топлива используется природный газ. Вода выполняет роль теплоносителя. Целью теплового расчета является определение КПД котла и

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

Состав топлива сведен в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Состав топлива

Наименование месторождения	Состав газа по объему, %							Q _н , ккал/м ³
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂	
Газопровод Уренгой-Урал	94,2	2,8	0,4	0,1	0,1	0,4	2,0	8100

4.2 Объемы газов, объемные доли трехатомных газов

Рассчитаем теоретически необходимый объем воздуха для полного сгорания 1 м³ газообразного топлива при $\alpha = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ по формуле (4.1):

$$V^0 = 0,0476 \cdot [0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum (m + 0,25 \cdot n) \cdot C_m H_n - O_2], \quad (4.1)$$

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

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

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

– теоретический объем трехатомных газов (4.2):

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot [CO_2 + CO + \sum m \cdot C_m H_n], \quad (4.2)$$

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

– теоретический объем двухатомных газов (4.3):

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,01 \cdot N_2, \quad (4.3)$$

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

– теоретический объем водяных паров (4.4):

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot [H_2S + H_2 + \sum 0,5 \cdot n \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{2.мл.}] + 0,0161 \cdot V^0, \quad (4.4)$$

где $d_{2,мл}$ — влагосодержание топлива, отнесенное к 1 м^3 сухого газа, при $t_{2,мл} = 10^\circ \text{C}$ $d_{2,мл}$ можно принять равным 10 г/м^3 .

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

Конструкция котла выполнена в газоплотном исполнении, то есть присосов воздуха нет, коэффициент избытка воздуха в поверхностях нагрева примем $\alpha = 1,1 = \text{const}$.

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

– действительный объем трехатомных газов (4.5):

$$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (4.5)$$

$$V_{R_2} = 7,604 + (1,1 - 1) \cdot 9,6 = 8,12 \text{ м}^3/\text{м}^3;$$

– действительный объем водяных паров (4.6):

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (4.6)$$

$$V_{H_2O} = 2,16 + 0,0161 \cdot (1,1 - 1) \cdot 9,6 = 2,17 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Сумарный объем дымовых газов (4.7):

$$V_z = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O}, \quad (4.7)$$

$$V_z = 1,023 + 8,12 + 2,17 = 11,47 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Объемная доля сухих трехатомных газов (4.8):

$$r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_z, \quad (4.8)$$

$$r_{RO_2} = 1,023 / 11,47 = 0,09.$$

Объемная доля водяных паров (4.9):

$$r_{H_2O} = V_{H_2O} / V_z, \quad (4.9)$$

$$r_{H_2O} = 2,168 / 11,47 = 0,19.$$

Сумарная объемная доля всех трехатомных газов (4.10):

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}, \quad (4.10)$$

$$r_n = 0,09 + 0,19 = 0,28.$$

Характеристика продуктов сгорания представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Обозначение величины	Единицы измер.	Топка	Конвект. пучок
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, α''	–	1,1	1,05
Коэффициент избытка воздуха средний, α_{cp}	–	1,1	1,05
Действительный объем трехатомных газов, V_{R_2}	м ³ /м ³	8,12	8,12
Действительный объем водяных паров, V_{H_2O}	м ³ /м ³	2,17	2,17
Сумарный объем дымовых газов, V_c	м ³ /м ³	11,47	11,47
Объемная доля сухих трехатомных газов, r_{RO_2}	–	0,09	0,09
Объемная доля водяных паров, r_{H_2O}	–	0,19	0,19
Сумарная объемная доля всех трехатомных газов, r_n	–	0,28	0,28

Расчет теплосодержания продуктов сгорания представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Теплосодержание продуктов сгорания в газоходах

$\vartheta, ^\circ C$	$I_e^0, \text{кДж/м}^3$	$I_c^0, \text{кДж/м}^3$	$I, \text{кДж/м}^3$			
			$\alpha_m'' = 1,05$		$\alpha_{kn}'' = 1,05$	
			I	ΔI	I	ΔI
30	379,47	–	–	–	–	–
100	1284,36	1506,592	1570,810	–	1570,810	–
200	2588,18	3037,286	3166,695	1595,885	3166,695	1595,885
300	3921,19	4611,044	4807,104	1640,409	4807,104	1640,409
400	5273,66	6228,068	6491,751	1684,648	6491,751	1684,648
500	6655,32	7882,852	8215,618	1723,867	8215,618	1723,867
600	8075,9	9573,75	9977,545	1761,927	9977,545	1761,927
700	9525,67	11308,86	11785,15	1807,603	11785,15	1807,603
800	10994,9	13104,13	13653,88	1868,728	13653,88	1868,728

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

Лист

22

900	12464,13	14928,83	15552,03	1898,158	15552,03	1898,158
1000	13972,28	16791,65	17490,26	1938,232	17490,26	1938,232
1100	15519,35	18658,63	19434,59	1944,330	19434,59	1944,330
1200	17066,42	20531,86	21385,18	1950,584	21385,18	1950,584
1300	18788,63	21422,05	22361,48	976,3025	22361,48	976,3025
1400	20199,48	24426,4	25436,38	3074,899	25436,38	3074,899
1500	21785,47	26377,31	27466,58	2030,202	27466,58	2030,202
1600	23381,19	28360,14	29529,20	2062,624	29529,20	2062,624
1700	24967,18	30356,93	31605,29	2076,087	31605,29	2076,087
1800	26553,17	32372,37	33700,02	2094,734	33700,02	2094,734
1900	28187,81	34408,7	35818,09	2118,064	35818,09	2118,064
2000	29812,72	36435,92	37926,55	2108,466	37926,55	2108,466
2100	31515,47	38487,35	40063,13	2136,572	40063,13	2136,572

4.3 Тепловой баланс котельного агрегата и определение расхода топлива

Расчет производится для определения расхода топлива, тепловых потерь и уточнения КПД котельного агрегата. Тепловой баланс составляем в расчете на 1 м³ располагаемой теплоты.

Располагаемая теплота топлива расчиывается по формуле (4.11):

$$Q_p^p = Q_H^p + Q_{B.BH} + i_{ml}, \quad (4.11)$$

$$Q_p^p = 33939 + 0 + 0 = 33939 \text{ кДж/кг.}$$

Потери тепла с уходящими газами, % (5.12):

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{xв}) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}, \quad (4.12)$$

где I_{yx} - энтальпия уходящих газов по таблице (4.3) при температуре уходящих газов 140 °С (по паспорту котла);

$I_{xв}$ - энтальпия холодного воздуха по таблице (4.3) при температуре холодного воздуха 30 °С (принимается);

q_4 - потери тепла от механического недожога, при горении газа $q_4 = 0$ % [36],

$$q_2 = \frac{(2641,23 - 1,1 \cdot 379,47) \cdot (100 - 0)}{33939} = 6,6 \text{ \% .}$$

Потери тепла от химического недожога принимаем по таблице 4-5 [36]:

$$q_3 = 0 \text{ \% .}$$

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Потери тепла в окружающую среду от наружного охлаждения принимаем по таблице 3-1 [36] с учетом, что котел в легкой обмуровке:

$$q_3 = 0,5 \%$$

Сумма тепловых потерь, % (4.13):

$$\sum q = q_2 + q_3 + q_4 + q_5, \quad (4.13)$$

$$\sum q = 6,6 + 0 + 0 + 0,5 = 7,1 \%$$

КПД котла, % (4.14):

$$\eta_{ка} = 100 - \sum q, \quad (4.14)$$

$$\eta_{ка} = 100 - 7,1 = 92,9 \%$$

Коэффициент сохранения тепла (4.15):

$$\phi = 1 - \frac{q_5}{\eta_{ка} + q_5}, \quad (4.15)$$

$$\phi = 1 - \frac{0,5}{92,9 + 0,5} = 0,995$$

Расход питательной воды через котел, кг/с (4.16):

$$G = \frac{Q_{КА} \cdot 10^3}{(i'' - i')}, \quad (4.16)$$

где $Q_{КА}$ - тепловая мощность котла, МВт (по паспорту котла);

i' - энтальпия питательной воды на входе в котел при температуре $t' = 60$ °С (по техническим характеристикам котла);

i'' - энтальпия питательной воды на выходе из котла при температуре $t'' = 115$ °С (по техническим характеристикам котла);

$$G = \frac{5 \cdot 10^3}{(481,5 - 251,22)} = 21,7 \text{ кг/с}$$

Полный расчет топлива, м³/с (4.17):

$$B = \frac{Q_{КА}}{\eta_{КА} \cdot Q_p^p}, \quad (4.17)$$

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$B = \frac{5 \cdot 10^3}{0,929 \cdot 33939} = 0,159 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчетный расход топлива, м³/с (4.18):

$$B_p = B \cdot \frac{100 - q_4}{100}, \quad (4.18)$$

$$B_p = 0,159 \cdot \frac{100 - 0}{100} = 0,159 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Из паспорта котельного агрегата – высота дымовой трубы 40 м.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

КОНТАКТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С АКТИВНОЙ НАСАДКОЙ

При снижении температуры уходящих газов ниже температуры точки росы конденсируются водяные пары, которые содержатся в продуктах сгорания, при этом возникает возможность дополнительно использовать скрытую теплоту парообразования. При сжигании 1 м³ природного газа образуется более 2 м³ водяных паров. В этом случае полная конденсация водяных паров позволяет получить дополнительно значительное количество теплоты, ранее теряемой с уходящими газами.

Использование поверхностных теплообменников с целью снижения существенных потерь теплоты с уходящими газами более эффективно и экономически выгодно в сравнении с теплоутилизационными установками, из-за больших габаритных размеров, металлоемкостью и высокой стоимостью последних.

При относительно невысоких температурах продуктов сгорания за теплотехническими агрегатами при использовании контактных теплообменников типа КТАН достигается глубокая утилизация теплоты как за счет снижения температуры уходящих газов, так и за счет использования дополнительного количества теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в газах.

5.1 Описание конструкции контактного теплообменника типа КТАН

Конструкция контактного теплообменника с активной насадкой (КТАН-утилизатор) включает в себя три основных элемента (рисунок 5.1):

- орошающая камера;
- активная насадка из трубного пучка;
- сепарационное устройство.

В КТАН организуется два потока воды – чистой, подогреваемую через активную насадку и воды, нагреваемой при непосредственном контакте с дымовыми газами. Первый поток с чистой водой протекает по трубам активной насадки. Второй поток распыляется через систему орошения из блока форсунок, что приводит к интенсивной передаче теплоты от дымовых газов потоку чистой воды.

Пучок труб создает поверхность контакта орошающей воды и дымовых газов. Трубы с циркуляцией чистой воды одновременно участвуют в теплообмене, являясь активной по сравнению с традиционными насадками, используемыми в контактных теплообменниках.

Теплота дымовых газов в контактном теплообменнике передается нагреваемой воде в насадке двумя способами:

- за счет непосредственной теплопередачи уходящих газов и орошающей воды;
- за счет конденсации водяных паров, содержащихся в отработавших газах котла, на поверхности нагрева.

Принципиальная схема контактного теплообменника с активной насадкой теплоутилизатора показана на рисунке 5.1.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

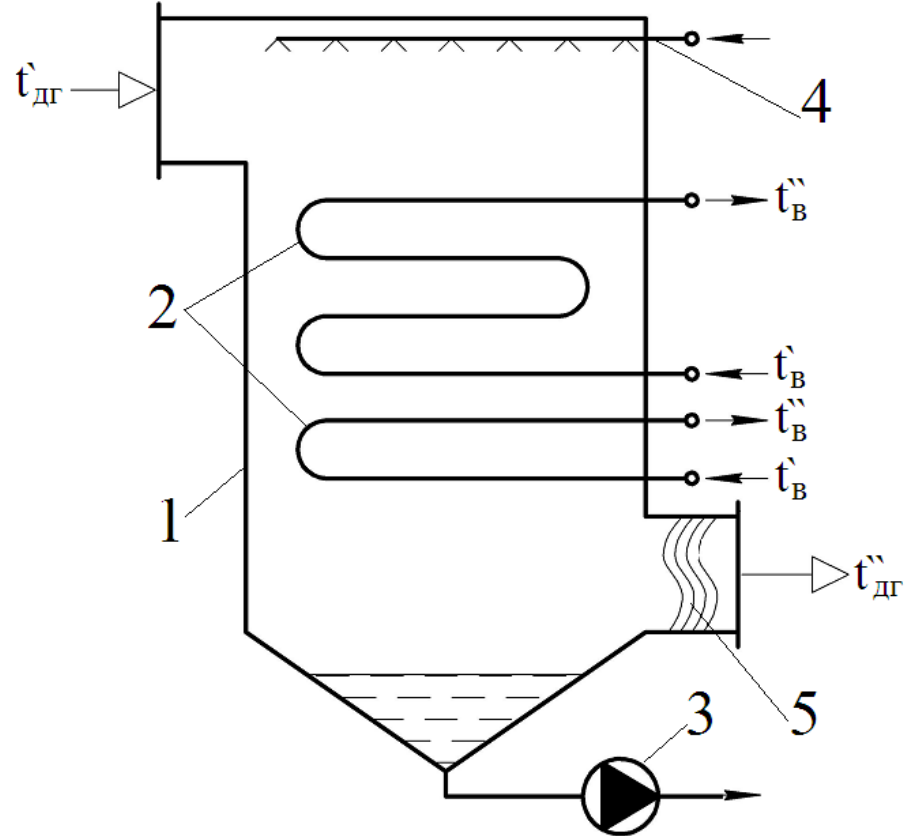


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема КТАН:

- 1 – корпус теплообменника; 2 – подвод и отвод нагреваемой воды;
 3 – насос отвода орошающей воды; 4 – подвод орошающей воды к
 распылительным форсункам; 5 – жалюзийный сепаратор на выходе;
 $t'_{дг}$ и $t''_{дг}$ – вход и выход дымовых газов;
 t'_B и t''_B – вход и выход нагреваемой воды

Дымовые газы входят в орошающую камеру, в которой с помощью механических форсунок распыляется орошающая вода в объем дымовых газов. После этого газы охлаждаются и нагревают один или несколько потоков чистой воды, циркулирующей по трубкам. Отделение сконденсированной на поверхности труб капельной влаги от дымовых газов, а также отвод их из КТАНа производится при помощи сепарационных устройств.

Сама активная насадка состоит из трубного пучка с шахматным расположением труб, по которым циркулирует нагреваемая вода. Крепление трубок к трубной доске осуществляется сваркой двух составляющих. Для изменения направления движения воды в насадке с внешней стороны к трубной доске, расположенной вертикально, привариваются коллекторы.

Для отделения влаги от дымовых газов в теплообменнике используется двухступенчатое сепарационное устройство. В первой ступени коленный сепаратор за счет центробежных сил захватывает воду, капли влаги, стекая по вогнутой поверхности лопаток, стекают в лоток, после чего отводятся в сливной патрубок. Во второй ступени применяется вертикальный жалюзийный сепаратор, где капли улавливаются за счет инерционного принципа действия.

Сепаратор представляет собой изогнутые жалюзийные каналы под углом 120° . При изменении направления движения потока уходящих газов капли воды под

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

действием инерционной силы двигаются в прежнем направлении, что позволяет отделять их из потока газа.

5.2 Совместная работа КТАН и котельного агрегата

Контактные теплообменники с активной насадкой, утилизирующие теплоту дымовых газов, разработаны для совместной работы с котлами, использующие природный газ в качестве основного топлива. Принципиальная схема совместной установки КТАН с котлом представлена на рисунке 5.2.

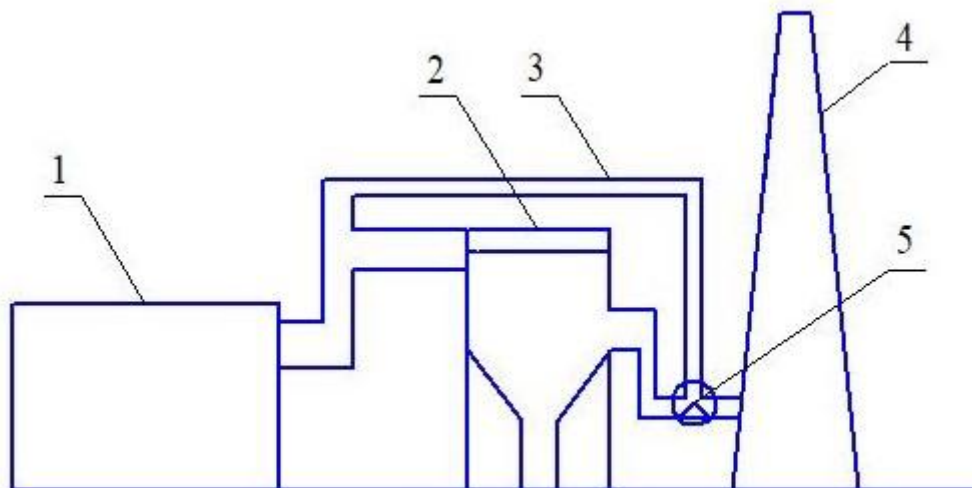


Рисунок 5.2 – Принципиальная схема совместной работы установки КТАН с котлом:

1 – котел; 2 – КТАН-теплоутилизатор; 3 – обводной газопровод;
4 – дымовая труба; 5 – дымосос

КТАН-утилизатор может использоваться для подогрева исходной и химочищенной воды для питания водогрейных котлов и систем ГВС. В котельной 4-го микрорайона, работающей в закрытой системе теплоснабжения, остаток теплопроизводительности КТАНа может быть использован для подогрева обратной сетевой воды системы водоснабжения.

Температура воды на выходе из насадки ограничена температурой мокрого термометра, которая при сжигании газообразного топлива составляет 50-65 °С. Температура воды на входе из активной насадки не должна превышать 50 °С. Величина поверхности нагрева активных насадок КТАН рассчитана на подогрев воды с 5 °С до 50°С. В случае подачи в теплообменник расчетного расхода воды с температурой выше 5 °С для получения номинальной теплопроизводительности поверхность нагрева КТАНа увеличивается путем увеличения количества блоков насадки.

6.1 Расчет параметров дымовых газов на входе в КТАН

Расчет параметров производится по формулам (4.1-4.10) согласно методическому пособию [37].

Рассчитаем теоретически необходимый объем воздуха для полного сгорания 1 м³ газообразного топлива при $\alpha = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ по формуле (4.1):

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

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

– теоретический объем трехатомных газов (4.2):

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

– теоретический объем двухатомных газов (4.3):

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

– теоретический объем водяных паров (4.4):

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

Конструкция котла выполнена в газоплотном исполнении, то есть присосов воздуха нет, коэффициент избытка воздуха в поверхностях нагрева примем $\alpha = 1,1 = \text{const}$.

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

– действительный объем трехатомных газов (4.5):

$$V_{R_2} = 7,604 + (1,1 - 1) \cdot 9,6 = 8,12 \text{ м}^3/\text{м}^3 ;$$

– действительный объем водяных паров (4.6):

$$V_{H_2O} = 2,16 + 0,0161 \cdot (1,1 - 1) \cdot 9,6 = 2,17 \text{ м}^3/\text{м}^3 .$$

Сумарный объем дымовых газов (4.7):

$$V_2 = 1,023 + 8,12 + 2,17 = 11,47 \text{ м}^3/\text{м}^3 .$$

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Объемная доля сухих трехатомных газов (4.8):

$$r_{RO_2} = 1,023/11,47 = 0,09 .$$

Объемная доля водяных паров (4.9):

$$r_{H_2O} = 2,168/11,47 = 0,19 .$$

Сумарная объемная доля всех трехатомных газов (4.10):

$$r_n = 0,09 + 0,19 = 0,28 .$$

Характеристика продуктов сгорания представлена в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Характеристика продуктов сгорания в поверхностях нагрева

Обозначение величины	Единицы измер.	Топка	Конвект. пучок
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, α''	–	1,1	1,05
Коэффициент избытка воздуха средний, α_{cp}	–	1,1	1,05
Действительный объем трехатомных газов, V_{R_2}	м ³ /м ³	8,12	8,12
Действительный объем водяных паров, V_{H_2O}	м ³ /м ³	2,17	2,17
Сумарный объем дымовых газов, V_2	м ³ /м ³	11,47	11,47
Объемная доля сухих трехатомных газов, r_{RO_2}	–	0,09	0,09
Объемная доля водяных паров, r_{H_2O}	–	0,19	0,19
Сумарная объемная доля всех трехатомных газов, r_n	–	0,28	0,28

$$G_{сз} = V_{RO_2} \cdot \rho_{RO_2} + V_{N_2}^0 \cdot \rho_{N_2} + V^0 \cdot \rho_{\epsilon} (\alpha_{yx} - 1), \quad (6.1)$$

где ρ_{RO_2} – плотность трехатомных газов, $\rho_{RO_2} = 1,96$ кг/м³;

ρ_{N_2} – плотность азота, $\rho_{N_2} = 1,25$ кг/м³;

ρ_{ϵ} – плотность воздуха, $\rho_{\epsilon} = 1,29$ кг/м³.

$$G_{сз} = 1,02 \cdot 1,96 + 7,61 \cdot 1,25 + 9,6 \cdot 1,29 \cdot (1,1 - 1) = 12,73 \text{ кг/м}^3.$$

Массовый расход влажных дымовых газов на 1 м³ топлива, кг/м³ (6.2):

$$G_2 = \rho_2 + V^0 \cdot \rho_{\epsilon} \alpha_{yx}, \quad (6.2)$$

где ρ_2 – плотность природного газа, $\rho_2 = 0,75$ кг/м³.

$$G_2 = 0,75 + 9,6 \cdot 1,29 \cdot 1,1 = 14,37 \text{ кг/м}^3.$$

Влагосодержание дымовых газов на входе в КТАН, кг/кг (6.3):

$$d' = \frac{G_2 - G_{сз}}{G_{сз}}, \quad (6.3)$$

$$d' = \frac{14,37 - 12,73}{12,73} = 0,13 \text{ кг/кг}.$$

По температуре дымовых газов $t'_2 = 140$ °С на входе в теплообменник определяется энтальпия газа до КТАНа, кДж/кг (6.4):

$$I' = C_2 t'_2 + d'(C_n t'_2 + r), \quad (6.4)$$

где C_2 – массовая теплоемкость дымовых газов при 140°С, $C_2 = 0,5$ кДж/(кг·°С);

d' – влагосодержание газов на входе в КТАН при 40°С, $d'' = 0,13$ кг/кг;

r – внутренняя теплота парообразования, принимается $r = 2495,5$ кДж/(кг·°С);

C_n – теплоемкость пара, принимается $C_n = 1,968$ кДж/(кг·°С).

$$I' = 0,5 \cdot 140 + 0,13(1,968 \cdot 140 + 2495,5) = 929,02 \text{ кДж/кг}.$$

6.2 Теплобалансовый расчет КТАН

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

теплообменника $t_2'' = 40$ °С. По заданной температуре определяется энтальпия газа после КТАНа, кДж/кг (6.5):

$$I'' = C_2 t_2'' + d''(C_n t_2'' + r), \quad (6.5)$$

где C_2 – массовая теплоемкость дымовых газов при 40°С, $C_2 = 0,21$ кДж/(кг·°С);
 d'' – влагосодержание газов на входе в КТАН при 40°С, $d'' = 0,044$ кг/кг.

$$I'' = 0,21 \cdot 40 + 0,044(1,968 \cdot 40 + 2495,5) = 113,48 \text{ кДж/кг.}$$

Теплопроизводительность контактного теплообменника со стороны дымовых газов, кВт (6.6):

$$Q_{\text{кт}} = G_{\text{сз}} \cdot B \cdot (I' - I'') \cdot \eta_{\text{об}}, \quad (6.6)$$

где B – расход топлива, м³/с;

$(I' - I'')$ – разность энтальпий дымовых газов на входе и выходе из КТАН, при температуре дымовых газов 140 °С и 40 °С соответственно, кДж/кг.

$$Q_{\text{кт}} = 12,73 \cdot 0,159 \cdot (929,02 - 113,48) \cdot 0,8 = 1320,58 \text{ кВт.}$$

Исходя из полученных значений выбираем ближайший по теплопроизводительности контактный теплообменник из стандартного типоряда. При этом фактическая теплопроизводительность КТАН должна превышать или быть равной значению, полученному из расчета. Выбран КТАН-УГ1,5 мощностью 1,5 МВт, что приведет к повышению тепловой мощности и КПД котла.

При нагреве одного потока воды расход нагреваемой воды с учетом величины тепловых потерь $\eta_n = 0,98$ составляет, м³/с (6.7):

$$G_B = \frac{Q_{\text{кт}} \cdot 0,98}{C_B (t_B'' - t_B') \cdot \rho_B}, \quad (6.7)$$

где t_B'' , t_B' – температуры нагреваемой воды на входе из КТАН соответственно, °С;

C_B – теплоемкость воды, принимается $C_B = 4,19$ кДж/(кг·°С);

ρ_B – плотность воды, принимается $\rho_B = 996$ кг/м³.

$$G_B = \frac{1500 \cdot 0,98}{4,19 \cdot (65 - 5) \cdot 996} = 0,006 \text{ м}^3/\text{с.}$$

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Технические характеристики КТАН 1,5УГ

Показатель	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Теплопроизводительность	МВт	1,5
Расход дымовых газов	нм ³ /с	4,5
Расход орошающей воды	кг/с	3,5
Расход нагреваемой воды	кг/с	8,0
Число форсунок	шт.	12
Аэродинамическое сопротивление	Па	493
Гидравлическое сопротивление	Па	0,009
Число рядов трубок в блоке насадки	шт.	10
Число блоков насадки в горизонтальном ряду	шт.	2

Геометрические характеристики выбранного КТАНа-теплоутилизатора сведены в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Геометрические характеристики КТАН 1,5УГ

Показатель	Единицы измерения	Значение
1	2	3
Проходное сечение теплоносителя по воде	м ²	1,11×10 ⁻²
Проходное сечение теплоносителя по газам	м ²	0,78
Поверхность теплообмена	м ²	52,4
Число трубок активной насадки	шт.	512
Диаметр трубок насадки	мм	25

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3
Толщина трубок насадки	мм	2
Высота КТАН	м	2,662

Ширина КТАН	м	1,75
Длина КТАН	м	4,153

6.3 Расчет поверхности теплообмена

Объемный расход газов в активной насадке, м³/с (6.8):

$$V_2^{нас} = V_2 \cdot B \cdot \eta_{об} \frac{273 + t_2}{273}, \quad (6.8)$$

где t_2 – средняя температура газов в насадке, принимаем $t_2 = 70$ °С.

$$V_2^{нас} = 11,47 \cdot 0,159 \cdot 0,8 \cdot \frac{273 + 70}{273} = 1,83 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Скорость дымовых газов в активной насадке, м/с (6.9):

$$W_\Gamma = \frac{V_\Gamma^{нас}}{S_\Gamma}, \quad (6.9)$$

где S_Γ – проходное сечение КТАНа по нагреваемой воде, м² (из таблицы 6.3).

$$W_\Gamma = \frac{1,83}{1,11} = 1,6 \text{ м/с}.$$

Скорость воды, нагреваемой в КТАНе, м/с (6.10):

$$W_B = \frac{G_B}{S_B}, \quad (6.10)$$

где S_Γ – проходное сечение КТАНа по нагреваемой воде, м² (из таблицы 6.3).

$$W_B = \frac{0,006}{0,78} = 0,01 \text{ м/с}.$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны дымовых газов к насадке, Вт/м²·°С (6.11):

$$\alpha_2 = 110,5 \cdot W_\Gamma^{0,8} \cdot W_B^{0,2}, \quad (6.11)$$

$$\alpha_2 = 110,5 \cdot 1,6^{0,8} \cdot 0,01^{0,2} = 64,21 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}.$$

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Значение числа Рейнольдса будет равно (6.12):

$$Re = W_B d_{BH} / \nu, \quad (6.12)$$

где d_{BH} – внутренний диаметр трубок активной насадки, м (из таблицы 6.1)

$$Re = 0,01 \cdot 21 / 15,2 \cdot 10^{-6} = 0,013 \cdot 10^6.$$

Для турбулентного режима течения критериальное уравнение имеет вид (6.13):

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43}, \quad (6.13)$$

$$Nu = 0,021 \cdot (0,013 \cdot 10^6)^{0,8} \cdot 0,7^{0,43} = 34,1.$$

Значение коэффициента теплоотдачи, Вт/м²·°С (6.14):

$$\alpha_B = Nu \cdot \lambda / d_{BH}, \quad (6.14)$$

$$\alpha_B = 34,1 \cdot 0,25 / 21 = 0,41 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}.$$

Коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воде, Вт/м²·°С (6.15):

$$K = \frac{C}{\frac{1}{\alpha_G} + \frac{s}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_B}}, \quad (6.15)$$

где C – коэффициент, учитывающий загрязнение трубок, $C = 0,9$;

s – толщина стенок трубок насадки, м (по таблице 6.1);

λ_{cm} – коэффициент теплопроводности стали, $\lambda_{cm} = 45 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$.

$$K = \frac{0,9}{\frac{1}{64,21} + \frac{2}{45} + \frac{1}{0,41}} = 0,36 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}.$$

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

$$\Delta t = \frac{(t'_2 - t''_6) - (t''_2 - t'_6)}{\ln \frac{(t'_2 - t'_6)}{(t''_2 - t''_6)}}, \quad (6.16)$$

$$\Delta t = \frac{(140 - 5) - (40 - 65)}{\ln \frac{(140 - 5)}{(40 - 65)}} = 94,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Величина удельного теплового потока через стенку трубки от дымовых газов к воде, Вт/м² (6.17):

$$q_1 = K \cdot \Delta t, \quad (6.17)$$

$$q_1 = 0,36 \cdot 94,1 = 33,9 \text{ Вт/м}^2.$$

Температура внутренней стенки трубы тогда будет равна, °С (6.18):

$$t_{cm} = t_6 + q_1 / \alpha_6, \quad (6.18)$$

$$t_{cm} = 5 + 33,9 / 0,41 = 87,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Далее по найденной температуре стенки определяю число Прандтля $Pr_{ст}$, после чего веду пересчет по формулам (6.13-6.17), уточняя коэффициент теплоотдачи $\alpha_в$ и теплопередачи K .

$$q_1 = 0,32 \cdot 87,1 = 28,6 \text{ Вт/м}^2.$$

Требуемая поверхность активной насадки КТАНа, м² (6.19):

$$F = \frac{Q_{км}}{q_1}, \quad (6.19)$$

$$F = \frac{1500}{28,6} = 52,45 \text{ м}^2.$$

Сравниваем полученную поверхность с фактической поверхностью, определяемую по характеристикам КТАНа (6.20):

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$\left| \frac{F - F_{\text{кт}}}{F_{\text{кт}}} \right| \leq 0,05 \quad (6.20)$$

$$\left| \frac{52,45 - 52,4}{52,4} \right| \leq 0,05$$

Повышение коэффициента использования топлива в котельной установке составит, % (6.20):

$$\Delta \eta_{\text{кт}} = \rho_B C_B G_B (t_B'' - t_B') \cdot 100 / Q_n^p \cdot B \quad (6.20)$$

$$\Delta \eta_{\text{кт}} = 996 \cdot 4,19 \cdot 0,006 \cdot 50 \cdot 100 / 8100 \cdot 0,159 = 96 \% .$$

Использование КТАН-УГ-1,5 совместно с котлом Термотехник ТТ-100-5000 приведет к сокращению расхода топлива и повышению КПД. Проект – выгоден и перспективен.

7 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Энергосбережение является одна из важнейших задач теплоснабжающих предприятий. Развитие технического потенциала систем теплоснабжения является стратегической целью современной энергетики в России.

Вопросы энергосбережения и энергоиспользования на котельных все больше приобретают актуальное значение. При анализе основных недостатков существующих котельных в настоящее время можно выделить такие, как:

- физический и моральный износ котельного оборудования;
- неэффективность или отсутствие автоматики;
- несовершенство работы газогорелочных устройств;
- несвоевременная наладка теплового режима котлов;
- плохая теплоизоляция;
- некорректная тепловая схема котельной;
- неплотности газоходов;
- несвоевременный ремонт оборудования.

Энергоиспользование характеризуется конечной энергией, затраченной в технологическом процессе, которая зависит от расхода подведенной энергии, производительности аппаратов и их КПД.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Современные энергосберегающие технологии играют важнейшую роль в повышении эффективности использования энергии.

Энергосберегающая технология – новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно энергетических ресурсов (ТЭР).

В настоящее время предприятия используют технологии, значительно максимализирующие энергосберегающий эффект:

1. Общие технологии, связанные с использованием энергии (теплообменники, сжатый воздух, охлаждение, сушка и пр.);
2. Более эффективное производство энергии, включая современные котельные, когенерацию (совместную выработку тепла и электричества), также тригенерацию (совместную выработку тепла, холода, электричества);
3. Замена старого промышленного оборудования на новое, более эффективное;
4. Альтернативные источники энергии.

В связи с повышением стоимостью топлива необходимы разработки и реализации мероприятий по сокращению расходов топлива и теплоты на действующем и вновь проектируемом энергетическом и технологическом оборудовании с целью обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Правильная работа котельной достигается соблюдением водо-химического режима тепловых сетей. Коррозия трубопроводов приводит к снижению эффективности процессов теплообмена и дополнительному расходу энергии и топлива. Загрязнение сетевой воды продуктами коррозии приводит к огромному росту энергозатрат на транспортировку тепла.

Минимизировать солевые отложения в котлах и трубопроводах возможно путём добавления в воду реагентов, содержащих фосфонаты и акрилаты. Удаление продуктов коррозии выполняется продувкой. Это улучшает теплосъём и теплопередачу, а также снижает эксплуатационные затраты без потерь качества тепловых сетей.

Замена устаревших котлов и оборудования, газификация котельных и использование новых технологических процессов при большой стоимости может привести к быстрой окупаемости, повышению эффективности производства.

При сжигании природного газа в качестве основного топлива достичь значимой экономии энергии возможно за счёт использования конденсационных теплообменников. В теплоутилизаторах отработавшие в топке газы выполняют роль теплоносителя, а не вода. От уходящих газов тепло передается воде, идущей на ГВС. Вода, проходя по оребренным трубам, получает часть теплоты от продуктов сгорания. Это позволяет сократить расход топлива, необходимый для приготовления греющей воды в теплообменнике для систем отопления. При использовании теплоты продуктов сгорания, можно достичь экономии природного газа в пределах 6 %. Более того, за счет снижения температуры уходящих газов уменьшится тепловое загрязнение окружающей среды.

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

энергосбережения, повышению квалификации обслуживающего персонала и внедрению систем стимулирования экономии ТЭР.

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

Разработка модернизации водогрейной котельной 4-го микрорайона г. Нягань выполнена с учетом энергосберегающих мероприятий, которые и будут описаны в данной главе ВКР.

Основные мероприятия:

– применение горелочных устройств «СІВ Unigas» итальянского производства, на основе самых современных технологий, таких как электронное управление, обеспечение низкого выхода оксидов азота и других токсичных компонентов, контроль качества горения по составу дымовых газов, автоматические настройки;

– внедрение эффективной и надежной автоматики регулирования и защиты котлоагрегатов, вспомогательного и общекотельного оборудования на базе измерителей-регуляторов и автоматики;

– внедрение автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами производства и отпуска теплоты, учета потребления топлива и электроэнергии, отпуска тепловой энергии потребителям на базе современной микропроцессорной техники;

– применение совместной работы КТАН и котла Термотехник ТТ100-5000;

– использование современных теплоизоляционных материалов.

Рассмотрев мероприятия по повышению энергосбережения и энергоэффективности котельных, можно сделать вывод, что их применение также приводит к уменьшению затрат на обслуживание котлов, увеличению срока эксплуатации оборудования и снижению вредного воздействия на экологию окружающей среды.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

8.1 Влияние теплообмена в топке котла на величину вредных выбросов в атмосферу

В топке котла одновременно происходят горение топлива и сложный радиационный и конвективный теплообмен между заполняющей ее средой и поверхностями нагрева. В зависимости от организации процесса теплообмена в топке, т. е. от достигаемого уровня температур и их распределения по топке, температуры газов на выходе из топки, способа подачи и смешения топлива и окислителя изменяется состав и содержание вредных веществ в продуктах сгорания.

Так, например, условиями, способствующими образованию и сохранению оксидов азота, являются высокие начальные концентрации азота и свободного кислорода в газовой смеси, ее температура (порядка 1600°C), увеличение времени пребывания смеси при высокой температуре, быстрое охлаждение продуктов сгорания.

Снижение содержания вредных веществ в дымовых газах котлов при сжигании топлива обеспечивается снижением температурных уровней, достигаемых в топке, сжиганием топлива с минимальными значениями избытка воздуха, а также применением специальных технологий, позволяющих связывать вредные вещества в процессе горения топлива. Существует несколько способов организации топочного процесса, применяемых для уменьшения образования оксидов азота и других загрязняющих атмосферу соединений.

К ним относятся:

- подача 10-30% рециркулирующих газов в топку котла, подмешивая их в воздух, подаваемый на горение, что является высокоэффективным средством снижения выбросов оксидов азота;

- двухступенчатое сжигание, при котором горение основной массы топлива происходит при недостатке воздуха, а оставшаяся часть горючих дожигается в зоне пониженных температур;

- внутренняя рециркуляция газов пониженной температуры;

- понижение температуры впрыском пара;

- ступенчатая подача воздуха, обеспечивающая ступенчатое сжигание топлива.

Суть этого метода заключается в затягивании процесса горения по высоте топки, что приводит к снижению уровня максимальных температур, достигаемых в топке и более плавному распределению температур по высоте;

- применение топок с пересекающимися струями.

Взаимосвязь выбираемых методов подавления вредных выбросов с условиями работы котла особенно важна при внедрении этих методов на котельных агрегатах с заданной конструкцией и габаритами топки.

При реализации конкретных мероприятий возникают научные и технические трудности, которые можно классифицировать по следующим группам:

- изменение выбранной схемы распределения тепловосприятия по отдельным элементам котла;

- повышение потерь с химическим и механическим недожогом топлива и понижение КПД котла;

						13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			41

- рост температуры металла в отдельных элементах поверхностей нагрева выше расчетной из-за изменения схемы теплообмена;

- возможность появления высокотемпературной коррозии в элементах котла с нерасчетно высокой температурой;

- шлакование труб поверхностей нагрева.

Кроме этого не все методы снижения содержания вредных веществ в дымовых газах применимы на конкретных котельных агрегатах. Так, например, рециркуляция продуктов сгорания осуществляется только на котлах, работающих на газе и мазуте, а также на угольной пыли с высоким выходом летучих. Это мероприятие не рекомендуется внедрять при сжигании малореакционных и забалластированных углей из-за ухудшения условий воспламенения и горения в корневых участках факела.

Выбросы оксидов азота котла типа ТТ-100 не отвечают современному уровню для газомазутных котлов и являются основным загрязняющим окружающую среду компонентом, при сжигании природного газа, и одним из основных компонентов при сжигании угля и мазута. Поэтому уменьшение загрязнения атмосферы окислами азота представляет важную проблему в России. На водогрейных котлах наиболее применимы первые два способа, что и рекомендовано в проекте.

8.2 Проверка соответствия высоты дымовой трубы необходимой степени рассеивания вредных веществ

Высота дымовых труб электростанций и других предприятий должна обеспечивать такое рассеивание золы, пыли, сернистого ангидрида или других вредных примесей, при которой концентрации их у поверхности земли становятся меньше предельно допустимых.

На котельной котлы №1-3 типа ТТ-100 оборудованы индивидуальными дымовыми трубами высотой 40м от уровня пола котельной. При наличии нескольких сосредоточенных источников выбросов загрязняющих атмосферу веществ концентрация их в приземном слое определится как сумма концентраций по формуле (9.1):

$$C = \sum_{i=1}^N C_i, \quad (8.1)$$

где C_i - концентрация вредного вещества, обусловленная выбросами i -го источника.

При сжигании природного газа, то есть при наличии в выбросах только оксидов азота, должно соблюдаться условие (8.2):

$$C = \sum_{i=1}^N C_i \leq ПДК, \quad (8.2)$$

Для проверки этого условия рассчитывается концентрация оксидов азота в приземном слое от воздействия каждого из четырех источников выбросов.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при выбросе газозооной смеси из одиночного точечного источника с круглым

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях и определяется по формуле (8.3):

$$C_i = \frac{AM_i F m_i n_i}{H_i \sqrt[3]{V_i \Delta T_i}}, \quad (8.3)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы для наиболее неблагоприятных метеорологических условий, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания вредных веществ в атмосфере, для Урала:

$$A = 160 \frac{(c^{2/3} \text{ мг})}{\text{град}^{2/3}};$$

M_i - количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с;

F - коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, для газообразных примесей $F = 1$;

m_i, n_i - безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H_i - высота источника выброса, м;

ΔT - разность между температурой газовой смеси и температурой окружающего воздуха;

V_i - расход дымовых газов через устье дымовой трубы, м³/с.

Исходные данные для поверочного расчета дымовой трубы котла ТТ100-5000 сведены в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 - Исходные данные для поверочного расчета дымовой трубы

Наименование величины	Обозначение	Котел ТТ100-5000
1	2	3
Теплопроизводительность, кВт	Q	5000
КПД котла, %	η	92,9
Расход топлива, м ³ /с	B	0,159
Температура дымовых газов, °С	$t'_{yx.g}$	140

Продолжение таблицы 8.1

1	2	3
Коэффициент избытка воздуха перед дымовой трубой	α	1,1
Объем продуктов сгорания, м ³ /м ³	V_2	11,267

Усредненная температура газов на входе в дымовую трубу (8.4):

$$t'_{yx.z} = \frac{3(V_z \times B \times t_{yx.z})_{TT}}{3(V_z \times B)_{TT}}, \quad (8.4)$$

$$t'_{yx.z} = \frac{(11,267 \times 0,159 \times 140)}{(11,267 \times 0,159)} = 140 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Количество продуктов сгорания, отводимых через индивидуальную дымовую трубу (8.5):

$$V = [(V_z B)]_{TT} \times \frac{t'_{yx.z} + 273}{273}, \quad (8.5)$$

$$V = (11,267 \times 0,159) \times \frac{140 + 273}{273} = 2,76 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет выбросов оксидов азота производится по эмпирической формуле (8.6):

$$M = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot \kappa \cdot B \cdot Q_n^p \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \cdot \beta_1 \cdot (1 - \varepsilon_1 \cdot r) \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2, \quad (8.6)$$

где κ – коэффициент, характеризующий выход оксидов азота в кг на тонну условного топлива, для водогрейных котлов (8.7):

$$\kappa = \frac{2,5 \cdot Q_\phi}{20 + Q}, \quad (8.7)$$

где Q_ϕ и Q – фактическая и номинальная тепловая мощность котла, ГДж/ч;

D_ϕ – фактическая паропроизводительность котла, т/ч;

β_1 – коэффициент, учитывающий влияние содержания азота в топливе на выход оксидов азота, при $\alpha_T = 1,1$ принимают при сжигании газа $\beta_1 = 0,9$;

β_2 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок, $\beta_2 = 0,85$;

β_3 – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления, при сжигании газа $\beta_3 = 1$;

ε_1 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов, при вводе газа рециркуляции в воздушное дутье $\varepsilon_1 = 0,025$;

ε_2 – коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче части воздуха помимо основных горелок $\varepsilon_2 = 1$;

r – степень рециркуляции дымовых газов.

С целью выявления влияния рециркуляции части дымовых газов на величину выбросов оксидов азота в продуктах сгорания котла ТТ-100 до модернизации.

До модернизации:

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Наибольшее количество NO_x в дымовых газах будет при работе в номинальном режиме, когда $Q_{\phi} = Q = 4,29 \times 4,19 = 18 \text{ ГДж/ч}$

$$\kappa = \frac{2,5 \times 18}{20 + 18} = 1,19 \text{ кг/т.у.т.},$$

$$M = 0,34 \times 10^{-7} \times 1,19 \times 0,159 \times 8100 \times 0,9 \times 0,85 = 1,68 \times 10^{-3} \text{ кг/с} = 1,68 \text{ г/с}$$

Выбросы NO_x при коэффициенте рециркуляции 15%:

$$M = 0,34 \times 10^{-7} \times 1,19 \times 0,159 \times 8100 \times 0,9(1 - 0,025 \times 15) \times 0,85 = \\ = 1,03 \times 10^{-3} \text{ кг/с} = 1,03 \text{ г/с}$$

Выбросы при коэффициенте рециркуляции 30%:

$$M = 0,34 \times 10^{-7} \times 1,19 \times 0,159 \times 8100 \times 0,9(1 - 0,025 \times 30) \times 0,85 = \\ = 0,41 \times 10^{-3} \text{ кг/с} = 0,41 \text{ г/с}$$

Из расчетов видно, что при рециркуляции продуктов сгорания количество оксидов азота, выбрасываемых с дымовыми газами существенно снижается. Чем больше коэффициент рециркуляции, тем меньше выбросов NO_x . Оптимальное значение коэффициента рециркуляции должно выбираться из условий эксплуатации котла.

Расчет рассеивания оксидов азота индивидуальной трубы $h = 40 \text{ м}$ модернизируемого котла ТТ-100-5000 выполнен при менее благоприятных условиях работы.

Разность между температурой газов и средней температурой воздуха в зимний период, $^{\circ}\text{C}$ (8.8):

$$\Delta T = t_{\text{yx.z}} + 18,5, \quad (8.8)$$

$$\Delta T = 140 + 18,5 = 158,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Объем газовой смеси, $\text{м}^3/\text{с}$ (8.9):

$$V = (V_2 \times B) \times \frac{t_{\text{yx.z}} + 273}{273}, \quad (8.9)$$

$$V = (11,47 \times 0,159) \times \frac{140 + 273}{273} = 2,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Средняя скорость выхода дымовых газов из устья трубы, м/с (8.10):

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$W = \frac{4V}{\pi D_0^2}, \quad (8.10)$$

$$W = \frac{4 \cdot 2,7}{3,14 \cdot 1,7^2} = 1,19 \text{ м/с}.$$

Параметр f (8.11):

$$f = \frac{10^3 W^2 D_0}{h^2 \Delta T}, \quad (8.11)$$

$$f = \frac{10^3 \cdot 1,19^2 \cdot 1,7}{40^2 \cdot 158,5} = 0,01.$$

Коэффициент m (8.12):

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f})^{-0,1}, \quad (8.12)$$

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{0,01} + 0,34\sqrt[3]{0,01})^{-0,1} = 1,01.$$

Параметр V_m (8.13):

$$V_m = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{h}}, \quad (8.13)$$

$$V_m = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{2,7 \cdot 158,5}{40}} = 1,4.$$

Безразмерный коэффициент n определяется в зависимости от параметра v_m (8.14):

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } v_m \leq 0,3 \quad n = 3; \\ \text{при } 0,3 \leq v_m \leq 2 \quad n = 33 \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)}; \\ \text{при } v_m > 2 \quad n = 1. \end{array} \right\} \quad (8.14)$$

Т.к. $0,3 \leq v_m \leq 2$, то: $n = 33 - \sqrt{(1,4 - 0,3)(4,36 - 1,4)} = 1,19$.

Максимальная концентрация выбросов NO_2 , мг/м^3 (8.3):

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$C_m = \frac{160 \cdot 1,68 \cdot 1 \cdot 1,01 \cdot 1,19}{40^2 \times \sqrt[3]{2,7 \cdot 158,5}} = 0,027 \text{ мг/м}^3.$$

Суммарная концентрация оксидов азота в приземном слое в зимнее время при работе всех котлов составляет:

$$C = 3 \cdot 0,027 = 0,080 \text{ мг/м}^3 < \text{ПДК} = 0,085 \text{ мг/м}^3.$$

Одновременно все котлы работают только в самый холодный период года, когда $t_n \leq -18,5^\circ \text{C}$, т.е. непродолжительное время.

При наиболее неблагоприятной из условий рассеивания вредных веществ ситуации, то есть летом, работает только часть котлов. Как правило, котлы ТТ-100, работающие с индивидуальными дымовыми трубами в летний период отключены. Приземная концентрация NO_x при работе котлов, переведенных на ГВС и вентиляцию, на номинальной нагрузке при средней температуре воздуха в 13 часов самого жаркого месяца, равной $+18^\circ \text{C}$, как видно из таблицы 8.2, составляет $0,04 \text{ мг/м}^3$, что не превосходит ПДК.

Таблица 8.2 – Расчет предельной концентрации NO_2 при летнем режиме $+18^\circ \text{C}$

M, г/с	$\Delta T, ^\circ \text{C}$	f	m	V_m	n	$C_m, \text{ мг/м}^3$
1,68	122	0,01	1,01	1,31	1,54	0,04

Так как рассчитанная максимальная приземная концентрация вредных веществ меньше предельнодопустимой ($0,085 \text{ мг/м}^3$), то можно сделать вывод, что существующая дымовая труба имеет достаточную высоту для рассеивания выбросов до необходимого уровня и соответствует условиям эксплуатации, что исключает ее наращивание для экологических целей, в замене и реконструкции не нуждается.

8.3 Очистка сточных вод

По концентрации загрязняющих веществ производственные сточные воды делятся на четыре группы: 1...500, 500...5000, 5000...30000, более 30000 мг/л.

Производственные сточные воды могут различаться по физическим свойствам загрязняющих их органических продуктов, например, по температуре кипения: менее 120, 120...250 и более 250°C .

Органические отходы окисляются бактериями и другими микроорганизмами. Для окисления необходим кислород, растворенный в воде. Многие полезные

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

обитатели водоемов с трудом переносят пониженное содержание кислорода в воде или вообще не могут существовать в таких условиях. Уровень загрязнения пробы органическими отходами измеряется значением БПК – биологическое (биохимическое) потребление кислорода. БПК представляет собой то количество кислорода, которое необходимо для окисления бактериями и простейшими всей органики в 1 л загрязненной воды. БПК выражается в миллиграммах кислорода на один литр.

Воздействие даже одной примеси на качество воды может проявляться в зависимости от ее концентрации в различных аспектах: внешние признаки качества воды, санитарный режим водоема и т. д. Поэтому при установлении ПДК вредных примесей в водоемах ориентируются на минимальную предельную подпороговую концентрацию (ППК) вещества по одному из следующих показателей:

ППК_{ор.л} – определяемую по изменению органолептических характеристик (цвет, привкус, запах);

ППК_{с.р.в} – определяемую по влиянию на санитарный режим водоема (БПК, растворенный O₂, pH воды);

ППК_т – определяемую по санитарно-токсикологическому влиянию этого вещества.

Значение ПДК каждого вещества в водоеме устанавливается по наименьшему значению одной из подпороговых концентраций.

Трудность определения ПДК связана с тем, что кроме санитарного, ее величина имеет и большое экономическое значение, т. к. неоправданное занижение ПДК приведет к большим затратам на дополнительную очистку воды.

Если в водоем сбрасывается несколько токсичных веществ, то должно выполняться условие (8.15):

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (8.15)$$

где C_i и ПДК_i – соответственно концентрация i -го вещества и его предельно допустимая концентрация в водоеме;

n – число вредных веществ, сбрасываемых со сточной водой.

Для сточных вод величина ПДК не нормируется, поэтому необходимая степень их очистки определяется целиком и полностью состоянием водоема после сброса в него сточных вод.

При сбросе сточных вод в черте любого населенного пункта требования, установленные к составу и свойствам воды водоема, должны относиться к самим сточным водам.

При наличии же рассеивающих выпусков сточных вод, гарантирующих необходимое смешение и разбавление их в водоеме, требования к составу и свойствам воды относятся к воде водного объекта.

8.4 Характеристика сточных вод котельной «4мкр»

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

условно чистыми водами, поэтому сброс их производился, как правило, в водоем без какой-либо предварительной очистки. По сравнению с нефтеперерабатывающими, нефтехимическими, целлюлозно-бумажными предприятиями, современные котельные действительно являются относительно чистыми предприятиями. Тем не менее, и они вносят в водоемы довольно много загрязнений.

Теплоэнергетика – одна из самых водоемких отраслей промышленности. Однако котельные являются крупными водопользователями и относительно небольшими потребителями воды.

Основное количество воды, забираемой котельной 4-го микрорайона из Хуготского водозабора, используется в системах охлаждения для отвода тепла в ряде аппаратов и сбрасывается в водоемы. 2...3% поступающей на котельную воды потребляется в различных технологических циклах, часть ее теряется безвозвратно, а образующиеся сточные воды могут быть источниками загрязнения водоемов. Безвозвратное водопотребление складывается из потерь воды на ГВС и отопление.

Производственные сточные воды на котельных делятся на четыре категории:

1) от водоподготовительных установок (ВПУ). Они содержат взвешенные вещества, большое количество минеральных солей, кислоты, щелочи;

2) воды после химической очистки и консервации теплоэнергетического оборудования. В зависимости от применяемых реагентов, они содержат органические или минеральные кислоты, щелочи, поверхностно-активные вещества, а также продукты промывки: железо, медь, цинк и пр.;

3) воды после обмывки конвективных поверхностей нагрева котельных агрегатов.

4) дождевые и талые воды с территории котельной – так называемый поверхностный сток. Они загрязнены взвешенными веществами, нефтепродуктами, солями, кислотами, щелочами, токсичными соединениями.

Основными методами химической очистки производственных сточных вод являются нейтрализация и окисление. Производственные сточные воды многих отраслей промышленности содержат щелочи и кислоты. Чтобы предупредить коррозию материалов канализации и очистных сооружений, нарушение биохимических процессов в биологических окислителях и водоемах, кислые и щелочные стоки подвергаются нейтрализации.

Нейтрализация – это химическая реакция между веществами, имеющими свойства кислоты и основания, которая приводит к потере их характерных свойств.

При спуске производственных сточных вод в водоем нейтральными можно считать смеси с рН=6,5...8,5. Нейтрализации нужно подвергать сточные воды с рН менее 6,5 и более 8,5.

При химической очистке применяются следующие способы нейтрализации:

1) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;

2) нейтрализация реагентами (растворы кислот, негашеная известь CaO, гашеная известь Ca(OH)₂, кальцинированная сода Na₂CO₃, каустическая сода NaOH, аммиак NH₄OH);

На установках производительностью 2000 м³/ч сбрасывается 1,5...2 т/ч различных солей.

Солевые сбросы ВПУ содержат нейтральные соли, кислоты, щелочи, которые приводят к повышению солесодержания водоемов и изменению показателя рН.

Сточные воды ВПУ могут содержать шлам, органические вещества, грубодисперсные вещества, соединения железа, алюминия, $Mg(OH)_2$ и $CaCO_3$.

Поэтому важной задачей при подготовке воды на ВПУ является снижение сброса сточных вод.

Сточные воды ионообменной части водоподготовительных установок в основном представляют собой истинные растворы солей. Эти воды рекомендуется направлять в зависимости от местных условий в водоемы с соблюдением санитарных и рыбохозяйственных требований к качеству воды водоема в расчетном створе.

С целью очистки основного оборудования котельной от накипей и отложений применяются химические промывки.

Эксплуатационные промывки зависят от состояния оборудования и производятся не более одного раза в год. Для промывок используют растворы неорганических кислот (серная, соляная), органические соединения (адипиновая, дикарбонатная, лимонная кислоты), комплексоны и композиции на их основе, моющие препараты.

Общее количество сбросных вод при химических промывках зависит от типа котлов и технологии промывки:

- 1) сбор всех отработанных растворов и части наиболее загрязненных отмывочных вод ($pH < 6$) в емкости-усреднители;
- 2) выделение из раствора токсичных веществ второй группы в баках-нейтрализаторах и нейтрализация осадков;
- 3) очистка воды от веществ третьей группы.

Процесс нейтрализации и осаждения шлама в баках-нейтрализаторах длится 7...8 часов. Шлам подается на шламоотвал. Осветленная вода имеет высокое значение рН, поэтому в бак-нейтрализатор подается кислота, чтобы $pH = 7,5 \dots 8,5$. Затем вода подается на биохимическую очистку.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Надежная, экономичная и безопасная работа котельного агрегата с минимальным числом обслуживающего персонала может осуществляться только при наличии теплового контроля, автоматического регулирования и управления технологическими процессами, средств сигнализации, блокировок и защиты оборудования.

Объем автоматизации котла принимается в соответствии с СНиП II-35-76 и требованиями заводов-изготовителей тепломеханического оборудования. Для автоматизации и теплового контроля применяются серийно выпускаемые приборы и регуляторы. Общими задачами контроля и управления работой котла являются обеспечение:

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

Тепловой контроль заключается в постоянном или периодическом измерении параметров протекающих процессов при помощи соответствующих средств, передаче данных на пульта операторов и при необходимости, регистрации полученных результатов.

Автоматическое регулирование и управление включает в себя автоматическое поддержание, без участия человека, в течение определенного промежутка времени с требуемой точностью заданных режимов технологического процесса, а также автоматический пуск и остановку различных приводов и двигателей, отдельных узлов механизмов и агрегатов в целом.

Сигнализация предназначена для передачи сигналов, информирующих обслуживающий персонал о состоянии оборудования и отклонении контролируемых параметров от нормы. Сигнализация различается на предупредительную, исполнительную и аварийную.

Защита применяется для предотвращения повреждений оборудования при возникновении аварийных ситуаций. Устройства автоматической защиты прерывают контролируемый процесс или обеспечивают другие меры устранения или предотвращения аварийных ситуаций.

Котел ТТ-100 оборудован следующими видами защит:

- повышение температуры воды за котлом;
- понижение давления воды за котлом;
- повышение давления воды за котлом;
- понижение расхода воды через котел;
- повышение давление газа;
- понижение давления газа;
- падение давления воздуха перед горелками;
- повышение давления в топке;
- исчезновение напряжения питания КИП и А;
- невоспламенение или погасание факела растопочной горелки;

– погасание факела в топке;

– ручной останов котла.

Эксплуатацию регуляторов осуществляет дежурный и ремонтный персонал котельной.

Все регулирующие органы регуляторов сочленены с исполнительными механизмами, которые имеют три вида управления – ручное, дистанционное и автоматическое.

Ручное управление исполнительным механизмом осуществляется по месту при помощи маховика ручного привода.

При дистанционном регулировании управление регулирующим органом осуществляется на расстоянии при помощи электропривода исполнительного механизма.

Дистанционное управление осуществляется при помощи блоков управления типа БУ-1/6, расположенных на пультах управления.

Автоматика горелок, установленных в котельной автоматически прекращает подачу топлива к горелкам при:

- повышении температуры на выходе из котла;
- повышении или понижении давления воды на выходе из котла;
- повышении или понижении давления газа перед горелками;
- понижении давления жидкого топлива перед горелками;
- понижении давления воздуха перед горелками;
- уменьшения разряжения за котлом;
- погасании факелов горелок;
- исчезновении напряжения.

Предохранительные клапаны перед горелками обеспечивают герметичность затвора класса А, запорная арматура и предохранительные устройства – не менее класса В. Запорная и регулирующая арматура предназначены для газовой среды. Опслющающая арматура, установленная на высоте не более 1,5 м обслуживается с передвижной площадки.

Автоматизация выполнена в объеме, достаточном для безаварийной работы котельной и предусматривает:

- коммерческий учет отпущенной потребителю тепловой энергии и теплоносителя, количества потребляемого котельной природного газа и холодной воды;
- контроль над содержанием в воздухе котельной природного газа и окиси углерода;
- регулирование температуры теплоносителя производится оператором котельной;
- регулирование температуры ГВС осуществляется автоматически;
- поддержание заданного давления в обратной магистрали теплосети;
- поддержание уровня воды в баке запаса подпиточной воды;
- защита оборудования котельной;
- сигнализацию аварийных параметров работы котельной.

Автоматическая система управления котельной установкой строится по трехуровневой схеме.

Первый уровень включает в себя полевое оборудование, преобразователи температуры, давления и расхода, манометры, термометры, исполнительные механизмы, электромагнитные клапаны, оборудование шкафа

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

КИПА, звуковая сигнализация и т.д. На этом уровне происходит измерение технологических параметров с помощью первичных аналоговых датчиков КИПиА, формирование дискретных сигналов о состоянии процесса и оборудования посредством дискретных датчиков, непосредственное регулирование и управление технологическим процессом с помощью электроклапанов.

Второй иерархический уровень строится на базе контроллеров программно-технического комплекса, к модулям ввода/вывода которых подключается полевое оборудование.

На данном уровне производится масштабирование значений технологических параметров, полученных от первичных датчиков, вычисление различных теплоэнергетических величин установки, в том числе отслеживание предельно-допустимых значений параметров.

Третий уровень системы управления – уровень персонального совместимого компьютера для визуализации технологического процесса, на дисплее которого отображаются значения технологических параметров в числовой, графической и других формах, осуществляется цвето-световая сигнализация, ведется архивирование значений технологических параметров и протоколов аварийных сообщений. С компьютера оператора задаются все необходимые режимы работы установки, а также существует возможность полного дистанционного управления технологическим процессом в ручном режиме.

Котлы оснащены автоматизированными газовыми горелками производства «UNIGAS», Италия.

Горелка выполняет следующие функции:

– регулирование мощности котла;

Горелки на котлах устанавливаются с комплектным блоком контроля и управления, обеспечивающим прекращение подачи топлива при:

– повышении или понижении давления газа перед горелками (автоматика горелки);

– понижении давления жидкого топлива перед горелкой (автоматика горелки);

– понижении давления воздуха перед горелками (автоматика горелки);

– погасании факелов горелок (автоматика горелки);

– герметичность клапанов (прекращение розжига);

– повышении температуры воды на выходе из котла (предусмотрено проектом);

– срабатывание термореле двигателя вентилятора горелки;

– срабатывание термореле двигателя насоса жидкого топлива горелки;

– повышении и понижении давления воды на выходе из котла (предусмотрено проектом);

– уменьшение разряжения в газоходе за котлом (предусмотрено проектом);

– неисправности цепей защиты, включая исчезновение напряжения.

Для визуализации текущих и аварийных параметров работы котельной предусмотрена совместная работа контроллера с ПК диспетчера, для чего предусмотрен диспетчерский пункт в котельной.

В качестве устройства пожарной сигнализации используется прибор приемно-контрольный пожарный «Луч». Устройство предназначено для непрерывного круглосуточного приема извещений о пожаре. Прибор имеет оптическую и акустическую фиксацию сигналов по шлейфу.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

При возникновении пожара, автоматически отключается работающая вентиляция и отсекается подача газа и резервного топлива.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

Безопасность жизнедеятельности – система знаний, обеспечивающая безопасность обитания человека в производственной и непроизводственной среде, и развитие деятельности по обеспечению безопасности в перспективе с учётом антропогенного влияния на среду обитания.

Безопасность человека определяется отсутствием производственных аварий, стихийных и других природных бедствий, опасных факторов, вызывающих травмы или резкое ухудшение здоровья, вредных факторов, вызывающих заболевание человека или снижение его работоспособности.

Цель БЖД:

1. Достижение безаварийной ситуации и готовности к стихийным бедствиям и другим проявлениям природной среды;
2. Предупреждение травматизма;
3. Сохранение здоровья;
4. Сохранение работоспособности;
5. Сохранение качества полезного труда.

Все элементы, составляющие среду обитания человека, в действии становятся факторами, влияющими на БЖД.

10.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Труд оператора котла протекает в котельной на постоянном рабочем месте. Котельная – это замкнутое пространство в здании, в котором постоянно, по сменам, осуществляется трудовая деятельность, связанная с контролем за работой водогрейных колов.

Рабочая зона оператора котла: тепловой щит с приборами контроля и средствами воздействия на работу котлов и другого вспомогательного оборудования, площадки, помосты, лестницы.

При эксплуатации котлов могут произойти травмоопасные или аварийные ситуации, которые могут оказывать воздействие на организм оператора котла, либо на состояние окружающей среды.

Определим опасные и вредные факторы, а также опишем средства защиты согласно Р 2.2.2006-05 «Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса» и ГОСТ 12.0.003-80 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы» [3].

Физические факторы:

- высокая температура воздуха;
- недостаточная освещенность;
- высокий уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- избыточное тепловыделение от котлов и паропроводов;
- пыль.

Химические факторы:

- природный газ;
- углекислый газ.

Психофизиологические факторы:

- факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда (физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза,

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

статистическая нагрузка, перемещение в пространстве, наклоны корпуса);

– факторы трудового процесса, характеризующие напряженность труда (интеллектуальные, эмоциональные, монотонность нагрузок, сенсорные нагрузки).

Наиболее типичными авариями в котельной являются:

– разрывы труб поверхностей нагрева котлоагрегатов с выбросом большого количества пара и горячей воды;

– взрывы газа в топках и конвективных поверхностях котлов, приводящие к разрушению и обрушению оборудования;

– пожары, приводящие к выделению вредных веществ и высокой температуре, к разрушению зданий, сооружений и т.д.;

– другие виды аварий, при которых возможно выделение и образование вредных и опасных производственных факторов.

Кроме того, в технологическом процессе при сжигании газообразного топлива образуются вредные выбросы (оксиды азота, серы, углерода, и т.д.), загрязняющие окружающую среду.

10.2 Характеристика воздействия выявленных ОВПФ на организм человека

Во время работы котлов возможны следующие аварийные ситуации: повреждение газопровода, взрыв барабана котла, нарушение герметичности газопроводов и газоходов котла.

Газ с температурой 148 °С воздействуя на человека, может вызвать сильные ожоги и привести к смертельному исходу.

Углекислый газ не ядовит; в малых концентрациях возбуждает дыхательный центр, а в больших – ухудшает его состояние. Метан и другие углеводородные газы не ядовиты, но их вдыхание вызывает головокружение, а значительное содержание в воздухе приводит к удушью из-за недостатка кислорода.

Раздражающая пыль, воздействуя на организм, раздражая кожу, глаза, уши, десны, а проникая в легкие, оказывает фиброгенное действие и вызывает профессиональные заболевания.

Эксплуатация котлов в нерасчетных режимах может привести к выбросам окислов азота выше предельно-допустимой концентрации.

Воздействие этих веществ на организм человека в течение длительного времени может вызвать какие-либо патологические изменения.

Пренебрежение защитой от шума и вибрации вредно отражается на здоровье и работоспособности людей.

Человек, работающий при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление и может постепенно привести к глухоте. Действуя на центральную нервную систему, шум оказывает влияние на весь организм человека. Под влиянием сильного шума (90...100 ДБА) притупляется острота зрения, изменяются ритм дыхания и сердечной деятельности, повышается внутричерепное давление, замедляется процесс пищеварения, происходит изменение внутренних органов. Шум, как и вибрация, оказывает раздражающее действие на кору головного мозга, ускоряет процесс утомления, ослабляет и замедляет психические реакции.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Микроклимат в рабочей зоне определяется действующими на организм человека сочетанием температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения. Сочетание этих параметров должны быть оптимальным – таким, которое не вызывает напряженной работы механизма терморегуляции, а значит и изменений в организме, которые могли быть при превышении этих параметров.

Электрический ток, воздействуя на человека, может вызвать сильные ожоги и привести к смертельному исходу. Исход поражения электрическим током определяется величиной тока протекающего через организм человека, частотой тока, длительностью протекания.

10.3 Нормирование ОВПФ

10.3.1. Микроклимат рабочей зоны

Работы производятся в производственном помещении с выделением тепла. Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия, являются:

- СанПин 2.2.4.548–96 "Технические требования к микроклимату производственных помещений";
- ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" [5].

Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения.

Если сочетание этих параметров не является оптимальными для организма человека, может быть нарушено функциональное и тепловое состояние человека, причем это будет сопровождаться напряжением реакции терморегуляции, ухудшением самочувствия.

Тяжесть работ оператора котла относится к категории I^б:

- уровень энерготрат для холодного и теплого периода года – (140 – 174 Вт);
- по ГОСТ 12.1.005-88 "Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений" [5].

Работа оператора котельной установки подвержена постоянным контактом с зонами повышенных температур.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне оператора котлов изложенные в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне оператора котлов

Период года	Нормируемый параметр	Оптимальный норматив	Фактический уровень производственного фактора
Холодный	Температура воздуха, °С	19 – 24	24

	ТНС		
	(тепловая нагрузка среды), °С	22 – 26	25
	Влажность воздуха, %	15 – 75	15 – 45
	Скорость движения воздуха, м/с	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2
Тёплый	Температура воздуха, °С	20 – 28	28
	ТНС (тепловая нагрузка среды), °С	22 – 26	26
	Влажность воздуха, %	15 – 75	15 – 42
	Скорость движения воздуха, м/с	0,1 – 0,3	0,2 – 0,3

При работе котлов и других тепловых устройств, использующих газообразное топливо в воздухе производственных помещений может возникнуть избыточная концентрация вредных веществ, способная привести к отравлениям персонала.

ПДК вредных веществ в воздухе котельной та, при которой в течение всего рабочего стажа у работающего персонала котельной не возникает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых новейшими методами исследования непосредственно в процессе работы или в определенные сроки.

В таблице 10.2 указаны предельно-допустимые концентрации потенциально вредных веществ в воздухе рабочей зоны котельного цеха.

Таблица 10.2 – Предельно-допустимые концентрации потенциально вредных веществ в воздухе рабочей зоны котельной

Вещества	Предельно-допустимая концентрация по ГОСТ 12.1.005-88, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние	Действие на организм
Азота окислы (в пересчёте на NO ₂)	2	2	Г	О
Аммиак	20	4	Г	О

Бензин топливный в пересчёте на С	100	4	-	-
Соляная кислота	5	2	Г	О
Углерода окись	20	4	Г	О

где О – вещество с остронаправленным механизмом действия;

Г – газ.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».[5]

Согласно правилам техники безопасности, все элементы трубопроводов должны быть покрыты тепловой изоляцией, температура которой не превышает 45°С при температуре окружающего воздуха 25°С. В качестве тепловой изоляции используются маты прошивные минераловатные марки 100 с предельной температурой применения 600°С.

Нагретые поверхности котлов излучают тепловую энергию инфракрасного спектра. В соответствии с СанПиНом 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" допустимое облучение тела человека в этом диапазоне спектра (100 – 7600нм) не более 140 Вт/м².

Допустимые величины интенсивности теплового облучения должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
1	2
50 и более	35

Продолжение таблицы 10.3

1	2
25 - 50	70
не более 25	100
не более 25	140

10.3.2 Освещение

Помещение котельной согласно СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования" [9] должно быть освещено таким образом, чтобы обеспечить качественный монтаж котла, а при эксплуатации, возможность правильной работы. Места, которые по технологическим причинам не обеспечиваются дневным светом, предусмотрено обеспечить электрическим светом. Помимо рабочего освещения в котельной

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

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

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

Для электрических ламп общего и местного освещения, подвешиваемых на высоте не ниже 2,5 м над полом - предусматривается напряжение не более 36 В.

В таблице 10.4 описаны нормы освещенности рабочих мест.

Таблица 10.4 – Нормы освещенности рабочих мест

Помещение	Освещенность, лк
Фронт и тыл котлов, проходы между котлами	10
Тепловой щит	200
Водоуказательные и измерительные приборы	50
Вентиляционная площадка	20
Помещения деаэраторов	40
Площадки, лестницы котлов	10

10.3.3 Виброакустические факторы

Для теплоэнергетического оборудования характерны неупорядоченное распространение звуков разной интенсивности и частоты, оказывающих неблагоприятное воздействие на организм человека.

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

- резкие перепады давления в трубопроводе;
- пробивание прокладок фланцевых соединений;
- движение газов в трубах с большой скоростью.

Кроме того, при кипении воды возникают значительные шумы, в случае резонанса сила звука резко возрастает. Эти вредные и опасные факторы должны отвечать требованиям ГОСТ 12.0.003-74 [3]. Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются по ГОСТ 12.1.003-76 [2], в помещениях котельного цеха норма 80 дБА.

Работа оборудования промышленных установок сопровождается механическим, аэродинамическим и гидродинамическим шумами. К такому оборудованию относятся котлы, дробилки, мельницы, вентиляторы, дымососы, трубопроводы. Аэродинамический и гидродинамический шумы возникают в результате течения жидкости, пара и газа. При эксплуатации оборудования применяют метод снижения аэродинамического шума в источнике его образования путем уменьшения скорости течения газа за счет снижения давления. Другим методом является снижение шума на пути его распространения, он реализуется применением кожухов, экранов и звукоизолирующих перегородок, которыми закрывают вышеперечисленное оборудование. В качестве

индивидуальных средств защиты используют беруши и наушники. Нормы уровня шума приведены в таблице 10.5.

Таблица 10.5 - Производственный шум (выписка из паспорта котельной)

Производственный участок	Источник шума	Допустимый уровень шума, дБА	Фактический уровень шума, дБА
Котельная	котлы	80	67
	вспомогательное оборудование	80	75
	вентиляторы	80	52
	дымососы	80	79

В соответствии с ГОСТ 12.1.012-78 [12] установлены допустимые значения и методы оценки гигиенических характеристик вибрации, определяющих ее воздействие на человека.

Нормы по ограничению общих вибраций, вибраций рабочих мест, устанавливают величину колебательной скорости в октавных диапазонах со среднегеометрическими значениями 2, 4, 8, 16, 31, 5, 63 ГЦ, корректирующий уровень – 92 дБ, а нормы по ограничению локальной вибрации – в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями 16, 31, 5, 63, 125, 250, 500, 1000 ГЦ, корректирующий уровень – 112 дБ.

Работа оборудования промышленных установок сопровождается колебаниями фундаментов, элементов конструкций, сотрясениями, которые называются вибрацией.

Согласно ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ "Вибрационная безопасность. Общие требования" [12] основным способом обеспечения вибробезопасности должно быть создание и применение вибробезопасных машин. При проектировании и использовании машин, зданий, объектов должны быть использованы методы, снижающие вибрацию на путях ее распространения от источника возбуждения:

- применение виброизоляции, виброгасящих оснований (пневматические демпферы, пружины).

Для исключения вибраций и сотрясений от работы машин несущие конструкции здания не соприкасаются с фундаментами машин. Нормы вибраций на рабочих местах приведены в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – Вибрация на рабочих местах

Производственный участок	Источник вибрации	Допустимые нормы вибрации общей на рабочих местах, дБА	Фактическая вибрация общая на рабочих местах, дБА
Котельная	котлы	99	82

	вентиляторы	92	82
	дымососы	92	92

10.4 Безопасность производственных процессов и оборудования

10.4.1 Требования к производственным зданиям, сооружениям и оборудованию котельной

Механическая прочность оборудования обеспечивается заводом изготовителем. Каждый аппарат снабжается паспортом и табличкой, которая при нанесении обмуровки не закрывается, на которой указывается тип аппарата, его заводской номер, расчетное давление и температура стенки. Паспорта выдаются также на трубопроводы пара и горячей воды. Монтаж оборудования производится с учетом компенсации температурных расширений. Для недопущения возникновения гидроударов все трубопроводы снабжены дренажами в нижних точках – водоотделителями, конденсационными горшками и байпасами, помимо запорной арматуры (для плавного подъема давления и температуры). Вся арматура на трубопроводах высоких параметров электрифицирована.

Сосуды, работающие под давлением, снабжены контрольно-предохранительной аппаратурой (предохранительные клапаны). Оборудование снабжено системами КИПиА: манометрами, термометрами, расходомерами, уровнемерами, которые позволяют вести контроль за работой оборудования, а при отклонении каких - либо параметров от номинальных значений, на главный щит управления (ГЩУ) от первичного преобразователя, прибора, расположенного по месту, подается сигнал: световой и звуковой. Рекомендуются выбирать приборы, дающие оператору готовую информацию, а не частичные сведения, которые нужно перерабатывать и дополнять.

Во время капитального и текущих ремонтов, при монтаже приходится поднимать и перемещать весьма тяжелые части оборудования. Безопасность людей при такелажных работах зависит от исправного состояния приборов и устройств безопасности, которыми оборудованы грузоподъемные машины.

Для крепления груза используют канаты из стальной проволоки, пеньковых, хлопчатобумажных и синтетических волокон. Канаты должны быть гибкими и прочными. Такелажные работы являются опасными. Они выполняются специально обученными лицами: машинистами кранов, стропальщиками и зацепщиками, имеющими удостоверение, под руководством опытного работника. Запрещено выводить из действия тормоза, концевые выключатели, сигнализацию и другие устройства безопасности на грузоподъемных машинах. После окончания работы или во время перерыва нельзя оставлять груз подвешенным. Людям находиться под перемещаемым грузом запрещено – это опасная зона.

В процессе эксплуатации котла возможны случаи чрезмерного повышения давления в котле, что может привести к несчастным случаям и разрушению оборудования. Причиной может быть внезапный сброс нагрузки, поэтому в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации и водогрейных котлов», утвержденными Ростехнадзором, установленные котлы предусмотрено оснащать приборами, предохранительными клапанами, средствами автоматизации:

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

- автоматическое регулирование уровня воды котла;
- автоматика горения газовых котлов;
- автоматика безопасности, отключающая котлы при аварийных режимах.

Предохранительные клапаны имеют значение защитного устройства, предохраняющего обслуживающий персонал от ожогов, а контрольные клапаны, кроме того, имеют сигнальные устройства, если выход среды из них не слышен с рабочего места оператора котла. Среда, выходящая из предохранительных клапанов, отводится за пределы помещения.

Наиболее рациональными способами герметизации систем, в которых применяют неразъемные соединения, является целесообразное уменьшение общего числа соединений, использование литых, кованных, цельнотянутых аппаратов и трубопроводов. Там, где этого сделать нельзя, герметизация соединений достигается сваркой, реже развальцовкой, применением специальных цементов и герметиков. Герметизацию разъемных соединений обеспечивают торцевые уплотнения, сальниковые уплотнения с противодавлением. Удовлетворительная герметизация достигается при использовании резиновых манжет, расположенных в несколько рядов, эластичных колец, сальниковых уплотнений с металлической набивкой и в меньшей степени с мягкой набивкой.

Прочность оборудования и трубопроводов достигается путем применения для их изготовления материалов с соответствующими качествами.

Для постоянного наблюдения за положением уровня воды в барабане предусмотрено не менее двух водоуказательных приборов прямого действия, на паровых котлах предусмотрены манометры, показывающие давление пара. У каждого парового котла манометр установлен на питательной линии перед органом, регулирующим питание котла водой.

Трубопроводы окрашены в соответствии с ГОСТ 12.4.026 – 2001. "ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности":

газ – оранжевый, воздух – синий, вода – зеленый.

Отключающие, аварийные, открытые токоведущие части оборудования обозначены красным цветом.

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

При работе в котельной во избежание контактов с горячими поверхностями оборудования, персонал должен работать в специальных костюмах и в защитных рукавицах.

Для защиты головы при входе в зону работ нужно обязательно надевать защитную каску.

10.4.2 Электробезопасность

Основными потребителями электроэнергии являются электродвигатели дымососов, вентиляторов, сетевых насосов.

Действующим нормативным документом является ГОСТ 12.1.019 ССБТ "Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" [7].

Котельная относится к помещению с повышенной опасностью. Согласно ГОСТ 12-1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

напряжения прикосновений и токов» напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека не должны превышать значений, указанных в таблицах 12.7 и 12.8.

Для обеспечения электробезопасности следует соблюдать требования нормативных документов:

- ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ «Электробезопасность. Защитное заземление» [8],
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность» [8].

Электробезопасность должна обеспечиваться:

- конструкцией электрооборудования;
- техническими способами и методами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Для защиты персонала от попадания под опасное для жизни напряжение при повреждении изоляции выполняется защитное зануление. В качестве проводников используются стальные трубы и нулевые проводники электропроводки, имеющие надежное соединение с нейтралью трансформаторов посредством нулевых жил питающих кабелей.

Заземлению подлежат корпуса электрических машин, приводы электрических аппаратов, каркасы распределительных щитов, металлические кабельные конструкции, стальные трубы электропроводок, лотки, короба, тросы. В качестве заземлителей используется арматура колонн и фундаментов. Наибольшие допустимые напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы производственных электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью приведены в таблице 10.7.

Таблица 10.7 – Наибольшие допустимые напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы производственных электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц с глухозаземленной нейтралью

Нормируемая величина	Продолжительность воздействия, сек											
	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	>1
Напряжение, В	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	36
Сила тока, mA	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	6

В таблице 10.8 приведены наибольшие допустимые напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы бытовых электроустановок.

Таблица 10.8 – Наибольшие допустимые напряжения прикосновения и токи при аварийных режимах работы бытовых электроустановок напряжением до 1000 В и частотой 50 Гц

1	Продолжительность воздействия, сек											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Нормируемая величина	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	>1

Продолжение таблицы 10.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Напряжение, В	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	12
Сила тока, мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2

10.4.3 Пожаровзрывобезопасность

Так как технологический процесс связан с сжиганием топлива, то возможный источник пожара в котельной – это утечка топлива и образование взрывоопасных газоздушных смесей. Котельная по пожарной безопасности относится к категории Г. По огнестойкости строительных конструкций степень огнестойкости здания котельной II.

Защитой от разрушения помещений при взрыве газоздушной смеси является их остекление. Площадь остекления определяется в зависимости от объёма помещения из расчёта 0,03м²/м³. При взрыве смеси остеклённая часть должна разрушаться и ограничивать повышение давления в защищаемом объёме.

Для обеспечения пожарной безопасности следует соблюдать требования нормативных документов:

- СПиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы» и ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» [16];
- Правила пожарной безопасности Российской Федерации, ППБ-01-93 [4];
- Типовой инструкции по содержанию и применению первичных средств пожаротушения на объектах энергетической отрасли.

Для ликвидации пожара в момент его возникновения на видном месте должны находиться огнетушители ручные углекислотные ОУ-5 и ОУ-10, песок, асбестовые одеяла, пожарные ведра, лопаты, топоры.

Противопожарное водоснабжение включает: подземный водопровод с гидрантами для установки пожарных колонок и забора воды пожарными насосами и различные водоемы.

Во избежание пожаров от электрического тока необходимо, чтобы электрические сети и электрооборудование отвечали требованиям правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и правил ТБ при эксплуатации электроустановок потребителей I категории электрической безопасности.

Пожарные краны водопроводов устанавливаются у выходов внутри помещения или на площадках на высоте 1,35 м от пола. Пожарный кран оборудуется прорезиненным рукавом и пожарным стволом, которые соединяются между собой с помощью головок.

Пожарная связь и сигнализация служит для своевременного сообщения о возникновении пожара пожарным подразделениям и руководства тушения пожара. Применяются телефонная связь, извещатели ручного действия и автоматические извещатели. Категории пожарной безопасности помещений в таблице 10.9.

Таблица 10.9 – Перечень помещений котельной с указанием категорий по взрывопожарной и пожарной опасности

Наименование помещения	Условия производства, характеристика веществ и материалов в помещении	Категория помещения
Котельное отделение	Горючие газы, жидкости сжигаются в качестве топлива	Г
Помещение газораспределительного пункта (ГРП)	Горючие газы	АП

10.5 Эргономика производства, эстетика и культура

Эргономичность котельной организует благоприятное для сотрудника и выгодное для предприятия работ, заботиться о безопасности труда. Сильное влияние на производительность труда оказывает правильная организация рабочего места и времени, что позволяет экономить ресурсы, основным их которых является время.

Наибольшая работоспособность и хорошее самочувствие проявляется у человека в комфортных условиях работы, ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ «Общие эргономические требования» [14].

Такие условия создаются: благоприятным микроклиматом на рабочем месте, оптимальной освещенностью, чистым воздухом, отсутствием шума, вибрации, а также выразительным цветовым и эстетическим оформлением рабочего места и интерьера, наличием перспективного обзора.

Радикальными мерами по созданию гигиенических и безопасных условий труда является автоматизация и механизация производственных процессов.

Контроль за работой котлоагрегатов осуществляется с главного теплового щита управления (ГЩУ).

На панели управления выведены показывающие и регистрирующие приборы, позволяющие следить за ходом технологического процесса, ключи управления запорной и регулирующей арматуры.

Рабочее место оператора ГЩУ оборудовано столом, стулом, ящиком для хранения технической документации, телефоном, коммутатором местной связи. Все панели окрашиваются в белый цвет, освещение ГЩУ осуществляется лампами дневного света, а в качестве аварийного освещения используются лампы накаливания.

10.6 Выводы

– При соблюдении техники безопасности, грамотном распределении труда и внимательности работа оператора котельной будет максимально эффективна и безопасна, как для самого человека, так и для окружающих.

– Основными источниками взрыва газовоздушной смеси и пожара на оборудовании котельной является утечки газа, подаваемого с ГРП на сжигание загорающегося от различных источников тепла.

– Для повышения взрывопожаробезопасности оборудования необходима научная разработка и широкое внедрение мер по предотвращению утечек газа, средств для защиты от взрыва газа и пожара, а также автоматических систем по обнаружению пламени взрыва пыли, горения газа и включения средств по их локализации и тушению.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

Перед проведением разработки источника теплоснабжения 4-го микрорайона были проведены оценочные расчеты времени окупаемости данного проекта по внедрению представленных предложений. Эти расчеты приведены ниже и исходя из них можно сделать вывод, что, несмотря на значительные капитальные вложения, ожидается экономия средств в процессе эксплуатации котлов совместно с КТАН. Кроме этого, в связи со снижением количества выбрасываемых вредных веществ, будет обеспечено улучшение экологической ситуации нашего региона.

Модернизация котельной является одним из наиболее экономических и целесообразных мероприятий по снижению себестоимости продукции теплоснабжающего предприятия АО «НЭРС». Целесообразность проекта напрямую зависит от срока окупаемости, который не должен превышать 5 лет.

Экономико-управленческая часть выпускной квалификационной работы включает в себя итоговую оценку рассматриваемой модернизации на основе ряда показателей экономической эффективности.

11.1 Определение экономической эффективности проекта разработки источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань

Для определения экономической эффективности предлагаемой модернизации определим капитальные затраты на проведение модернизации, текущие затраты до и после модернизации, и по отношению капитальных затрат к изменению текущих посчитаем срок окупаемости предлагаемого решения.

При принятии решения о модернизации одна из основных задач – срок окупаемости проекта, который не должен превышать пяти лет.

11.1.1 Капитальные затраты на разработку источника теплоснабжения 4-го микрорайона

Капитальные затраты на разработку источника теплоснабжения 4-го микрорайона, рассчитываются по формуле (11.1):

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{осн}} + K_{\text{трансп}} + K_{\text{дем}}, \quad (11.1)$$

где $K_{\text{проект}}$ – затраты на проектно-изыскательские работы, тыс. руб.;

$K_{\text{осн}}$ – затраты на покупку и монтаж нового оборудования, тыс. руб.;

$K_{\text{трансп}}$ – затраты на транспортировку, тыс. руб.;

$K_{\text{дем}}$ – затраты на демонтаж старых котлов, тыс. руб.

Выполнением проектно-изыскательских работ занимается проектно-конструкторское бюро. По его данным затраты на проект модернизации отопительной котельной микрорайона №4 г. Нягань составили 300,00 тыс. руб.

Стоимость оборудования берется по прейскуранту заводов-изготовителей [40, 42, 43, 46, 47], стоимость монтажных работ принята 30% от стоимости оборудования. Расчеты сведены в таблицу 11.1.

Данные предоставлены производственно-техническим отделом наладки и метрологии АО «Няганские энергетические ресурсы».

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Таблица 11.1 – Стоимость оборудования и монтажных работ

Наименование оборудования	Количество	Стоимость единицы, тыс.руб.		Общая стоимость, тыс.руб.	
		Оборудования	Монтажных работ	Оборудования	Монтажных работ
1	2	3	4	5	6
1. Контактный теплообменник с активной насадкой 1,5УГ	3	518,45	155,53	1555,35	466,60
2. Насос ГВС «Wilo» IPL 65/115-1,5/2	3	59,07	17,72	177,22	53,17
3. Счетчик воды Ду150 ВСТ-150	3	17,01	5,10	51,02	15,30
4. Счетчик воды Ду100 ВСТ-100	3	11,28	3,38	33,84	10,15
5. Счетчик подпитки Ду32 ВСХд-32	3	5,87	1,76	17,61	5,28
6. Приборы КИПиА	18	12,00	3,60	216,00	64,80
7. Трубопроводная арматура	56	5,00	1,50	280,00	84,50
ИТОГО:	167			2331,04	699,81

Расходы на транспортировку и складирование оборудования принимаем 5% от стоимости оборудования [33].

Транспортные затраты составят (11.2):

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot K_{\text{осн}}, \quad (11.2)$$

$$K_{\text{транс}} = 0,05 \cdot 2331,04 = 116,55 \text{ тыс. руб.}$$

По данным сметного отдела затраты на демонтаж труб одного котла ТТ-100 составляет 25,00 тыс. руб. Суммарные затраты на демонтаж труб четырех котлов составят 100,00 тыс. руб.

Результаты расчета капитальных затрат на разработку источника теплоснабжения 4-го микрорайона сведем в таблицу 11.2.

Таблица 11.2 – Смета капитальных затрат на разработку источника теплоснабжения 4-го микрорайона

Наименование затрат	Стоимость, тыс. руб.
Затраты на проектно-изыскательские работы	300,00

Стоимость нового оборудования	2331,04
Стоимость строительно-монтажных работ	699,81
Транспортные затраты	116,55
Затраты на демонтаж старых труб	20,00
ИТОГО:	3467,40

Стоимость реализации труб четырех демонтированных котлов массой по 3 тонны каждый по цене лома составляет, при условии, что стоимость 1 тонны равна 7,00 тыс. руб. (ОАО «НяганьМет»):

$$P_{дем} = 3 \cdot 4 \cdot 7,00 = 84,00 \text{ тыс. руб.}$$

В итоге капитальные затраты на проведение модернизации составят:

$$K = 3467,40 - 84,00 = 3383,40 \text{ тыс. руб.}$$

11.1.2 Расчет текущих затрат

После проведения модернизации водогрейной котельной начинается ее эксплуатация, которая требует ежегодных затрат материальных, энергетических и трудовых ресурсов. Рассмотрим два варианта расчета текущих затрат до и после проведения модернизации водогрейной котельной микрорайона №4 г. Нягань.

Для определения некоторых статей текущих расходов необходимо знать стоимость оборудования, имеющегося в котельной.

Для определения некоторых статей текущих расходов до проведения модернизации необходимо знать стоимость существующего оборудования, имеющегося в котельной. Стоимость оборудования определяется по прейскуранту цен завода-изготовителя и данным сметного отдела и представлена в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Стоимость существующего оборудования котельной

Оборудование	Количество, ед.	Стоимость, тыс.руб.	Общая стоимость, тыс.руб.
1. Котёл газовый ТТ100-5000	4	1948,5	7794,0

2. Горелка газовая	4	134,0	536,0
3. Котловой насос	4	81,1	324,4
4. Сетевой насос	4	80,2	320,8
6. Подпиточный насос	4	9,7	38,8
7. Установка дозирования 01-15	2	49,3	98,6
8. Бак запаса сырой исходной воды	2	90,0	180,0
9. Грязевик горизонтальный Ду300	2	81,4	162,8
10. Приборы КИПиА	18	12,0	216,0
11. Трубопроводная арматура	245	5,0	1225,0
12. Фильтр сетчатый	4	7,0	28,0
13. Насос городской воды 2К-6	3	114,0	342,0
ИТОГО:	296		11266,4

Годовые затраты на газ, тыс.руб./год (11.3):

$$I_m = V_{год} \cdot C_m, \quad (11.3)$$

где I_m – годовые затраты на газ, млн.м³/год;

$V_{год}$ – годовой расход газа, руб/м³;

C_m – тариф на газ [45], тыс.руб./год.

$$I_m = 3,39 \cdot 3,10 = 10509,00 \text{ млн.м}^3/\text{год.}$$

Годовые затраты на сырую и питьевую воду, тыс.руб./год (11.4)

$$I_g = C_g \cdot G_{год}, \quad (11.4)$$

где I_g – годовые затраты на воду, млн.м³/год;

$G_{год}$ – годовой расход воды, 10³ · м³/год;

C_g – тариф на воду [45], тыс.руб./год.

$$I_g = 13,30 \cdot 79,30 = 1054,69 \text{ млн.м}^3/\text{год.}$$

Отчисления на социальные нужды рассчитываются как 26% от основной и дополнительной зарплаты эксплуатационных рабочих, тыс.руб./год (11.5):

$$I_{сн} = 0,26 \cdot I_{знэ}, \quad (11.5)$$

где $I_{сн}$ – отчисления на социальные нужды, тыс.руб./год;

0,26 – 26% от основной и дополнительной зарплаты эксплуатационных рабочих;

$I_{знэ}$ – основная и дополнительная зарплата эксплуатационных рабочих, тыс.руб./год (по данным финансово-экономического отдела).

						13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			71

$$I_{осн} = 0,26 \cdot 840,80 = 218,80 \text{ тыс.руб./год.}$$

Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт рассчитывается как сумма 1% от стоимости оборудования, амортизацию оборудования (норма 10%), основную и дополнительную зарплату ремонтного персонала, а также отчисления на социальные нужды (26% от зарплаты ремонтников), тыс.руб./год (11.6):

$$I_{эмп} = 0,01 \cdot K_{осн} + 0,1 \cdot K_{осн} + I_{зпр} + 0,26 \cdot I_{зпр}, \quad (11.6)$$

где $I_{зпр}$ – основная и дополнительная зарплата ремонтного персонала, тыс.руб./год (по данным финансово-экономического отдела);

$I_{эмп}$ – содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт, тыс.руб./год;

$K_{осн}$ – стоимость оборудования в котельной, тыс.руб./год;

0,01 – 1% от стоимости оборудования;

0,1 – 10% норма амортизации оборудования;

0,26 – 26% от зарплаты ремонтников.

$$\begin{aligned} I_{эмп} &= 0,01 \cdot 13597,44 + 0,1 \cdot 13597,44 + \\ &+ 242,66 + 0,26 \cdot 242,66 = 1801,46 \text{ тыс.руб./год.} \end{aligned}$$

Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений рассчитываются как сумма 0,25% от стоимости оборудования и отчисления на соц. нужды (26% от зарплаты), тыс.руб./год (11.7):

$$I_{цр} = I_{зупн} + 0,0025 \cdot K_{осн} + 0,26 \cdot I_{зупн}, \quad (11.7)$$

где $I_{зупн}$ – основная и дополнительная зарплата персонала управления цеха, тыс.руб./год (по данным финансово-экономического отдела);

$I_{цр}$ – цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений, тыс.руб./год;

0,0025 – 0,25% от стоимости оборудования;

0,26 – 26% от зарплаты.

$$I_{цр} = 480,00 + 0,0025 \cdot 13597,44 + 0,26 \cdot 480,00 = 638,79 \text{ тыс.руб./год.}$$

Прочие производственные расходы рассчитываются как 10% от суммы зарплаты всех категорий персонала, тыс.руб./год (11.8):

$$I_{пр} = 0,1 \cdot \sum I_z, \quad (11.8)$$

где $\sum I_z$ – сумма зарплаты всех категорий персонала, тыс.руб./год.

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

$$I_{np} = 0,1 \cdot (840,80 + 242,66 + 480,00) = 156,30 \text{ тыс.руб./год.}$$

Сумма всех затрат составит, тыс.руб./год (11.9):

$$I = \sum I = I_m + I_e + I_{знэ} + I_{сн} + I_{эпр} + I_{ур} + I_{np}, \quad (11.9)$$

$$I = 10509,00 + 1054,69 + 840,80 + 218,80 + 1801,46 + 638,79 + 156,30 = 15219,84 \text{ тыс.руб./год.}$$

Себестоимость 1 МВт теплоты, руб./МВт (11.10):

$$C = \frac{I}{Q'}, \quad (11.10)$$

где Q' – годовой расход теплоты, МВт/год.

$$C = \frac{15219,84}{42120} = 361 \text{ руб./МВт.}$$

Данные, полученные при расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание отопительной котельной микрорайона №4 г. Нягань после реализации проекта, представлены в таблице 11.4.

Таблица 11.4 – Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание водогрейной котельной микрорайона №4 г. Нягань после реализации проекта

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Показатель	Величина
1	2	3	4
1. Годовой расход газа	млн.м ³ /год	$V_{год}$	3,39
2. Тариф на газ [45]	руб/м ³	$Ц_m$	3,10
3. Годовые затраты на газ	тыс.руб./год	I_m	10509,00
4. Расход воды	10 ³ · м ³ /год	$G_{год}$	79,30
5. Тариф на воду [45]	руб/м ³	$Ц_v$	13,30
6. Сырая и питьевая вода	тыс.руб./год	I_e	1054,69
7. Основная и дополнительная зарплата эксплуатационных рабочих (по данным финансово-экономического отдела)	тыс.руб./год	$I_{знэ}$	840,80
8. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб./год	$I_{сн}$	218,80

9. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт	тыс.руб./год	$I_{этр}$	1801,46
10. Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений	тыс.руб./год	$I_{цр}$	638,79
11. Прочие производственные расходы	тыс.руб./год	$I_{пр}$	156,30
12. Итого затрат	тыс.руб./год	I	15219,84
13. Годовой расход теплоты	МВт/год	Q'	42120,00
14. Себестоимость 1 МВт теплоты	руб./МВт	C	361,00

Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание отопительной котельной микрорайона №4 г. Нягань до проведения модернизации выполняется по формулам (11.3-11.10).

Годовые затраты на газ, тыс.руб./год (11.3):

$$I_m = 3,71 \cdot 3,10 = 11501,00 \text{ тыс.руб./год.}$$

Годовые затраты на сырую и питьевую воду, тыс.руб./год (11.4)

$$I_g = 13,30 \cdot 87,60 = 1165,08 \text{ тыс.руб./год.}$$

Отчисления на социальные нужды рассчитываются как 26% от основной и дополнительной зарплаты эксплуатационных рабочих, тыс.руб./год (11.5):

$$I_{сн} = 0,26 \cdot 840,80 = 218,80 \text{ тыс.руб./год.}$$

Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ремонт рассчитывается как сумма 1% от стоимости оборудования, амортизацию оборудования (норма 10%), основную и дополнительную зарплату ремонтного персонала, а также отчисления на социальные нужды (26% от зарплаты ремонтников), тыс.руб./год (11.6):

$$I_{этр} = 0,01 \cdot 11266,40 + 0,1 \cdot 11266,40 + \\ + 242,66 + 0,26 \cdot 242,66 = 1514,74 \text{ тыс.руб./год.}$$

Цеховые расходы, включая зарплату персонала управления цеха, содержание и текущий ремонт цеховых зданий и сооружений рассчитываются как сумма 0,25% от стоимости оборудования и отчисления на соц. нужды (26% от зарплаты),

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

$$I_{up} = 480,00 + 0,0025 \cdot 11266,40 + 0,26 \cdot 480,00 = 632,97 \text{ тыс.руб./год.}$$

Прочие производственные расходы рассчитываются как 10% от суммы зарплаты всех категорий персонала, тыс.руб./год (11.8):

$$I_{np} = 0,1 \cdot (840,80 + 218,50 + 480,00) = 153,90 \text{ тыс.руб./год.}$$

Сумма всех затрат составит, тыс.руб./год (11.9):

$$I = 11501 + 1165,08 + 840,80 + 218,61 + 1514,74 + 632,97 + 153,90 = 16027,14 \text{ тыс.руб./год.}$$

Себестоимость 1 МВт теплоты, руб./МВт (11.10):

$$C = \frac{16027,14}{32400} = 494,66 \text{ руб./МВт.}$$

Данные, полученные при расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание отопительной котельной микрорайона №4 г. Нягань до реализации проекта, представлены в таблице 11.5.

Таблица 11.5 – Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание отопительной котельной микрорайона №4 г. Нягань до реализации проекта

Показатели и статьи затрат	Единица измерения	Показатель	Величина
1	2	3	4
1. Годовой расход газа	млн.м ³ /год	$B_{год}$	3,71
2. Тариф на газ [45]	руб/м ³	C_m	3,10
3. Годовые затраты на газ	тыс.руб./год	I_m	11501,00
4. Расход воды	10 ³ · м ³ /год	$G_{год}$	87,60
5. Тариф на воду [45]	руб/м ³	C_v	13,30
6. Сырая и питьевая вода	тыс.руб./год	I_v	1165,08
7. Основная и дополнительная зарплата эксплуатационных рабочих	тыс.руб./год	$I_{знэ}$	840,80
8. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб./год	$I_{сн}$	218,61
9. Содержание и эксплуатация энергооборудования, включая содержание оборудования и его текущий ре-	тыс.руб./год	$I_{эпр}$	1514,74

МОНТ			
10. Котельные расходы, включая зарплату персонала управления котельной, содержание и текущий ремонт зданий и сооружений	тыс.руб./год	$I_{цр}$	632,97
11. Прочие производственные расходы	тыс.руб./год	$I_{пр}$	153,90
12. Итого затрат	тыс.руб./год	I	16027,14
13. Годовой расход теплоты	МВт/год	Q'	32400,00
14. Себестоимость 1 МВт теплоты	руб./МВт	C	494,66

Экономия текущих затрат составит (11.11):

$$\Delta I = I_{\text{до модернизации}} - I_{\text{после модернизации}}, \quad (11.11)$$

$$\Delta I = 16027,14 - 15219,84 = 807,30 \text{ тыс.руб./год.}$$

11.1.3 Расчет срока окупаемости модернизации

Экономическая эффективность принятых технических решений может быть определена таким показателем, как срок окупаемости. Для определения срока окупаемости – времени, в течение которого возмещаются дополнительные капитальные вложения за счет экономии на издержках производства, используют формулу (11.12):

$$T = \frac{K}{\Delta I}, \quad (11.12)$$

где $K = 3383,40$ тыс. руб. – капитальные затраты;

$\Delta I = 807,30$ тыс. руб./год – экономия текущих затрат.

$$T = \frac{3383,40}{807,30} = 4,19 \text{ года} \approx 4 \text{ года } 2 \text{ месяца}$$

Вывод: в данном подразделе была рассчитана экономическая эффективность проекта разработки источника теплоснабжения микрорайона №4 г. Нягань. Были определены стоимости капитальных затрат на проведение модернизации, а также стоимости текущих затрат до и после проведения. Полученный срок окупаемости составил приблизительно 4 года и 2 месяца, что не превышает 5 лет и является благоприятным. Основная экономия текущих затрат достигается за счет снижения затрат на газ.

										Лист
										76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2018.14.335 ПЗ					

Была определена также себестоимость 1 МВт тепловой энергии, и себестоимость значительно сократилась (на 133,66 руб./МВт). На себестоимость тепла также влияют уменьшение удельного расхода газа, более высокие КПД вновь устанавливаемых котлов и уменьшение количества обслуживающего персонала.

Вместе с этим, внедрение новой технологии дает экономию средств, ведет к снижению выбросов вредных веществ в атмосферу, что позволяет экономить на платежах по статье расходов «Пользование окружающей средой». Кроме этого в результате реконструкции снижается тепло-напряженность топки, в результате чего уменьшается продолжительность, трудо- и материалоемкость ремонтов, увеличивается межремонтный период. На основании всего вышеизложенного можно сделать вывод, что модернизация котельной не только оправдана с экономической точки зрения, но и необходима с экологической.

11.2 Анализ поля сил

Анализ поля сил – это метод выявления и оценки группы факторов, которые могут повлиять на изменение, способствующих осуществлению изменений или ему противодействующих.

Поле сил изменений системы характеризует организационную надежность состояния предприятия, устойчивость и направленность его развития, которые определяются соотношением движущих сил реализации цели и сдерживающих сил, этому препятствующих.

Цель метода: оценка сильных и слабых сторон организации.

Поле сил изменений системы приведено на рисунке 11.1.

С д е р ж и в а ю щ и е с и л ы



Д в и ж у щ и е с и л ы

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

13.04.01.2018.14.335 ПЗ

Лист

77

В качестве потенциала изменения можно выделить:

- наличие компетентных научных сотрудников;
- наличие опытно-промышленных образцов – котлы ТТ-100 ст. № 1,2,3.

Приступая, к реализации проекта, оценим влияние различных факторов на достижение цели проекта модернизации. Курт Левин предложил существование двух групп факторов противоположного типа, сохраняющих стабильность предприятия. Интегрированная схема и модель анализа устойчивости системы управления может быть построена на основе, объединения способа оценки степени влияния внешних и внутренних факторов, толщина стрелок означает степень значимости сил на данное промышленное предприятие [33].

Одной из главных движущих сил для проведения модернизации водогрейной котельной является экономический эффект от внедрения технологии.

Как показали расчеты текущих затрат до и после проведения модернизации, представленных в таблицах 11.4 и 11.5 соответственно, себестоимость 1 МВт тепловой энергии в модернизированной водогрейной котельной снизится на 196 руб, что быстро окупит проект и позволит увеличить прибыль с продаж тепла. Это является немаловажной движущей силой.

Кроме того, следует обратить внимание на высокий уровень автоматизации вновь устанавливаемого оборудования, который уменьшит вероятность аварийных ситуаций и приведет к сокращению эксплуатационного персонала, обслуживающего котельную.

Сдерживающими силами для достижения цели проекта модернизации является высокая стоимость требуемых капиталовложений, и большой объем по проектированию и строительству, который займет много времени и сил.

По данному полю сил можно сделать вывод о том, что движущие силы в совокупности с потенциалом изменений преобладают над сдерживающими. Это значит, что проект может быть реализован, а после проведения модернизации котельная будет обеспечивать тепловой энергией потребителей эффективнее, чем в настоящее время.

11.3 SWOT – анализ вариантов проекта модернизации водогрейной котельной

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

- Сильные стороны (Strengths) — преимущества предприятия;
- Слабые стороны (Weaknesses) — недостатки предприятия;
- Возможности (Opportunities) — факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества предприятия на рынке;
- Угрозы (Threats) — факторы, которые могут потенциально ухудшить положение предприятия на рынке.

Основная цель SWOT-анализа – исследование сильных и уязвимых сторон предприятия. Должен быть проведен анализ потенциальных угроз от факторов извне, поиск и определение предположительных путей развития фирмы. Кроме того, анализ помогает установить связи между данными составляющими.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Разработка SWOT-анализа принадлежит профессору Кеннету Эндрюсу. Именно он занялся добавлением в анализ факторов извне и тех, что есть внутри, к матрице и получил в результате наглядную классификацию определений явлений, проектов или организаций для выбора основных факторов, определяющих уровень успеха. Если говорить о названии анализа, следует отметить, что аббревиатуру SWOT можно отнести к наименованиям, которые часто выдвигаются американскими учителями по бизнесу для того, чтобы начинающие предприниматели могли легче запоминать фундаментальные принципы.

Название анализа SWOT состоит из нескольких значений. В данном случае:

- S является «силой» (Strenght),
- W является «слабостью» (Weakness),
- O является «возможностью» (Opportunities),
- T является «проблемой» (Troubles).

Стоит отметить, что данная аббревиатура действительно емко и полно отражает главные бизнес-характеристики, составляющие в совокупности друг с другом основную задачу идеи SWOT-анализа. Данному разделу анализа иногда дают наименование ситуационного. Этот показатель иногда выступает и как самостоятельная часть плана анализа, которая проводится перед тем, как раскрываются цели и задачи.

Произведем SWOT-анализ для двух вариантов: «Мир с проектом» (котельная после модернизации), и «Мир без проекта» (котельная, без проведения модернизации). SWOT-анализ для первого варианта представлен в таблице 11.6.

Таблица 11.6 – SWOT-анализ «Мир с проектом» (котельная после модернизации)

<p><i>S: (сильные стороны):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – экономия топлива; – улучшение экологической ситуации в районе; – средний срок окупаемости; – рабочие могут осваивать новое оборудование без отрыва от выполнения своих обязанностей; – наличие опытных специалистов. 	<p><i>W: (слабые стороны):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – капитальные затраты на модернизацию; – требуется ознакомление персонала с новым режимом работы и оборудованием.
<p><i>O: (возможности):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – заключение новых договоров о потреблении тепловой энергии. – существование новых технологий и энергооборудования на рынке. 	<p><i>T: (угрозы существованию):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – невыполнение поставщиками графика поставок оборудования; – возможные задержки с поставкой оборудования и материалов; – рост цен на топливо.

Анализ показывает, что при модернизации котельной возникнут дополнительные расходы, но экономия топлива, уменьшение вредных выбросов в

При осуществлении проекта возникают возможности заключения новых договоров о потреблении тепловой энергии, так как повысится тепловая мощность котельной, что позволит покрыть тепловую нагрузку на вновь подключаемые объекты.

Невыполнение поставщиков графика поставок оборудования или несоблюдение качества покупаемого товара приведет к переносу сроков выполнения проекта или к его невыполнению, в худшем случае.

За последние 10 лет цены на топливо возросли и не перестают повышаться. При проектировании и модернизации котельной необходимо учитывать данный факт.

SWOT-анализ для второго варианта – котельная без проведения модернизации, представлен в таблице 11.7.

Таблица 11.7 – SWOT-анализ «Мир без проекта» (котельная без проведения модернизации)

<p><i>S: (сильные стороны):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие капитальных затрат на модернизацию; – не требуется переобучение рабочих для работы с новым оборудованием; – обеспечение бесперебойной подачи тепловой энергии. 	<p><i>W: (слабые стороны):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – морально и физически старое оборудование; – оборудование не отвечает современным экологическим требованиям; – значительные затраты на поддержание оборудования в рабочем состоянии.
<p><i>O: (возможности):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – устойчивый спрос на тепловую энергию. 	<p><i>T: (угрозы существованию):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – нестабильность экономической обстановки на рынке энергоресурсов и строительства; – увеличение потребителей тепла; – увеличение цен на газ;

Проведя SWOT-анализ, можно сделать вывод о том, что модернизация водогрейной котельной микрорайона №4 г. Нягань является наиболее выгодным вариантом по разработке дополнительного источника теплоснабжения в центральном жилом районе города и позволит более эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

11.4 Планирование целей предприятия проекта

Для того чтобы проект был успешным, у него должна быть четко определенная и реальная цель. Цель проекта – желаемый результат деятельности,

достигаемый в пределах установленного интервала времени. Цель проекта всегда связана с решаемой в ходе него проблемой или совокупностью проблем.

11.4.1 Планирование целей предприятия в пирамиде целеполагания

Видение организации - это образное представление смысла деятельности и перспектив (будущего) организации. Оно объясняет и демонстрирует всем сотрудникам и общественности, что представляет собой организация, какой она должна стать и к чему она стремится.

Формирование видения - это одна из задач высшего руководства. Горизонт видения, т.е. период отдаленности во времени формируемого образа предприятия, может быть различным, от нескольких месяцев до нескольких лет

На рисунке 11.2 изображена пирамида целеполагания АО «НЭРС» по модернизации водогрейной котельной микрорайона №4 г. Нягань.

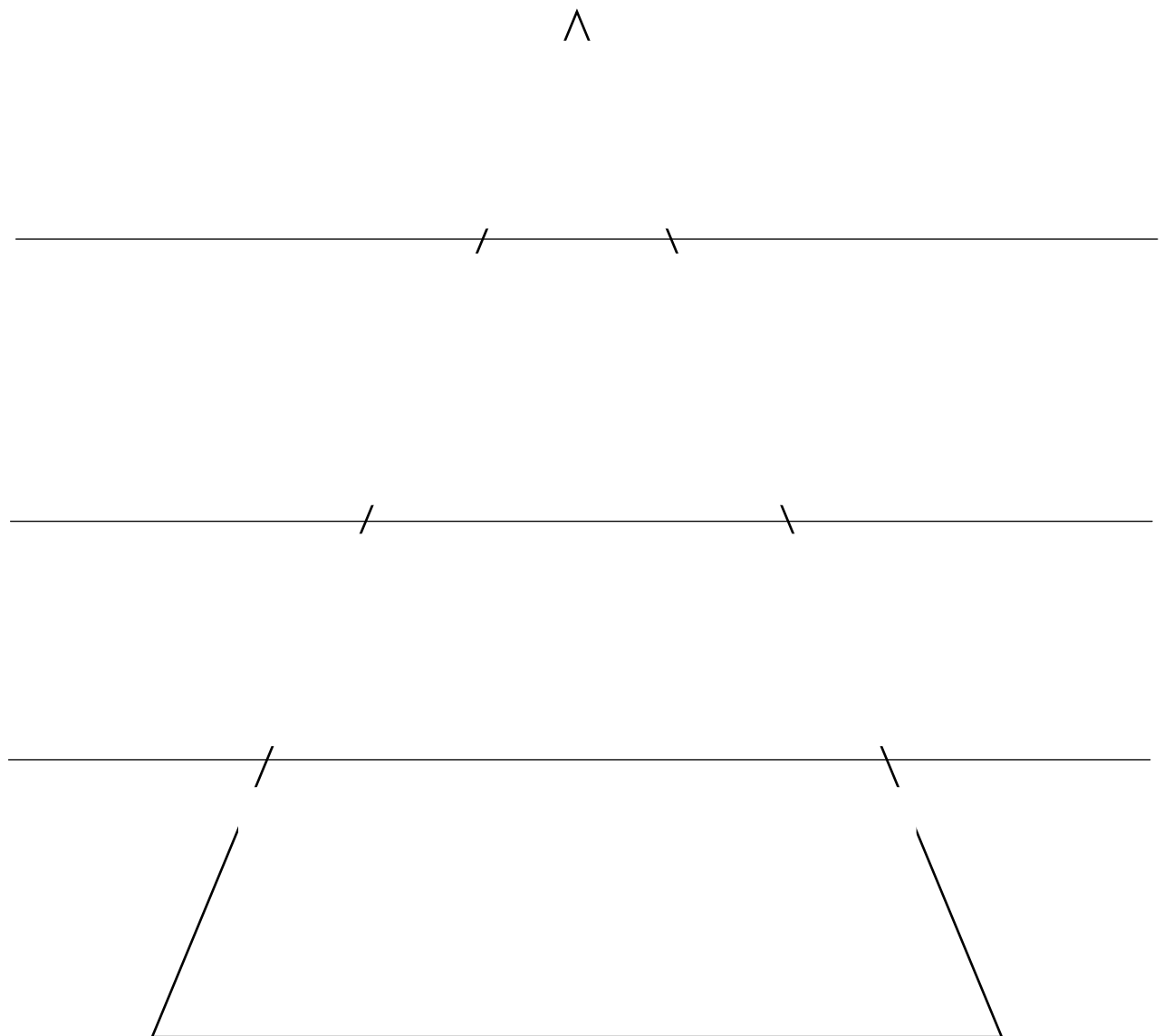


Рисунок 11.2 – Пирамида целеполагания АО «НЭРС» по разработке источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягани

11.4.2 Планирование целей проекта в дереве целей

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую подчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. Для его построения задача высшего уровня или миссия предприятия делится на проектные цели исполнителей. На рисунке 11.3 построено дерево целей проекта модернизации водогрейной котельной микрорайона №4 г. Нягань.

Признаком завершения построения дерева целей является формулировка таких целей, которые дальше не расчленяются и дают конечные результаты, определенные главной целью [33].



Рисунок 11.3 – Дерево целей проекта
11.5 Ленточный график Ганта

Ленточный график Гранта – это один из наиболее удобных и популярных способов графического представления периода выполнения задач и представляет собой диаграмму интервалов на шкале времени и отображает применение

объектами (пунктами) ресурсов (серий). Ленточные графики являются самыми простыми с точки зрения построения, учета и контроля (таблица 11.8).

Таблица 11.8 – План-график Гранта по реализации проекта

Наименование этапа	2019 год											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расчет и анализ надежности работы энергетического оборудования	■											
Подготовка экономического расчета проекта		■										
Утвердить сметный расчет проекта			■									
Разработка проекта			■	■								
Заключение договора на выполнение работ			■	■	■							
Выбрать поставщиков оборудования и совершить покупку нового оборудования			■	■	■	■						
Демонтаж старого оборудования				■	■	■	■					
Монтаж нового оборудования								■	■	■		
Подготовить персонал для работы											■	
Произвести пуско-наладочные работы												■
Обеспечить ряд испытаний для безопасной эксплуатации												■

11.6 Основные технико-экономические показатели проекта

Технико-экономические показатели отражают экономичность принятого объемно-планировочного решения здания, требования нормативных документов, а также экономичность принятого планировочного решения участка реконструкции.

В таблице 11.9 указаны основные технико-экономические показатели проекта по модернизации котельной 4-го микрорайона города Нягань.

Таблица 11.9 – Технико-экономические показатели инвестиционного проекта по разработке источника теплоснабжения 4-го микрорайона г. Нягань

Наименование показателей	Единица измерения	Величина показателя
--------------------------	-------------------	---------------------

Единовременные (капитальные) затраты на реализацию проекта	млн. руб	3,4
Экономия топлива после реализации проекта	млн.м ³ /год	0,32
КПД после модернизации котельной	%	95
Прирост объема производства тепловой энергии после модернизации котельной	%	15
Себестоимость производства 1 МВт тепла после модернизации котельной	руб./МВт	613
Годовая экономия проекта	тыс. руб.	807,3
Срок окупаемости проекта	лет	4,19

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был проведен анализ оборудования котельной 4-го микрорайона АО «Няганские энергетические ресурсы», который выявил неэффективность работы котла ТТ100-5000 и нехватку вырабатываемой тепловой мощности из-за растущих тепловых нагрузок в микрорайоне №4 города Нягань.

В связи со значительным увеличением потребления тепла для отопления, ГВС и вентиляции жилого района в данной работе предложена вариация работы котла ТТ100-5000 совместно с КТАН. Был проведен тепловой расчет котла Термотехник, а также расчет и выбор контактного теплообменника с активной насадкой.

Рассмотрены условия, обеспечивающие необходимый уровень техники безопасности, охраны труда, охраны окружающей среды и мероприятия по устранению чрезвычайных ситуаций.

Произведен расчет дымовой трубы, в ходе которого сделан вывод, что существующая труба высотой 40 м отвечает нормам эксплуатации. При расчете выбросов NO₂ доказано, что уходящие газы котельной не превышают ПДК вредных веществ.

Для обоснования экономической эффективности предложенных мероприятий был выполнен расчет технико-экономических показателей. Определялась зависимость выручки, прибыли и затрат от объема производства. Срок окупаемости проекта составит 4,2 года.

Таким образом, предложенное в проекте мероприятие обеспечивает высокий уровень тепловой и экономической эффективности, а также достойную безопасность и надежность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Введён в действие 27.11.2009 // Российская газета № 5050 27 ноября 2009 г. – 2009.

2 ГОСТ 12.1.003-76. Допустимые шумовые характеристики рабочих мест. – М.: Изд-во стандартов, 1976.

3 ГОСТ 12.0.003-80. Опасные и вредные производственные факторы. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1980.

4 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006.

5 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

6 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ И – 01.12.81; 02.06.90. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007.

7 ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ И – 1.01.86. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 2001.

8 ГОСТ 12.1.030-81 ГОСТ 12.1.030-82 ССБТ – 1.01.86. Электробезопасность. Защитное заземление. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 2001.

9 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.– Введ. 1997-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007.

10 ГОСТ 36.13-90. Щиты и пульта автоматизации технологических процессов. Общие технические условия. – Введ. 1991-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1991.

11 ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2008.

12 ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Руководящий документ по стандартизации, 1990.

13 СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – Введ. 2000-01-01. – М.: ГУП ЦПП, 2005.

14 ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ – 1.01.80. Общие эргономические требования. – М.:ИПК Изд-во стандартов, 2001.

15 СП 89.13330.1012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012.

16 СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. – Введ. 2000-01-01. – М.: ГУП ЦПП, 2005.

17 Алабугин, А. А. Экономико-управленческая часть дипломного проекта: Методические указания по выполнению дипломного проекта для студентов энергетического факультета / Р. А. Алабугина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2017г;

18 Бадагуев, Б. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции , положения / Б. Бадагуев // Издательство: Альфа-Пресс; 2012 г;

19 Быстрицкий, Г.Ф. Основы энергетики / Г.Ф. Быстрицкий, – М.: КноРус, 2011. – 357 с.

20 Винтовкин, А.А. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики): Справочное издание / А.А. Винтовкин, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский и др. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 496 с.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

- 21 Горяев, А.Б. Энергосбережение при производстве и распределении тепловой энергии (в примерах и задачах) : учеб. пособие / А.Б. Горяев, И.В. Яковлев, Г.П. Шаповалова, В.С. Агабабов. – М.: МЭИ, 2012. - 64 с.
- 22 Григорьев, В.И. Справочник энергетика / В.И. Григорьев. – М.: Колосс, 2006. – 205 с.
- 23 Данилов, Н.И. Энциклопедия энергосбережения / Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков. – Екатеринбург: ИД «Сократ», 2002. – 352 с.
- 24 Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ, 2009. -496 с.
- 25 Ижорин, М.Н. Дымовые трубы. Справочник / М.Н. Ижорин. – М.: Теплотехник, 2004.
- 26 Карауш, С. А. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения / С.А.Карауш, А.Н. Хуторной. – Томск, 2003.
- 27 Кириллов, В. В. Расчет тепловых схем источников теплоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / В. В. Кириллов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010.
- 28 Клименко, А.В. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника. Справочник. (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн.4) / А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М.: Издательство МЭИ, 2004.
- 29 Липов, Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: учебник для вузов / Ю.М. Липов, Ю.М. Третьяков. – М.: 2006.
- 30 Методика расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе от выбросов предприятий (утв. приказом Министра охраны ООС РК от 18 апреля 2008 года № 100-П.).
- 31 Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для вузов / Г. П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009, 352 с.
- 32 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов / П В. Росляков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 336 с.: ил.
- 33 Самсонов, В. С. Экономика предприятий энергетического комплекса: учебник для студентов вузов/ В. С.Самсонов, М. А. Вяткин.– М.: Высшая школа, 2007.
- 34 Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – 7-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2009.
- 35 Схема теплоснабжения города Нягань ХМАО-Югра на период 2018-2030 годы. Обосновывающие материалы. Книга 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения / – Ханты-Мансийск, 2018. – 176 с.
- 36 Тепловой расчет котлов: нормативный метод – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
- 37 Расчет теплоутилизатора дымовых газов контактного типа: метод. указания для курсового и дипломного проектирования /А.В. Кошельник, В.М. Кошельник. – Харьков: НТУ ХПИ, 2007.
- 38 Котел ТТ-100-5000. – https://entroros.ntrt.ru/images/manuals/ТТ100_teh.pdf.
- 39 Завод Вольф Энерджи Солюшен. – <https://gazovik-teplo.ru/cat/wolf/>.
- 40 Насосы «Wilo». – <http://www.wilo.by/cps/rde/xchg/by-ru/layout.xsl/index.htm>.
- 41 Тарифы на газ, электроэнергию и воду за 2017 г для предприятий. – <http://www.forexcity.ru/information/zhkh/%D1%81helyabinsk.html>.

					13.04.01.2018.14.335 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

42 Энергосбережение. –http://www.mosenergosbyt.ru/portal/site/energy_saving.

43 Контактный теплообменник. – <https://helpiks.org/3-31857.html>.

44 Устройство и принцип работы автоматики для газовых котлов. – <http://sovet-ingenera.com/otoplenie/kotly/avtomatika-dlya-gazovyx-kotlov-otopleniya.html>.

					<i>13.04.01.2018.14.335 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88