

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Политехнический институт
заочный факультет
Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»
Направление подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПРОВЕРЕНА
Рецензент,
директор ООО «Ремстроймонтаж»

_____ И.К. Хасанов
« ____ » _____ 20 ____ г.

М.П.

Разработка системы теплоснабжения п.Барсово Сургутского района ХМАО

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПО ПРОГРАММЕ МАГИСТРАТУРЫ
«ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ»
ЮУрГУ–13.04.01.2020.700.12.ПЗ ВКР

Руководитель магистерской
программы, к.т.н., доцент
_____ К.В. Осинцев
« ____ » _____ 20 ____ г.

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
_____ Л.Е. Лымбина
« ____ » _____ 20 ____ г.

Автор работы,
магистрант группы П-389
_____ А.В. Побережник
« ____ » _____ 20 ____ г.

Челябинск 2020

АННОТАЦИЯ

Побережник А.В. Разработка системы теплоснабжения п. Барсово Сургутского района ХМАО – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, ЗФ; 2019, 106 с., 15 ил., 36 табл., библиогр. список – 51 наим., 5 листов чертежей ф. А1, 2 демонстрационных листа ф. А1

В выпускной квалификационной работе (ВКР) дано обоснование разработки новой системы теплоснабжения п. Барсово г. Сургута. Предложен выбор оборудования, а именно, выбор котлов и теплообменных аппаратов.

Для надежного и бесперебойного обеспечения услугами теплоснабжения, существующих на территории поселка жилых домов, объектов социального и производственного назначения, повышение качества предоставляемых услуг на отопление, снизить затраты и повысить энергоэффективность новой котельной. В связи с постройкой новой котельной, связанную с перспективой развития поселения, возможности застройщиков и новых объектов подключения к системе теплоснабжения.

В ВКР рассмотрена необходимость строительства новой котельной: произведен детальный расчет тепловой схемы котельной: нагрузки вентиляции и отопления, температур сетевой воды, рассмотрены термодинамические потенциалы, а также проведен конструктивный расчет теплообменного аппарата шведской фирмы Alfa laval, тепла в воздухе и продуктов горения, также поверочный расчет котла Ygnis ST 8100, определена высота дымогарных труб.

Рассмотрена автоматизация котлов, автоматизация работы вспомогательного оборудования котельной и контроль за параметрами теплоносителя. В добавок ВКР приняты во внимание основные направления энергосбережения, исследовано влияние ВКР на окружающую среду в плане экологии, вопросы безопасности жизнедеятельности, обоснована экономическая эффективность выпускной квалификационной работы.

					<i>ЮУрГУ – 13.04.01.2020.700.12 ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Побережник А.В.			Разработка системы теплоснабжения п. Барсово Сургутского района ХМАО	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Лымбина Л.Е.						103
Реценз.						ЮУрГУ		
Н. Контр.		Лымбина Л.Е.				Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»		
Утверд.		Осинцев К.В.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ.....	5
2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	6
3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	8
4 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ П. БАРСОВО СУРГУТСКОГО РАЙОНА ХМАО	12
4.1 Расчёт тепловой схемы котельной	12
4.2 Тепловой поверочный расчет котла	22
4.3 Теплообменные аппараты. Тепловые расчеты.....	32
5 НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА. АНАЛИЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОПРОВОДОВ.....	45
6 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ	56
7 ЭКОЛОГИЯ	59
8 АВТОМАТИЗАЦИЯ.....	70
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	72
10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	90
10.1 Капитальные затраты: Вариант №1	90
10.2 Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание Вариант №1	91
10.3 Капитальные затраты: Вариант №2.....	94
10.5 SWOT – анализ вариантов технических решений	99
10.6 Система целей энергетического хозяйства предприятия.....	100
10.6.1 Построение дерева целей проекта.....	101
10.6.2 Поле сил изменений системы К. Левина	102
10.7 Планирование на предприятии	103
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	105

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ				

ВВЕДЕНИЕ

Поселок Барсово Сургутского района ХМАО находится в холодных климатических условиях. Зимой температуры могут достигать -55°C . Именно поэтому энергетический комплекс занимает очень важное место в жизни региона. Согласно стратегии социально-экономического развития региона до 2030 года предприняты следующие шаги развития энергетики: внедрение ресурсосберегающих технологий, внедрение прогрессивных материалов, установку современной регулирующей аппаратуры, установку современного оборудования и приборов учета.

Для обеспечения качественной жизнедеятельности населения в РФ является приоритетной задачей государства. Поэтому в выпускной квалификационной работе (ВКР) предложен вариант строительства производственно – отопительной котельной для жилого массива поселка, в связи с увеличением числа жителей посёлка и увеличением потребности теплоты на нужды отопления вентиляции и ГВС.

При строительстве котельной было принято установить новейшее энергосберегающее оборудование: три стальных водогрейных котла Ygnis ST 8100.

Основным топливом является природный газ, который перед подачей в котлы проходит узел очистки, учета и редуцирования. Мазут является резервным топливом. Для его хранения предназначены два резервуара объемом 5000м^3 .

Контроль и регулирование параметров работы водогрейных котлов, схем защиты «КИП и А» и сигнализации будет осуществляется компьютерным управлением. Рассмотренная в выпускной квалификационной работе разработка системы теплоснабжения п. Барсово Сургутского района ХМАО необходима для экономичного, бесперебойного и эффективного теплоснабжения потребителей: систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Перевод на компьютерное управление дает значительные преимущества: обеспечивает уменьшение численности рабочего персонала, т.е. повышение производительности его труда, приводит к изменению характера труда обслуживающего персонала, увеличивает точность поддержания параметров вырабатываемого пара, уменьшает расход топлива и электроэнергии.

Режимы работы тепловой сети подразделяют на тепловой и гидравлический. Тепловой режим сети определяет метод регулирования отпуска теплоты и задает соответствующий график температур в тепловой сети и системах теплоснабжения. На основе температурных графиков определяют потребные расходы теплоносителя в системах теплоснабжения зданий и в сетях. Гидравлический режим определяет требуемые давления в тепловых сетях и условия по созданию расчетной циркуляции теплоносителя и его распределению по всем подключенным потребителям. В новой котельной поселка Барсово Сургутского района ХМАО применяется тепловой режим работы тепловой сети.

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

При работе над выпускной квалификационной работой были использованы нормативные справочники и учебно-методическая литература, нормативно-законодательные акты.

Государственная политика по формированию принципов и механизмов в области энергосбережения РФ было положено в основу постановления Правительства РФ «О неотложных мерах по энергосбережению в области добычи, производства, транспортировки и использования нефти, газа и нефтепродуктов» (№ 371 от 01.06.92 г.) и одобрена в этом же году Правительством РФ Концепция энергетической политики России.[2]

В апреле 1996 года был принят Федеральный закон № 28-ФЗ «Об энергосбережении».

Новый Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009 года определяет основные принципы работы в области энергетической эффективности предприятий, организаций, в т.ч. бюджетных и осуществляющих регулируемые виды деятельности, требования в отношении отдельных видов товаров и оборудования, зданий, в т.ч. многоквартирных домов, определяет условия энергосервисных контрактов, правила создания и функционирования саморегулируемых организаций энергоаудиторов, вводит штрафы за невыполнение отдельных требований и нормативов энергоэффективности. [1]

Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2009 N 1830-р "Об утверждении плана мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в Российской Федерации" определяет перечень мероприятий, нормативных актов, принимаемых министерствами и ведомствами, а также сроки принятия данных актов во исполнение ФЗ-261 "Об энергосбережении..."

Задачей энергетической политики России является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций. Это подробно излагается в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

Основные принципы реконструкции тепловых сетей приведены в следующих книгах, литературных источниках, в которых:

Автором Манюк В.И., в «Справочнике по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей», дана методика определения тепловых нагрузок и пропускной способности трубопроводов, а также технические характеристики отопительного и водонагревательного оборудования, приборов контроля и автоматики. Рассмотрены пути экономии тепловой и электрической энергии [27].

Автором Плетневым Т.П. в книге «Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике», описаны основные задачи специалистов в области теплоснабжения, вентиляции и охраны воздушного бассейна. Создание

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

микроклимата в помещениях различного назначения, при котором достигаются комфортные условия для выполнения работ и обычной деятельности человека, решение задач по очистке газовых выбросов, утилизации уловленных веществ и энергосбережения. Именно то, что необходимо для общества и технологических процессов, состояние внутренней среды на производстве, в жилых и общественных зданиях обеспечиваются с помощью систем отопления, теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха [39].

Автором Соколов Е. Я., в книге «Теплофикация и тепловые сети», описаны методы центрального регулирования отпуска теплоты, трассировка и выбор способа прокладки тепловых сетей [31].

В книге «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» автором, которой является Клименко А.В., представлены сведения о ресурсной базе мирового энергетического хозяйства и топливно-энергетическом комплексе РФ, о состоянии энергетики и электрификации страны, функционировании этих отраслей в условиях рыночной экономики [32].

Автором Хрустальевым Б. М., в книге «Теплоснабжение и вентиляция тепловое хозяйство России», развита тема путей сосредоточенности тепловых нагрузок, централизации теплоснабжения и состоящей из тепловой и электрической энергии - когенерация [29].

Широкое развитие получила теплофикация, являющаяся наиболее рациональным методом использования топливных ресурсов для тепло- и электроснабжения [6].

В СП 60.13330.2016 приведены свод правил, соответствующих целям технических регламентов: Федерального закона «О техническом регулировании», Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», и Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». [7]

Строительные нормы и правила устанавливают комплекс обязательных нормативных требований по проектированию тепловых сетей, сооружений на тепловых сетях во взаимосвязи со всеми элементами систем централизованного теплоснабжения. [9]

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

3 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Тепловые сети в РФ регламентируются сводами правил, одним из которых является – СП 124.13330.2012 Тепловые сети [9].

Тепловых сетей, которые различаются по типу укладки, по типу теплоносителя и по схемам проектирования. Также, под видами тепловых сетей иногда понимают типы трубных систем. Типы трубных систем различаются не методом или способом укладки, а количеством труб в одной теплотрассе: 2- трубные, 3-трубные, 4-трубные системы и т.д.

Прокладку сетей, разделяются на воздушные (надземные) и подземные.

Воздушные тепловые сети имеет распространение в районах с подвижными грунтами, на территориях, где укладка сетей под землю затруднительна из-за плотной застройки или наличия уже существующих подземных коммуникаций.

Трубопровод монтируется на предварительно установленные металлические опоры.

Подземные тепловые сети:

– канальный способ укладки трубы укладываются в предварительно смонтированный бетонный канал. Такой канал защищает трубопровод от грунтовых воздействий и коррозионного влияния почвы. Каналы бывают лотковые и монолитные, заливаемые в процессе укладки, которые также подразделяются на проходные, полупроходные и не проходные;

– бесканальный способ укладки на сегодняшний день это является наиболее экономически выгодным способом подземной укладки.

Трубы укладываются непосредственно в грунт, без монтажа специального бетонного канала.

При бесканальной укладке используются особые трубы в полиэтиленовой оболочке или безоболочные трубы из поливинилхлорида.

В качестве теплоносителя в тепловых сетях выступают такие типы как:

1) вода – является носителем тепловой энергии. Особенностью водяных тепловых сетей является обязательное кратное количество труб, так как помимо транспортировки горячей воды, также требуется и отвод теплоносителя. Водяные тепловые сети различаются количеством трубопроводов: 2-х трубные, 4-х трубные и т.д;

2) пар – паровые тепловые сети более сложное инженерное сооружение, так как пар, как носитель тепловой энергии горячее воды и это может привести к температурным деформациям труб. Также, при проектировании паровых трубопроводов следует учитывать сложности, связанные с возникновением в трубах попутного конденсата.

По схемам проектирования делятся на:

– магистральные сети всегда транзитные и не имеют ответвлений. Магистральные сети транспортируют тепловую энергию от источника, до

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

распределительных тепловых сетей. Температура теплоносителя от 90 до 150 градусов. Диаметр труб от 525 мм до 1020 мм;

– распределительные тепловые сети, это те сети, по которым тепло передается от магистральных тепловых сетей непосредственно к домам. Диаметр труб в распределительных сетях зависит от количества домов и квартир, которые получают тепло и не превышают 525 мм. Температура в распределительных сетях от 85 до 110 градусов.

Квартальные тепловые сети, это трубопроводы, соединяющие конкретных потребителей тепла с распределительной тепловой сетью внутри кварталов городской застройки.

В качестве зарубежного опыта, актуально рассмотреть систему центрального тепло-водоснабжения Дании.

В Дании создано около 300 компаний центрального тепло-водоснабжения (ЦТ). Как правило, компаниями ЦТ в крупных городах владеют местные власти, малыми компаниями ЦТ – кооперативы потребителей. В первом случае интересы потребителей отражаются через представителей, избранных в органы власти. Во втором случае – правления компаний ЦТ избираются на ежегодных собраниях представителей потребителей.

С целью снижения до минимума расходов потребителей все компании ЦТ действуют как бесприбыльные кооперативы и, следовательно, нет затрат потребителей на покрытие налогов с прибыли компаний. При этом реальная прибыль, получаемая теплоснабжающей компанией в течение отчетного периода (на конец каждого года), направляется в виде дотации на снижение тарифов на тепло для всех потребителей в будущем после отчетного года. Таким опосредованным образом потребители теплоэнергии в Дании являются фактическими владельцами теплоснабжающих компаний и большинства теплогенерирующих мощностей.

Политика Дании в области теплоснабжения нацелена на решение задач экономии энергии и снижения выбросов в окружающую среду от теплопроизводящих установок путем развития ЦТ, и в том числе комбинированного производства тепла и электроэнергии (ТЭЦ), и мелких децентрализованных систем теплоснабжения, охватывающих максимально-возможное количество рассредоточенных потребителей. В результате развития комбинированного производства тепла и электроэнергии в стране не должно остаться ни одной электростанции, работающей по конденсационному циклу, и в то же время должно быть обеспечено максимально возможное использование действующих котельных установок не только для производства тепловой, но и электрической энергии.

В соответствии с Законом "О теплоснабжении" цены на тепло устанавливаются в соответствии с фактическими расходами на основе общего экономического принципа самообеспеченности. Цена включает все необходимые расходы на поставку тепла. Таким образом, компания не может обанкротиться. Цена может включать умеренный уровень процентов на произведенные капиталовложения. Это означает, что местные власти, владеющие компанией ЦТ,

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

не имеют права переводить прибыли со счетов компании на другие цели. Вся прибыль должна быть использована на снижение цен на отопление.

Во всех государственных учреждениях, офисах, строениях внедряется обязательное управление энергопотреблением в качестве примера для местных властей, крупных потребителей энергии и владельцев частных домов. Прилагаются усилия по увеличению продажи оборудования, позволяющего экономить энергию. В результате многие крупные потребители также уже ввели свою систему управления потреблением энергии и контроля за ее расходом. Эта система регистрирует потребление тепла и электроэнергии непрерывно, что быстро позволяет установить причины повышенного расхода энергии. Опыт показывает, что только внедрение системы контроля ограничивает потребление на 10%.

В Дании применяется уникальный метод экономии энергии путем снижения температуры подаваемой в системы ЦТ воды, так как тепловые системы и тепловые аккумуляторы легче всего строить и эксплуатировать при температурах около или ниже 100° С. Все большее значение в Дании придается развитию ТЭЦ. Высокий КПД работы электростанций страны во многом определяется развитием ТЭЦ на высоких параметрах пара и с использованием для охлаждения морской воды. Этот КПД (то есть соотношение полезно полученной электрической и тепловой энергии к теплотворной способности затраченного на ее производство топлива) составил свыше 80%. Без ТЭЦ КПД электростанций не превысил бы 40,8%.

ТЭЦ дают около 60% тепла, отпускаемого от систем ЦТ. С середины 70-х годов многие электростанции реконструировались в ТЭЦ. Почти все новые электростанции, построенные за последние 15 лет, вырабатывают и электроэнергию, и тепло. В будущем запланировано построить еще несколько менее крупных ("децентрализованных") ТЭЦ. Промышленным предприятиям, уже имеющим свои электростанции, также рекомендовано осуществить скорейший переход к системам совместной выработки тепла и электроэнергии с использованием природного газа в качестве топлива. Таким образом, удельный вес тепла, вырабатываемого на ТЭЦ, еще больше возрастет.

Особым для Дании направлением является создание мини-ТЭЦ мощностью до 1 МВт прежде всего на базе действующих котельных.

Низкие температуры, используемые в системах ЦТ Дании, позволяют утилизировать избыточное тепло относительно низкой температуры, которое содержится в отходящих газах и сточных водах промышленности. Например, цементный завод "Ольборг Портланд" дает около 190 тыс. ГКал в год для теплоснабжения в г. Ольборг, что составляет около 15% потребности города в тепле. Это обеспечивает сокращение вредных выбросов в окружающую среду.

По материалам книги "Повышение эффективности использования энергии в промышленности Дании", изданной Российско-Датским институтом энергоэффективности и Министерством топлива и энергетики РФ.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ				

За счет постоянного снижения издержек и, в первую очередь, за счет замены канальных тепловых сетей на бесканальные в ППУ–изоляциях, расходы тепла на 1 м² жилой площади за последние 30 лет уменьшились вдвое!

Население в г. Оденсе насчитывает 178 тыс. человек 98 % населения получают тепло и горячую воду от системы ЦТ, начало которой было заложено еще в 1929 г.

Муниципальное теплоснабжающее предприятие г. Оденсе составляет как бы

часть муниципалитета. Штатных сотрудников – 84 человека. Есть директор и Правление из 2-х человек (бургомистр города и член горсовета).

Административный персонал состоит из 5-ти отделов: финансовый, логистики, строительства, проектирования и эксплуатации. Проектные работы компания делает своими силами. Есть также диспетчерская.

Протяженность тепловых сетей составляет 2x1630 км, суммарная тепловая мощность 800 МВт. К сети ЦТ присоединено 85 тыс. домов.

Система теплоснабжения закрытая одноконтурная. От ТЭЦ теплоноситель в зимний период подается с давлением 25 бар, а в распределительные сети поступает через дроссельные устройства с давлением не более 6 бар.

Температура в прямом теплопроводе колеблется в диапазоне 82–95 °С. У самого дальнего потребителя, расположенного в 30 км от источника, температура теплоносителя снижается не более чем на 2 °С. Инерционность системы составляет 12 ч.

Рассмотрев системы теплоснабжения России и Дании, можно сделать следующий вывод, о том, что уровень систем теплоснабжения в РФ, является высоким, так как многие технические решения были заимствованы Данией у СССР ещё в 90-е годы. На сегодняшний день развитие систем теплоснабжения не стоят на месте. А реализуют всё более совершенные проекты передовых технологий, связанных с энергосбережением в сфере тепло-энергоснабжения.

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

4 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ П. БАРСОВО СУРГУТСКОГО РАЙОНА ХМАО

Проектирование системы теплоснабжения поселка Барсово Сургутского района ХМАО представляет собой большую совокупность проблем, от правильного принятого решения, зависят масштабы необходимых капитальных вложений в эти системы. Спрогнозировать спрос на тепловую энергию возможно, в связи темпами развития поселка, в первую очередь его градостроительной деятельности, определённой генеральным планом на период до 2030 года. Выявление проблемы и принятие к каким-либо действий начинаются при подготовке генеральных планов в самом общем виде совместно с другими вопросами поселковой инфраструктуры, и такие решения носят предварительный характер. Даётся обоснование необходимости сооружения новых источников тепла для покрытия имеющегося недостатка мощности и возрастающих тепловых нагрузок на расчётный срок. При этом рассмотрение вопросов выбора основного оборудования для котельных, а также трасс тепловых сетей от них производится только после технико – экономического обоснования принимаемых решений. В качестве основного документа по развитию теплового хозяйства поселения принята практика составления перспективных схем теплоснабжения. Схемы по теплоснабжению делаются на основе анализа фактических тепловых нагрузок потребителей с учётом перспективного развития сроком на 15 лет, структуры топливного баланса региона, оценки состояния существующих источников тепла и тепловых сетей и возможности их дальнейшего использования, рассмотрения вопросов надёжности и экономичности. С повышением степени централизации, как правило, повышается экономичность производство тепла, снижаются начальные затраты и расходы по эксплуатации источников теплоснабжения, но одновременно увеличиваются начальные затраты на постройки тепловых сетей и эксплуатационные расходы на транспорт тепла. Централизация теплоснабжения всегда экономически выгодна при плотной застройке поселка Барсово.

4.1 Расчёт тепловой схемы котельной

В качестве потребителя коммунально-бытовой нагрузки является посёлок Барсово Сургутского района ХМАО с жилыми домами квартирного типа при высоте зданий 5 и более этажей.

Для определения сезонной и круглогодичной тепловых нагрузок необходимы следующие данные:

1. Расчетная температура воздуха проектирования отопления $t_{но}, ^\circ\text{C}$ -34

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ				

2.	Средняя температура наиболее холодного месяца $t_{\text{нхм}}, ^\circ\text{C}$	-18
3.	Расчетная температура воздуха внутри жилых помещений $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	+20
4.	Расчетная температура горячей воды у абонента $t_{\text{г}}, ^\circ\text{C}$	+55
5.	Количество жителей z , чел	14000
6.	Расчетная температура холодной водопроводной воды в летний период $t_{\text{л}}, ^\circ\text{C}$	+15
7.	Расчетная температура холодной водопроводной воды в зимний период $t_{\text{з}}, ^\circ\text{C}$	+5
8.	Количество квадратных метров жилой площади на одного жителя $F_{\text{уд}}, \text{м}^2/\text{чел}$	18
9.	Укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади $q_0, \text{Вт}/\text{м}^2$	100
10.	Норма средне-недельного расхода горячей воды для жилых помещений, a , л/сут	100
11.	Норма средне-недельного расхода горячей воды для общественных и административных зданий, b , л/сут	25
12.	Коэффициент, учитывающий расход тепла на общественные здания, k_1	0,25
13.	Коэффициент, учитывающий тип застройки зданий, k_2	0,6
14.	Продолжительность работы системы отопления, $n_0, \text{с}$	$33 \cdot 10^4$
15.	Коэффициент, учитывающий средненедельный, расхода тепла на ГВС в неотапительный период по отношению к отопительному, β	0,8

Расчет сезонной нагрузки

Производственно-отопительная котельная планируется для трех режимов работы, поэтому необходимо учитывать то, чтобы нагрузки отопления и вентиляции были определены для следующих температур наружного воздуха:

- температура начала отопительного периода $t_{\text{н}} = +8 ^\circ\text{C}$;
- средняя температура наиболее холодного месяца $t_{\text{нхм}} = -18 ^\circ\text{C}$;
- расчетная температура воздуха проектирования отопления $t_{\text{но}} = -34 ^\circ\text{C}$.

Расчет сезонных нагрузок:

1. Расчетная нагрузка отопления (при $t_{\text{но}}$), определяется по формуле (1):

$$Q_0' = q_0 F_{\text{yo}} Z (1 + k_1) \text{ Вт}, \quad (1)$$

$$Q_0' = 100 \cdot 18 \cdot 1,4 \cdot 10^4 \cdot (1 + 0,25) = 15,75 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

2. Расчетная нагрузка вентиляции (при $t_{\text{нв}} = t_{\text{но}}$ для жилых и общественных зданий), определяется по формуле (2):

$$Q_0' = q_0 F_{\text{yo}} Z \cdot k_1 k_2 \text{ Вт}, \quad (2)$$

$$Q_0' = 100 \cdot 18 \cdot 0,7 \cdot 10^4 \cdot 0,25 \cdot 0,6 = 1,9 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

3. Нагрузка отопления при $t_n = +8^\circ\text{C}$, определяется по формуле (3):

$$Q_0 = Q_0' \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \text{ МВт,} \quad (3)$$

$$Q_0 = 15,75 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 34} = 3,5 \text{ МВт}$$

4. Нагрузка вентиляции при $t_n = +8^\circ\text{C}$, определяется по формуле (4):

$$Q_g = Q_B' \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \text{ МВт,} \quad (4)$$

$$Q_g = 1,9 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 34} = 0,42 \text{ МВт}$$

5. Нагрузка отопления при $t_{нхм} = -18^\circ\text{C}$, определяется по формуле (5):

$$Q_0 = Q_0' \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \text{ МВт,} \quad (5)$$

$$Q_0 = 15,75 \cdot \frac{20 + 18}{20 + 34} = 11 \text{ МВт}$$

6. Нагрузка вентиляции при $t_{нхм} = -18^\circ\text{C}$, определяется по формуле (6):

$$Q_g = Q_B' \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} \text{ МВт,} \quad (6)$$

$$Q_g = 1,9 \cdot \frac{20 + 18}{20 + 34} = 1,34 \text{ МВт}$$

Расчет круглогодичной нагрузки

1. Средненедельный расход тепла ГВС для зимнего периода, определяется по формуле (7):

$$Q_{ГВС}^{ср.н} = \frac{z \cdot (a + b) \cdot c_p \cdot (t_z - t_x^3)}{n_c} \text{ МВт,} \quad (7)$$

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

$$Q_{ГВС}^{cp.n} = \frac{7 \cdot (100 + 25) \cdot 4,19 \cdot (55 - 5)}{86400} = 2,12 \text{ МВт}$$

2. Средненедельный расход тепла ГВС для летнего периода, определяется по формуле (8):

$$(Q_{ГВС}^{cp.n})_л = 0,8 \cdot (Q_{ГВС}^{cp.n})_з \cdot \frac{t_2 - t_x^л}{t_2 - t_x^з} \text{ МВт,} \quad (8)$$

$$Q_{ГВС}^{cp.n} = 0,8 \cdot 2,12 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 1,35 \text{ МВт}$$

3. Коэффициент недельной неравномерности:

$$k_n(\text{справочное}) = 1,0$$

4. Коэффициент суточной неравномерности:

$$k_c(\text{справочное}) = 2,0$$

5. Расчетный расход тепла на ГВС для зимнего периода, определяется по формуле (9):

$$Q_{ГВС}^{расч} = k_n \cdot k_c \cdot Q_{ГВС}^{cp.n} \text{ МВт,} \quad (9)$$

$$Q_{ГВС}^{расч} = 1,2 \cdot 2,0 \cdot 2,12 = 5,09 \text{ МВт}$$

6. Расчетный расход тепла на ГВС для летнего периода, определяется по формуле (10):

$$Q_{ГВС}^{расч} = k_n \cdot k_c \cdot Q_{ГВС}^{cp.n} \text{ МВт,} \quad (10)$$

$$Q_{ГВС}^{расч} = 1,2 \cdot 2,0 \cdot 1,35 = 3,24 \text{ МВт}$$

7. Средняя температура отопительного периода = -7,5 °C

8. Годовой расход тепла на отопление, определяется по формуле (11):

$$Q_{год} = Q_0' \cdot n_0 \cdot \frac{t_8 - t_{но}^{cp.o}}{t_2 - t_{но}} \text{ МВт,} \quad (11)$$

$$Q_{год} = 15,75 \cdot 33 \cdot 10^4 \cdot \frac{20 + 0,4}{20 + 29} = 2,64 \cdot 10^6 \text{ МВт}$$

9. Годовой расход тепла на вентиляцию, определяется по формуле (12):

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{zod} = Q'_B \cdot n_0 \cdot \frac{t_6 - t_{HO}^{cp.o}}{t_6 - t_{HO}} \text{ МВт}, \quad (12)$$

$$Q_{zod} = 1,9 \cdot 33 \cdot 10^4 \cdot \frac{20 + 7,5}{20 + 34} = 0,32 \cdot 10^6 \text{ МВт}$$

10. Годовой расход тепла на ГВС, определяется по формуле (13):

$$Q_{ГВС}^{cp.n} = Q_{ГВС}^{cp.n} \cdot \left[n_0 + \beta \frac{t_2 - t_x^n}{t_2 - t_x^3} \cdot (n_{ГВС} - n_0) \right] \text{ МВт}, \quad (13)$$

$$Q_{ГВС}^{cp.n} = 2.12 \cdot \left[33 + 0.8 \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot (52.56 - 33) \right] \cdot 10^4 = 1.01 \cdot 10^6, \text{ МВт}$$

11. Суммарный годовой расход теплоты, определяется по формуле (14):

$$Q_{zod} = Q_o^{zod} \cdot Q_6^{zod} \cdot Q_{ГВС}^{zod} \text{ МВт}, \quad (14)$$

$$Q_{zod} = 2,64 \cdot 10^6 + 0,32 \cdot 10^6 + 1,01 \cdot 10^6 = 3,97 \cdot 10^6 \text{ МВт}$$

Расчет температур сетевой воды

Значения температур сетевой воды зависит от температур наружного воздуха, определяются методом регулирования тепловых нагрузок, а также температурным графиком теплосети. В данном примере качественное регулирование по совмещенной нагрузке в закрытой системе теплоснабжения при температурном графике теплосети 110/80 °С.

В таблице 1 представлен расчет температур сетевой воды.

Таблица 1 — Расчет температур сетевой воды

Величина		Единица измерения	Результат расчета
Наименование	Расчетная формула или способ определения		
Температура воды в падающем трубопроводе при $t_H = t_{HO}$	τ'_{02} (по условию)	°С	110
Температура воды в обратном трубопроводе при $t_H = t_{HO}$	τ'_{02} (по условию)	°С	70
Температура воды в обратном трубопроводе	τ'_{03}	°С	95
Перепад температур воды в местной системе	$\theta'_0 = \tau'_{03} - \tau'_{02}$	°С	90-70=25

Перепад температур воды в тепловой системе	$\delta'_0 = \tau'_{01} - \tau'_{02}$	°C	110-70=40
Температурный напор нагревательного прибора местной системы	$\Delta t'_0 = \frac{\tau'_{03} - \tau'_{02}}{2} - t'_e$	°C	$\frac{95+70}{2} - 20 = 62,5$

Текущие значения температур воды в прямом и обратном трубопроводе рассчитываем по формулам (15) и (16):

$$\tau_{01} = t_e + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0,8} + \bar{Q}_0 (\delta t'_0 - 0,5 \theta'_0), \quad (15)$$

$$\tau_{02} = t_e + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5 \cdot \bar{Q}_0 \theta'_0), \quad (16)$$

где \bar{Q} — величина относительной тепловой нагрузки: $\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q'_0}$

В таблице 2 представлены результаты температур сетевой воды в прямом и обратном трубопроводе.

Таблица 2 — Температура сетевой воды

t_n	8	-5	-10	-15	-20	-25	-29	-34
\bar{Q}_0	0,22	0,46	0,55	0,64	0,73	0,83	0,9	1
t_{01}	44,8	66,4	73,9	81,3	88,2	96,6	101,6	110
t_{02}	36	48	51,9	55,7	59	63,4	65,6	70

На рисунке 1 изображен график температур сетевой воды.

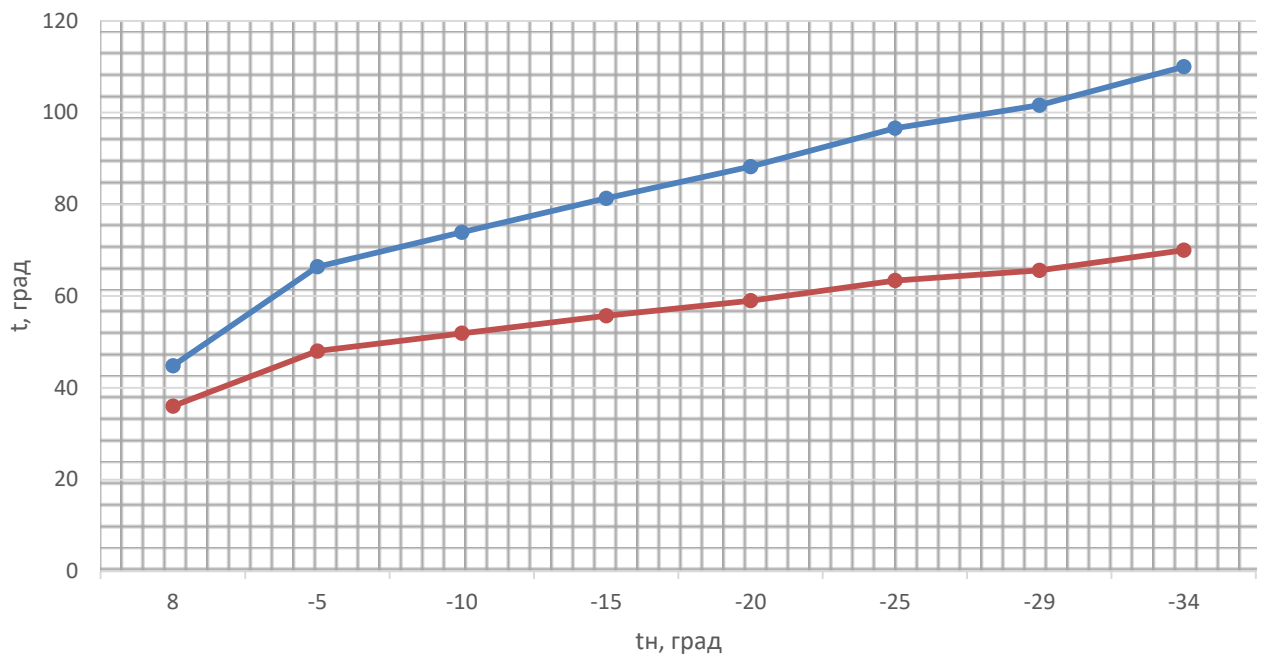


Рисунок 1 — График температур сетевой воды

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

Из графика $t_{ни} = -1,85$ °С (рис.1)

Температуры сетевой воды τ_1 и τ_2 должны быть рассчитаны с учетом нагрузки отопления и ГВС. $\tau_1 = \tau_{01} + \delta_1$, $\tau_2 = \tau_{02} + \delta_2$.

Для двух подогревателей $\delta = \delta_1 + \delta_2 = \text{const}$. Можно рассчитать по формуле (17):

$$\delta = \frac{(Q_{ГВС}^p)_3}{Q_0} \delta t_0' \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (17)$$

$$\delta = \frac{5,09}{15,75} \cdot 40 = 12,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для расчетного режима, при котором поверхность теплообмена подогревателей будет максимальна, то есть при $t_n = t_{ни} = -1,85$ °С, находим величину по формуле (18):

$$\delta_2 = \frac{(Q_{ГВС}^p)_3}{Q_0} \cdot \frac{t_{02}'' - t_{нед}'' - t_x}{t_2 - t_x} \cdot \delta t_0' \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (18)$$

$$\delta_2 = \frac{5,09}{15,75} \cdot \frac{42 - 8 - 5}{55 - 5} \cdot 40 = 7,49 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где $\Delta t''_{\text{нед}} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ величина недогрева водопроводной воды в подогревателе первой ступени Π_1 .

Определим температуру воды в подогревателе первой ступени, определяется по формулам (19) и (20):

$$t''_n = \tau''_{02} - \delta''_2 = 42 - 7,49 = 34,51^\circ\text{C} \quad (19)$$

$$\delta''_1 = \delta - \delta''_2 = 12,9 - 7,49 = 5,41^\circ\text{C} \quad (20)$$

Для любой наружной температуры t_n находят по формулам (21) и (22):

$$\delta_2 = \delta_2'' \frac{\tau_{02} - t_x}{\tau''_{02} - t_x}, \quad (21)$$

$$\delta_1 = \delta - \delta_2, \quad (22)$$

В таблице 3 представлены результаты температур сетевой воды.
Таблица 3 — Температура сетевой воды

t_n	8	-1,85	-5	-10	-15	-20	-25	-29	-34
δ_1	4,90	4,90	4,13	3,03	1,95	0,93	0,17	0,09	0
δ_2	7,23	7,23	8	8,67	9,02	9,58	10,43	11,8	12,9
τ_1	69,90	69,90	74,63	82,03	89,35	96,53	103,77	107,01	110,0
τ_2	36,50	36,50	38,83	42,13	45,35	48,43	51,67	54,60	57,1

На рисунке 2 изображен график температур сетевой воды.

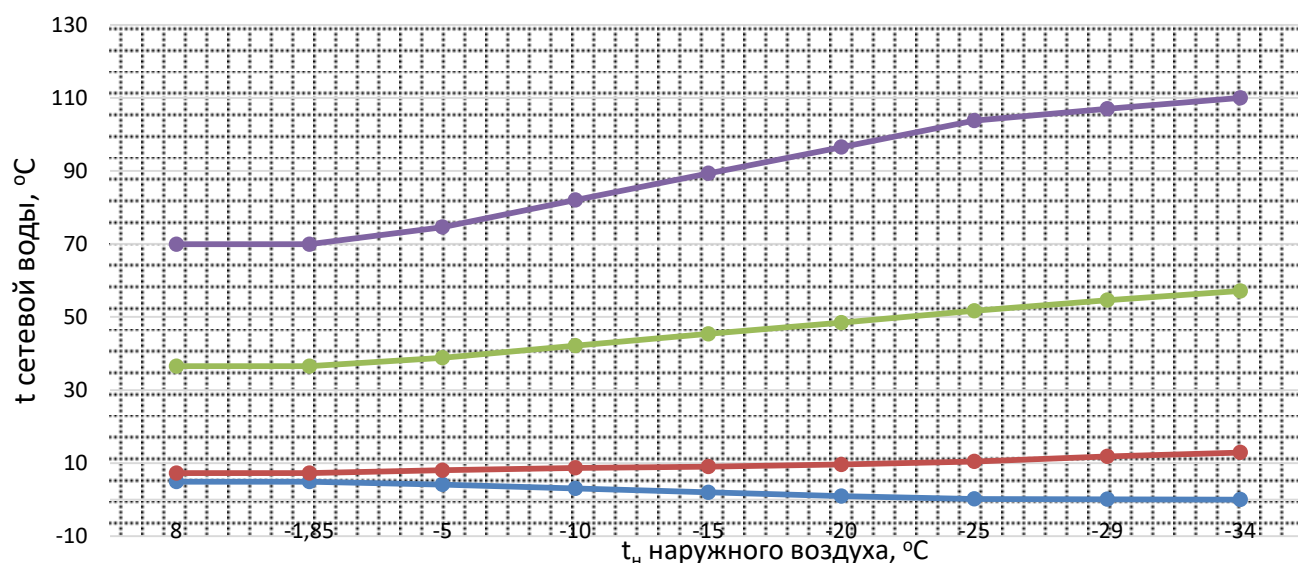


Рисунок 2 — График температур сетевой воды

Расчет расходов воды на отопление и вентиляцию

Расход сетевой воды на абонентском вводе поддерживается постоянным и равным определяется по формуле (23):

$$(t_n \leq t_{ни}) \quad G'_0 = \frac{Q'_0}{c_p \Delta t'_0} = \frac{15,75 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 40} = 94 \text{ кг/Г} \quad (23)$$

При $t_n > t_{ни}$ расход сетевой воды находим по текущей тепловой нагрузке Q_0 , определяется по формуле (24):

$$G'_0 = \frac{Q'_0}{c_p (t''_{01} - t''_{02})} = \frac{3,5 \cdot 10^6}{4190 \cdot (69,9 - 36,5)} = 25 \text{ кг/Г} \quad (24)$$

Расход воды на вентиляцию определяем так же, но по температурам сетевой воды τ_1 и τ_2 определяется по формулам (25) и (26):

$$(t_n \leq t_{ни}) \quad G'_6 = \frac{Q'_6}{c_p (\tau'_1 - \tau'_2)} = \frac{1,9 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (110 - 57,1)} = 8,57 \text{ кг/Г} \quad (25)$$

$$(t_n > t_{ни}) \quad G'_6 = \frac{Q_6}{c_p (\tau''_1 - \tau''_2)} = \frac{0,42 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (110 - 36,5)} = 3 \text{ кг/Г} \quad (26)$$

На рисунке 3 изображен график расходов сетевой воды.

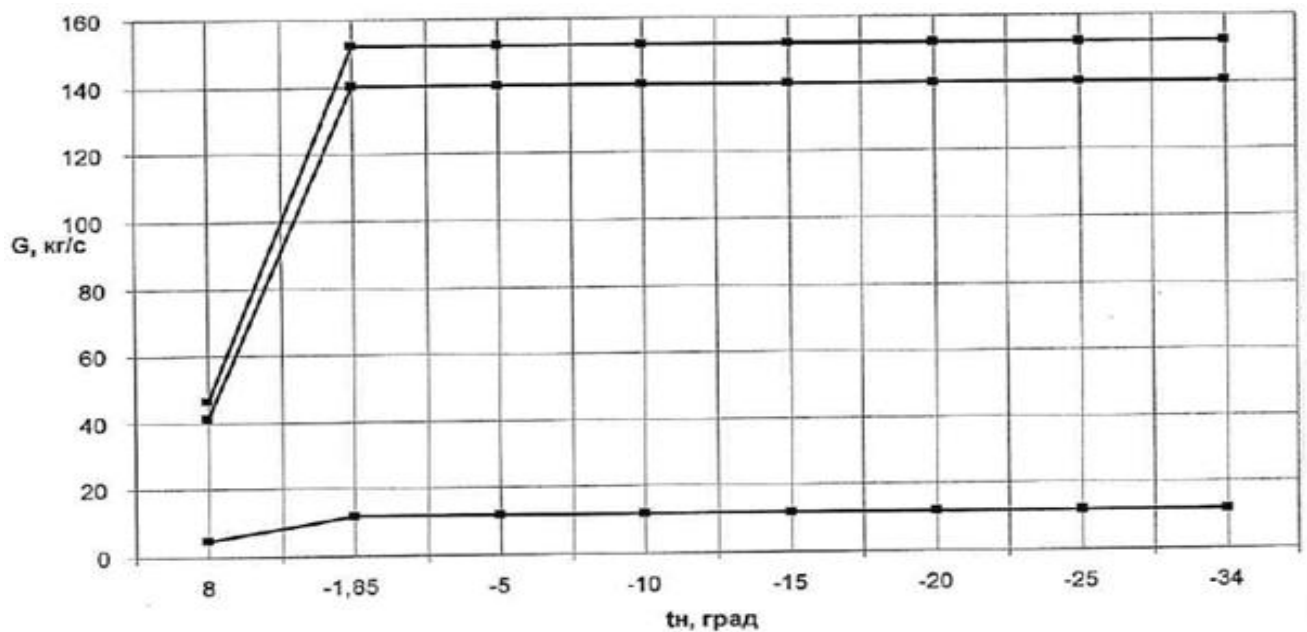


Рисунок 3 — Графики расходов сетевой воды

Расчет тепловой схемы водогрейной части котельной.

Исходные данные к расчету водогрейной части котельной представлены таблице 4.

Таблица 4 — Исходные данные к расчету водогрейной части котельной

Наименование параметра	$t_{\text{но}} = -34^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{нхм}} = -18^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{ни}} = -1,85^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{н}} = +8^{\circ}\text{C}$	Летний
Тепловая нагрузка на ГВС, МВт	5,09	5,09	5,09	5,09	5,09
Тепловая нагрузка на отопление и вентиляцию, МВт	17,65	9,90	5,93	3,92	0
Температура в подающем трубопроводе, г, °C	110	79	69,9	69,9	69,9
Температура воды в обратном трубопроводе, t_2 , °C	57,1	44,8	36,5	36,5	36,5

В таблице 5 представлен расчет водогрейной части котельной.

Таблица 5 — Расчет водогрейной части котельной

Наименование расчетного параметра	Метод определения	$t_{\text{но}} = -34^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{нхм}} = -18^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{ни}} = -1,85^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{н}} = +8^{\circ}\text{C}$	Летний
1	2	3	4	5	6	7
Производительность котельной, МВт	$Q = Q_0 + Q_6 + Q_{\text{ГВС}}$	21,12	14,46	8,81	4,34	1,35
Расход сетевой воды, кг/с	$G_c = \frac{Q}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot c_p}$	152	152	152	110,8	41,4
Расход на подпитку и потери в тепловой схеме воды, кг/с	$G_{\text{подп}} = 0,02G_c$	3,04	3,04	3,04	2,21	0,82
Расход воды через котельные агрегаты, кг/с	$G_{\text{кот}} = \frac{Q_{\text{кот}}}{(t''_k - t'_k) \cdot c_p}$	281,4	281,4	281,4	281,4	90,3

Температура воды на выходе из котельного агрегата, при $t'_k=80^\circ\text{C}$	$t_k'' = t'_k + \frac{Q_k}{c_p G_{\text{кот}}}$	110	89,2	81,6	78,2	76,6
Расход воды на линии рециркуляции, кг/с	$G_{\text{рец}} = \frac{G_{\text{кот}}(t'_k - \tau_1)}{t_k'' - \tau_2}$	129	146,5	184,4	201,8	70,2
Расход воды на перемычке, кг/с	$G_{\text{пм}} = \frac{G_c(t_k'' - \tau_1)}{t_k'' - \tau_2}$	0	16,33	52,6	31,5	9,32
Расход исходной воды, кг/с	$G_{\text{исх}} = 1,2G_{\text{хво}}$, при $G_{\text{хво}} = G_{\text{подп}}$	3,65	3,65	3,65	2,65	0,98
Расход воды через котельный агрегат, кг/с	$G_k^p = \frac{Q}{c_p(t_k'' - t'_k)}$	281,4	281,6	282	280,4	90,6
Относительная погрешность, %	$\Delta = \frac{(G_k^p - G_{\text{кот}}) \cdot 100}{G_k^p}$	0	0,07	0,21	0,35	0,33

Для обеспечения покрытия нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения необходимо установить три водогрейных котла марки Ygnis ST8100. Краткая характеристика:

1. Расчетная теплопроизводительность, МВт: 8,1
2. Расчетный расход воды, кг/с: 64,4
3. Вид топлива: газ

4.2 Тепловой поверочный расчет котла

Топливо - природный газ с Ново-Уренгойского месторождения. Состав топлива:

$\text{CH}_4 = 94,9\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 3,2\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,4\%$; $\text{C}_4\text{H}_{11} = 0,1\%$; $\text{C}_5\text{H}_{12} = 0,1\%$, $\text{N}_2 = 0,9\%$; $\text{CO}_2 = 0,4\%$; $\text{QI} = 8000$ Ккал/кг.

Теоретический объем воздуха, необходимый для сжигания 1 кг топлива, определяется по формуле (27):

$$V^0 = 0,0476 \cdot (0,5\text{CO} + 0,5\text{H}_2 + 1,5\text{H}_2\text{S} + \sum (m + 0,25n) \cdot \text{C}_m\text{H}_n - \text{O}_2), \quad (27)$$

$$V^0 = 0,0476 \cdot (0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 0 + 1,5 \cdot 0 + (1 + 0,25 \cdot 4) \cdot 94,9 + (2 + 0,25 \cdot 6) \cdot 3,2 + (3 + 0,25 \cdot 8) \cdot 0,4 + (4 + 0,25 \cdot 10) \cdot 0,1 + (5 + 0,25 \cdot 12) \cdot 0,1 - 0) = 8,74 \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{\text{м}^3 \text{ газа}}$$

Теоретические объемы продуктов сгорания топлива, определяется по формуле

						13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			22

(28):

$$V_{N_2}^0 = 0,79V_o + 0,01N_2 = 0,79 \cdot 8,74 + 0,01 \cdot 0,9 = 6,909 \frac{M^3}{M^3} \quad (28)$$

$$V_{RO_2} = 0,01(0,4 + 0 + 0 + 94,9 + 2 \cdot 3,2 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) = 1,04 \frac{M^3}{M^3}$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot (H_2S + H_2 + \sum 0,5_n C_m H_n + 0,124 d_{г.тл}) + 0,016 \cdot V_o \frac{M^3}{M^3}$$

где $d_{г.тл} = 10 \frac{г}{M^3}$, влагосодержание топлива отнесенное к 1 M^3 сухого газа

при $t_{г.тл} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, тогда:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(0 + 0 + 0,5 \cdot 4 \cdot 94,9 + 0,5 \cdot 6 \cdot 3,2 + 0,5 \cdot 8 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 12 \cdot 0,1 + 0,124 \cdot 10) + 0,016 \cdot 9,73 = 2,24 \frac{M^3}{M^3}$$

Коэффициент избытка воздуха принимаем $a=1,05$. Котел считаем газоплотным, таким образом, коэффициент избытка воздуха по всему объему котла остается постоянным.

Объем двухатомных газов и водяных паров определяется по формуле (29)-(32):

$$V_{R_2} = V_{N_2}^0 + (a - 1)V^0 \frac{M^3}{M^3}, \quad (29)$$

$$V_{R_2} = 7,9 + (1,05 - 1) \cdot 9,73 = 7,53 \frac{M^3}{M^3}$$

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,016(a - 1)V^0 \frac{M^3}{M^3}, \quad (30)$$

$$V_{H_2O} = 2,24 + 0,016(1,05 - 1) \cdot 8,74 = 2,13 \frac{M^3}{M^3}$$

Полный объем воздуха:

$$V = a \cdot V^0 \frac{M^3}{M^3}, \quad (31)$$

$$V = 1,05 \cdot 8,74 = 9,177 \frac{M^3}{M^3}$$

Суммарный объем дымовых газов:

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$$V_{\Sigma} = V_{RO_2} + V_{R_2} + V_{H_2O} \frac{M^3}{M^3}, \quad (32)$$

$$V_{\Sigma} = 1,04 + 7,53 + 2,13 = 10,7 \frac{M^3}{M^3}$$

Объемные доли трехатомных газов, равные парциальным давлениям газов при общем давлении 0,1 МПа, определяется по формулам (33)-(35):

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}}, \quad (33)$$

$$r_{RO_2} = \frac{1,04}{10,7} = 0,097$$

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{\Gamma}}, \quad (34)$$

$$r_{H_2O} = \frac{2,25}{10,7} = 0,21$$

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}, \quad (35)$$

$$r_n = 0,097 + 0,21 = 0,307$$

Энтальпия воздуха и продуктов сгорания

Энтальпии теоретического объема воздуха и продуктов сгорания, отнесенные к 1 кг или 1 м сжигаемого топлива при $\theta^{\circ}C$, кДж/кг(кДж/м³), определяется по формулам (36) и (37):

$$I_B^0 = V^0(ct)_B, \quad (36)$$

$$I_{\Gamma}^0 = V_{RO_2}(c\vartheta)_{RO_2} + V_{N_2}^0(c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0(c\vartheta)_{H_2O}, \quad (37)$$

где $(ct)_B$, $(c\vartheta)_{RO_2}$, $(c\vartheta)_{N_2}$, $(c\vartheta)_{H_2O}$ - удельные энтальпии воздуха, трехатомных газов, азота и водяных паров соответственно, кДж/м³.

Удельные энтальпии воздуха и продуктов сгорания указаны в таблице 8. Удельную энтальпию сухих трехатомных газов $(c\vartheta)_{RO_2}$ считают равной удельной энтальпии двуокиси углерода $(c\vartheta)_{CO_2}$.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

Энтальпию продуктов сгорания на 1 м³ топлива при $a > 1$, кДж/м³, подсчитывают по формуле (38):

$$I_{\Gamma} = I_{\Gamma}^0 + (\alpha - 1) \cdot I_{\text{В}}^0, \quad (38)$$

Энтальпия теоретического объема воздуха и продуктов сгорания топлива представлена в таблице 6.

Таблица 6 — Энтальпия теоретического объема воздуха и продуктов сгорания топлива, кДж/м³

t °С	I_{Γ}^0 кДж/м ³	I_{Γ}^0 Ккал/м ³	$I_{\text{В}}^0$ кДж/м ³	$I_{\text{В}}^0$ Ккал/м ³	I_{Γ} при $\alpha=1,05$ кДж/м ³
1	2	3	4	5	6
100	1513,7	361,3	1284,6	306,6	1577,9
200	3051,5	728,3	2588,7	617,8	3180,9
300	4632,7	1105,7	3922	936	4828,8
400	6257,4	1493,4	5274,7	1258,9	6521,1
500	7920	1890,2	6656,7	1588,7	8252,8
600	9619	2295,7	8077,6	1927,8	10022,9

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
700	11362,6	2711,8	9527,6	2273,9	11839
800	13166,6	3142,4	10997,2	2624,6	13716,5
900	15000,2	3580	12466,7	2975,3	15623,5
1000	16872,4	4026,8	13975,2	3335,4	17571,2
1100	18748,8	4474,7	15522,5	3704,7	19524,9
1200	20631,6	4924	17069,9	4074	21485,1
1300	22569,7	5386,7	18792,5	4485,1	23509,3
1400	24546,1	5858,3	20203,6	4821,9	25556,3

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

25

1500	26507,3	6326,3	21790	5200,5	27596,8
1600	28500,5	6802	23386	5581,4	29669,8
1700	30507,9	7281,1	24972,3	5960	31756,5
1800	32534,1	7764,7	26558,6	6338,6	33862
1900	34581,2	8253,3	28193,6	6728,8	35990
2000	36619,5	8739,7	29818,9	7116,7	38110,4
2100	38681,9	9232	31522	7530,3	40258
2200	40751	9725,8	33079	7894,8	42405

Энтальпия продуктов сгорания в газоходах котла представлена в таблице 7.

Таблица 7 — Энтальпия продуктов сгорания в газоходах котла, кДж/кг

t, °C	I _Г ⁰	I _В ⁰	Участки газового тракта	
			Топка (α=1,5)	
			I	ΔI
1	2	3	4	5
100	1513,7	1284,6		
200	3051,5	2588,7		

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
300	4632,7	3922		
400	6257,4	5274,7		
500	7920	6656,7		
600	9619	8077,6		
700	11362,6	9527,6		
800	13166,6	10997,2	13716,5	1907
900	15000,2	12466,7	15623,5	1947,7
1000	16872,4	13975,2	17571,2	1953,7
1100	18748,8	15522,5	19524,9	1960,2
1200	20631,6	17069,9	21485,1	4071,2
1400	24546,1	20203,6	25556,3	

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

26

1600	28500,5	23386	29669,8	4113,5
1800	32534,1	26558,6	33862	4192,2
2000	36619,5	29818,9	38110,4	4248,4
2200	40751	33079	42405	4294,6

Тепловой баланс котла и расход топлива котельного агрегата

Тепловой баланс составляем в расчете на 1кг располагаемой теплоты Q_p^p . Можно сказать, что предварительный подогрев воздуха и топлива за счет внешнего источника теплоты отсутствует, имеем: $Q_{в.н.} = 0$ и $i_{тл} = 0$.

Расчет теплового баланса котла и расход топлива выполняем в соответствии с таблицей 8.

Таблица 8 — Расчет теплового баланса котла и расход топлива

Величина			Единица	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		
1	2	3	4	5
Располагаемая теплота топлива	Q_p^p	$Q_p^p + Q_{в.н.} + i_{тл}$	кДж/кг	$33520+0+0=33520$

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5
Потеря теплоты от химической неполноты сгорания топлива	q_3	по табл. 4 - 3 []	%	0
Потеря теплоты механической неполноты сгорания топлива	q_4	по табл. 4 - 3 []	%	0
Температура уходящих газов	ϑ	по паспорту КА	°С	220
Энтальпия уходящих газов	$I_{ух}$	по табл.	$\frac{кДж}{м^3}$	2539,7
Температура холодного воздуха в котельной	$t_{х.в.}$	по выбору	°С	25
Энтальпия воздуха в котельной	$I_{х.в.}^0$	по табл.	$\frac{кДж}{м^3}$	32,5

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

27

Потеря теплоты с уходящими газами	q_2	$\frac{(I_{yx} - \alpha_{yx} I_{x.в.}^0) \cdot (100 - q_4)}{Q_p^p}$	%	7,5
Потеря теплоты от наружного охлаждения котла	q_5	по паспорту КА	%	0,7
Сумма тепловых потерь	$\sum q$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	8,2
КПД КА	$\eta_{ка}$	$100 - E_q$	%	91
Коэффициент сохранения теплоты	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta_{ка} + q_5}$	-	0,993
Расход горячей воды	G	из расчета тепловой схемы котельной	кг/с	65
Температура воды на выходе из КА	$t''_{воды}$	по паспорту КА	°C	110
Температура воды на входе	$t'_{воды}$	по паспорту КА	°C	80
Энтальпия воды на выходе из КА	$I''_{воды}$	$c_p \cdot t''_{воды}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	460,9
Энтальпия воды на входе в КА	$I'_{воды}$	$c_p \cdot t'_{воды}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	335,2
Полезно используемая теплота в КА	$Q_{ка}$	$G \cdot (I''_{воды} - I'_{воды})$	кВт	8170,5
Полный расход топлива	B	$\frac{Q_{ка}}{Q_p^p \eta_{ка}} \cdot 100\%$	м ³ /с	0,26
Расчетный расход топлива	B_p	$\frac{100 - q_4}{100} \cdot B$	м ³ /с	0,26

Основные конструктивные характеристики котельного агрегата.

Из паспорта котельного агрегата диаметр жаровой трубы $d_{ж.т.} = 1,5$ м, диаметр дымогарных трубок $d_m = 0,15$ м

Поверочный расчет теплообмена в топке

Поверочный расчет теплообмена в топке в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 — Поверочный расчет теплообмена в топке

Величина			Единица измерения	Расчет
Наименование	Обозначение	Расчетная формула или способ определения		

1	2	3	4	5
Суммарная площадь лучевоспринимающей поверхности	$H_{л}$	по паспорту КА	m^2	22,3
Коэффициент загрязнения топки	ξ	по табл. 5-2[38]	-	0,9
Коэф.тепловой эффективности лучевоспринимающей поверхности	$\Psi_{ср}$	$\xi \cdot \frac{H_{л}}{F_{см}}$	-	$0,9 \cdot \frac{22,3}{22,3} = 0,9$
Эффективная толщина излучающего слоя пламени	S	$3,6V_{м}/F_{см}$	м	1,35
Полная высота топки	$H_{тм}$	по конструктивным размерам	м	1,5
Высота расположения	h_2	по конструктивным размерам	м	0,75
Относительный уровень расположения горелок	x_m	h_m/H_m	-	0,5
Параметр учитывающий характер распределения температуры в топке	M	$0,59-0,5 \cdot x_m$	-	0,34

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
Коэф. избытка воздуха на выходе из топки	α_T''	по табл. 4-3 [37]	-	1,05
Присос воздуха в топке	$\Delta\alpha_m$	по табл. 2-1 [21]	-	0
Энтальпия холодного	$I_{х.в.}^0$	по табл.	$\frac{кДж}{м^3}$	32,5
Количество теплоты, вносимое в топку	$Q_в$	$\alpha_T \cdot I_{х.в.}^0$	$\frac{кДж}{м^3}$	34,5
Полезное тепловыделение в топке	Q_m	$Q_в + Q_p \frac{100 - q_3 - q_4}{100 - q_4}$	$\frac{кДж}{м^3}$	$34,5 + 33520 \cdot \frac{100 - 0 - 0}{100 - 0} = 33554,5$

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

29

Адиабатическая температура	ϑ_a	по табл.	°С	1785,3
Температура газов на выходе	ϑ_T^*	по выбору	°С	1050
Энтальпия газов на выходе из	I_T''	по табл.	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	18548,1
Объемная доля водяных паров	r_{H_2O}	по табл.	-	0,19
Объемная доля трехатомных	r_{RO_2}	по табл.	-	0,09
Суммарная объемная доля трехатомных	r_n	по табл.	-	0,28
Произведение	$pr_n s$	$pr_n s$	м·МПа	$0,1 \cdot 0,28 \cdot 1,35 = 0,0378$
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_z	$\left(\frac{7,8+16r_{RO_2}}{3,16\sqrt{pr_n s}} - 1 \right) \cdot \left(1 - 0,37 \frac{\vartheta_T'' + 273}{1000} \right)$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	36,83
Коэф. ослабления лучей топочной средой	k	$k_\Gamma (r_{H_2O} + r_{RO_2})$	$\frac{1}{\text{м} \cdot \text{МПа}}$	10,57
Суммарная сила поглощения топочного объема	kps	kps	-	0,785
Степень черноты факела	α_ϕ	$1 - e^{-kps}$	-	0,554
Степень черноты топки	a_m	$\alpha_\phi / (\alpha_\phi + (1 - \alpha_\phi) \cdot \Psi_{cp})$	-	0,57
Тепловая нагрузка стен топки	q_F	$\frac{B_p \cdot Q_m}{F_{cm}}$	кВт/м ²	552

Окончание таблицы 9

1	2	3	4	5
Температура газов на выходе из топки	ϑ_T''	$\frac{Ta}{M \left(\frac{5,67 \psi_{cp} F_{cm} a_T T_a^3}{10^{11} \phi B_p V_{c,cp}} \right)^{0,6} + 1} - 273$	°С	$\frac{2016,6}{0,34 \left(\frac{5,67 \cdot 0,65 \cdot 21,3 \cdot 0,57 \cdot 2010,6^3}{10^{11} \cdot 0,992 \cdot 0,38 \cdot 20,41} \right)^{0,6} + 1} - 273 = 1054,2$
Энтальпия газов на выходе из топки	I_T''	по табл.	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	18630
Общее тепловосприятие топки	Q_T	$\phi (Q_m - I_T'')$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	$0,992 \cdot (33554,5 - 18630) = 14805,1$

Поверочный расчет дымогарных труб представлена в таблице 10.

Таблица 10 — Поверочный расчет дымогарных труб

Величина	Обозначение	Формула или способ определения	Единица	Расчет
1	2	3	4	5
Полная площадь поверхности нагрева	H	по конструктивным размерам	м^2	45,2
Температура газов перед трубками	ϑ'	ϑ''_T - из расчета топки	$^{\circ}\text{C}$	1054,2
Энтальпия газов перед трубками	I'	I''_T - из расчета топки	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	18630
Температура газов на выходе из трубок	ϑ''	по паспорту	$^{\circ}\text{C}$	160
Энтальпия газов на выходе из трубок	I''	по $I - \vartheta'$ в таблице	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	2539,7
Количество теплоты, отданное трубками	Q_T	$\varphi(I' - I'')$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	$0,992(18630 - 2539,7) = 15961,6$
Средняя температура газов	ϑ_{cp}	$0,5(\vartheta' + \vartheta'')$	$^{\circ}\text{C}$	$0,5(1054,2 + 160) = 607,1$
Температура воды на входе в конвективный пакет	$t''_{\text{кп}}$	по заданию	$^{\circ}\text{C}$	80
Температура воды на выходе в конвективный пакет	$t'_{\text{кп}}$	по заданию	$^{\circ}\text{C}$	110
Средняя температура воды в конвективном пакете	$t_{\text{кп}}^{\text{cp}}$	$\frac{t'_{\text{кп}} + t''_{\text{кп}}}{2}$	$^{\circ}\text{C}$	95
Температурный напор на входе в конвективный пакет	Δt_6	$\vartheta' - t_{\text{кп}}^{\text{cp}}$	$^{\circ}\text{C}$	$1054,2 - 95 = 959,2$
Температурный напор на выходе в конвективный пакет	Δt_M	$\vartheta'' - t_{\text{кп}}^{\text{cp}}$	$^{\circ}\text{C}$	$160 - 95 = 65$

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Среднелогарифмический температурный напор	Δt_{cp}	$\frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}}$	$^{\circ}\text{C}$	$\frac{959,2 - 65}{2,3 \lg \frac{959,2}{65}} = 332,6$
Объемный расход газов	$V_{\text{газ}}$	$\frac{B_p V_T (\vartheta_{\text{cp}} + 273)}{273}$	$\text{м}^3 / \text{с}$	$0,38 \cdot 11,47 \cdot (607,1 + 273) / 273 = 14,05$
Расчетная скорость газов	w_T	$\frac{V_{\text{газ}}}{F}$	м/с	$\frac{14,05}{0,424} = 33,14$
Коэффициент теплоотдачи конвекцией	a_K	рис.6-5,[46]	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	379,3
Произведение	pr_{ns}	pr_{ns}	$\text{м} \cdot \text{МПа}$	0,028

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

31

Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами	k_2	по формуле 5-26,[41]	$\frac{1}{m \cdot MPa}$	61,52
Суммарная оптическая толщина запыленного газового потока	kps	$k \cdot p \cdot s$	-	0,321
Степень черноты излучающей среды	a	$1 - e^{-kps}$	-	$1 - e^{-0,321} = 0,27$
Температурный перепад между температурой загрязнения стенки и газов в выходном окне	Δt	стр.48,[31]	$^{\circ}C$	25
Температура загрязнения стенки трубы	t_{cm}	$t_{кп}^{cp} + \Delta t$	$^{\circ}C$	$95 + 25 = 120$
Коэффициент теплоотдачи излучением	$\alpha_{л}$	$\alpha_{н} \cdot \alpha$	$\frac{Вт}{м^2К}$	$260 \cdot 0,27 = 70,2$
Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке	α_1	$\alpha_к \cdot \alpha_{л}$	$\frac{Вт}{м^2К}$	$379,3 + 70,2 = 449,5$
Коэффициент теплопередачи	k	$\Psi \cdot \alpha_1$	$\frac{Вт}{м^2К}$	$0,9 \cdot 449,5 = 404,55$
Тепловосприятие конвективного пакета	Q_m	$\frac{k \cdot H \cdot \Delta t}{B_p \cdot 10^3}$	$\frac{кДж}{м^3}$	$\frac{404,55 \cdot 45,22 \cdot 332,6}{0,38 \cdot 10^3} = 16004,7$
Расхождение расчетных тепловосприятий	ΔQ	$\frac{Q_m - Q_r}{Q_r} \cdot 100\%$	%	$\frac{16004,7 - 15961,6}{15961,6} \cdot 100\% = 0,27$

4.3 Теплообменные аппараты. Тепловые расчеты

Теплообменники назначение и виды

Теплообменник — техническое устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя средами, имеющими различные температуры.

В соответствии с основными особенностями теплообменники подразделяются на рекуператоры и регенераторы. В рекуператорах движущиеся теплоносители разделены стенкой. К этому типу относится большинство теплообменников различных конструкций. В регенеративных теплообменниках горячий и холодный теплоносители контактируют с одной и той же поверхностью поочередно. Теплота накапливается в стенке при контакте с горячим теплоносителем и отдаётся при контакте с холодным.

В зависимости от направления движения теплоносителей рекуперативные теплообменники могут быть прямоточными при параллельном движении в одном направлении, противоточными при параллельном встречном движении, а также при взаимно поперечном движении двух взаимодействующих сред.

Основные виды рекуперативных теплообменников. Пластинчатые разборные теплообменники

Состоят из отдельных пластин, разграниченных резиновыми прокладками, двух концевых камер, рамы и крепежных болтов.

Пластины опечатаны волнистые поверхности и каналы для протока жидкости. Пластины уплотняются между собой резиновыми прокладками и стяжками. Такой теплообменник прост в изготовлении, легко меняется (добавляются или убираются пластины), его легко чистить, у него высокий коэффициент теплопередачи, но его нельзя применять при высоких давлениях.

Пластинчатые паяные теплообменники

Состоит из набора металлических гофрированных пластин, выпускаются из нержавеющей стали, которые соединены между собой посредством пайки в вакууме с использованием медного или никелевого припоя.

Пластинчатые сварные теплообменник

Предназначены для применения в условиях экстремально высоких температурах и давлениях на установках, параметры которых не позволяют использовать уплотнения. Эти теплообменники отличаются высокой эффективностью, малыми габаритами и требуют минимального обслуживания. Материал пластин – нержавеющая сталь, титан, никелевые сплавы.

Рабочие среды – высокотемпературный пар, газы и жидкости, в том числе агрессивные, а также их смеси. Сварные ТО отличаются от РПТО опять же методом герметизации пластин, в сварных аппаратах пластины свариваются сталью, образованные сварные кассеты komponуются внутри стальных плит. Применяются в тех. процессах с агрессивными средами, газовыми средами, на больших давлениях.

Пластинчатые полусварные теплообменники

Точно так же, как и в сварных аппаратах, пластины свариваются в кассеты, но метод соединения кассет между друг другом посредством паронитовых соединений. Сфера применения – тех. процессы с агрессивными средами. Пластинчатый полусварной теплообменник сделан в виде конструкции из небольшого количества сварных модулей. А они в свою очередь соединены при помощи лазерной сварки в виде пары пластин. Вся эта конструкция собрана

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

между торцевыми плитами при помощи болтов. Между каждым сварным модулем проложен резиновый уплотнитель.

Такие теплообменники применяются в особых случаях, когда в качестве теплоносителя будет использовано вещество с очень высокой температурой, давлением, любым другим опасным параметром или просто опасное вещество. В этом случае оно будет перемещаться в заваренных каналах по теплообменным пластинам.

Кожухотрубные теплообменники

Их основными элементами являются пучки труб, собранные в трубные решетки и помещенные в корпус, патрубки и концы труб крепятся в трубных решетках развальцовкой, сваркой, пайкой. К корпусу, кожуху по торцам приварены трубные решетки, в которых закреплены пучки труб. В основном трубы в решетках крепятся с уплотнением развальцовкой или каким-то другим способом в зависимости от материала труб и давления в аппарате. Трубные решетки закрываются крышками на прокладках и болтах или шпильках. На корпусе имеются патрубки (штуцера), через которые один теплоноситель проходит через межтрубное пространство. Второй теплоноситель через патрубки (штуцера) на крышках проходит по трубам. В многоходовом теплообменнике в корпусе и крышках установлены перегородки для повышения скорости теплоносителей. Для увеличения теплоотдачи применяют оребрение теплообменных труб, которое выполняется или накаткой, или навивкой ленты. В случае необходимости, конструкция аппарата должна предусматривать его очистку.

Спиральные теплообменники

Теплообменник спиральный – это теплообменник, в котором поверхность нагрева образуется двумя тонкими металлическими листами, приваренными к разделительной перегородке (керну) и свёрнутыми в виде спиралей. Спиральные теплообменники – аппараты, состоящие из 2-х каналов прямоугольного сечения, образованных свернутыми в спирали двух листов металла.

Спиральные теплообменники получили в промышленности сравнительно широкое распространение, что объясняется рядом важных преимуществ по сравнению с теплообменными аппаратами других типов. Спиральные теплообменники могут изготавливаться из любого рулонного материала, подвергаемого холодной обработке и свариванию. Теплообменники компактны, их конструкция предусматривает возможность полного противотока. Площадь поперечного сечения каналов по всей длине остается неизменной, и поток не имеет резких изменений направлений, благодаря чему загрязнение поверхности спиральных теплообменников меньше, чем теплообменных аппаратов других типов, кроме того, ряд конструкций их позволяет проводить сравнительно легкую очистку в случае, не требующем для удаления осадка механического воздействия.

Сравнение распространенных видов теплообменников

Наиболее распространенное применение получили пластинчатые и кожухотрубные теплообменники. На рисунке 4 изображен пластинчатый теплообменник.



Рисунок 4 – Пластинчатый теплообменник

На рисунке 5 изображены кожухотрубные теплообменники.



Рисунок 5 – Кожухотрубный теплообменник

При выборе между пластинчатыми и кожухотрубными теплообменниками предпочтительными являются пластинчатые, коэффициент теплопередачи которых более чем в три раза больше, чем у традиционных кожухотрубных. При этом для решения аналогичной задачи по нагреву среды кожухотрубный теплообменник будет занимать площадь в 3–4 раза больше, чем сравнимый по эффективности пластинчатый теплообменник или в 6–10 раз больше, чем сравнимый по эффективности геликоидный теплообменник.

В то же время иностранные пластинчатые теплообменники, оснащённые средствами автоматизации, регулирования и надёжной арматурой, позволяют снизить количество теплоносителя, идущего на нагрев воды. А значит, и диаметры трубопроводов и запорно – регулирующей арматуры, снизить нагрузки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

35

на сетевые насосы и, соответствующие, уменьшению потребление электроэнергии.

В последнее время стали появляться современные отечественные геликоидные теплообменники, оснащенные трубками, профилированными таким образом, чтобы рост гидравлического сопротивления превышал рост теплоотдачи вследствие применения турбулизаторов потока. Это достигается накаткой на внешней поверхности трубы кольцевых или винтообразных канавок, вследствие образования которых на внутренней поверхности трубы образуются плавные очерченные выступы небольшой высоты, интенсифицирующие теплоотдачу в трубах. Данная технология, в дополнение к таким важным показателям как высокая надежность (также при гидравлическом ударе) и меньшая стоимость, дает отечественному теплообменному оборудованию дополнительные преимущества по сравнению с иностранными пластинчатыми аналогами.

Серьезной проблемой является коррозия теплообменников. Для защиты от коррозии применяется газотермическое напыление трубных досок, труб пароперегревателей. В подавляющем большинстве теплообменники изготавливаются из коррозионностойкой жаропрочной стали, не взирая на это, также подвержены питтинговой коррозии при использовании не ингибированных теплоносителей. В таблице 11 представлено сравнение кожухотрубного и пластинчатого оборудования.

Таблица 11 — Сравнительная таблица кожухотрубного и пластинчатого оборудования

Характеристика	Кожухотрубные теплообменники	Разборные пластинчатые теплообменники
1	2	3
Коэффициент теплопередачи (условно)	1	3 - 5
Характеристика	Кожухотрубные теплообменники	Разборные пластинчатые теплообменники
Разность (возможная) температур теплоносителя и нагреваемой среды на выходе	Не менее 5-10 °С	1 - 2 °С
Изменение площади поверхности теплообмена	Невозможно	Допустимо в широких пределах, кратно количеству пластин

Продолжение таблицы 11

1	2	3
Внутренний объем (условно)	100	1
Соединение при сборке	Сварка, вальцовка	Разъемные
Доступность для внутреннего осмотра и чистки	Неразборный, труднодоступен, простая замена частей невозможна; возможна только промывка	Разборный. Легко доступный осмотр, обслуживание и замена любой части, а также механической промывки пластин.

Время разборки	90 - 120 мин.	15 мин.
Материал трубок (пластин)	Латунь или медь	Нержавеющая сталь
Уплотнения	Неразборный. Простая замена невозможна	Уплотнения бесклеевые легко меняются на новые. Жестко зафиксированы в каналах пластины. Отсутствие протечек после механической чистки и сборки
Обнаружение течи	Невозможно обнаружить без разборки	Немедленно после возникновения, без разборки
Подверженность коррозии при температуре более 60 °С	Да	Нет
Чувствительность к вибрации	Чувствителен	Нечувствителен
Вес в сборе (условно)	10 - 15	1
Теплоизоляция	Необходима	Не требуется
Ресурс работы до кап. ремонта	5 - 10 лет	15 - 20 лет
Габариты (условно)	5-6	1
Специальный фундамент	Требуется	Не требуется
Стоимость (условно)	в зависимости от назначения и схемы присоединения 0,75 – 1,0	

По итогу анализа очевидное преимущество имеют пластинчатые теплообменники. Произведем расчет для подбора необходимого оборудования.

Тепловой конструктивный расчет пластинчатого теплообменного аппарата

Различают два основных вида тепловых расчетов теплообменных аппаратов: поверочные и проектные (конструктивные).

Поверочные расчеты содержат цель определить конечные температуры рабочих сред, тепловую производительность готового теплообменного аппарата и его сходство заданному тепловому режиму при заданных расходах рабочих сред с определенными начальными температурами.

Проектные (конструктивные) тепловые расчеты имеют цель определить поверхность теплопередачи для заданных параметров рабочих сред.

Конструкция пластинчатого теплообменника «AlfaLaval» содержит набор гофрированных пластин, изготовленных из коррозионностойкого материала, с каналами для двух жидкостей, участвующих в процессе теплообмена.

Пакет пластин размещен между опорной и прижимной плитами и закреплен стяжными болтами. Каждая пластина снабжена прокладкой из термостойкой резины,

уплотняющей соединении и направляющей различные потоки жидкостей в соответствующие каналы.

Необходимые данные для проектного теплового расчета определяются заданием на проектирование, некоторые из них принимают на основании предварительных расчетов. В задании на проектирование среди прочих данных указывают располагаемый напор, необходимый для преодоления гидравлического сопротивления, принятое сочетание рабочих сред и расход основного продукта, тепловую производительность аппарата и температуру сред на входе и выходе.

По предварительным расчетам выбирают тип аппарата и составляют его конструктивную схему с указанием направления движения рабочих сред и примерных сечений каналов для их прохода. Затем задаются скоростью каждой рабочей среды, чтобы использовать весь располагаемый напор на преодоление гидравлического сопротивления.

Опыт расчета пластинчатых теплообменных аппаратов показывает, что недостатком общего метода расчета является то, что скоростями рабочих сред задаются в начале расчета, когда еще неизвестно, как они увяжутся с располагаемыми напорами на преодоление гидравлических сопротивлений.

В таблице 12 представлены исходные данные для расчета пластинчатого теплообменного аппарата.

Таблица 12 — Исходные данные для расчета пластинчатого теплообменного аппарата

Наименование	Единица измерения	Греющая сторона	Нагреваемая сторона
1	2	3	4
Теплоноситель	-	Вода сетевая	Вода водопроводная
Массовый расход теплоносителя	кг/с	11,93	-
Начальная температура теплоносителя	°С	95	5

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4
Конечная температура теплоносителя	°С	70	55
Средняя температура теплоносителя	°С	82,5	30
Плотность при средней температуре	$\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$	970,18	995,7

Удельная теплоемкость при средней температуре	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	4,198	4,174
Коэффициент теплопроводности при средней температуре	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$67,55 \cdot 10^{-2}$	$61,8 \cdot 10^{-2}$
Кинематическая вязкость при средней температуре	$\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$	$0,355 \cdot 10^{-6}$	$0,802 \cdot 10^{-6}$
Располагаемый напор	Па	18100	3790
Эквивалентный диаметр межпластинного канала	м	0,008	0,008

Требуется произвести проектный расчет пластинчатого теплообменного аппарата для нагрева водопроводной воды сетевой для нужд горячего водоснабжения промышленных потребителей [38].

1. Количество тепла, передаваемого в единицу времени: определяется по формуле (38):

$$Q_1 = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_k' - t_k'') \text{ кВт}, \quad (38)$$

Вычислим количество тепла:

$$Q_1 = 11,93 \cdot 4,198 \cdot (95 - 70) = 1,25 \cdot 10^3 \text{ кВт}$$

2. Массовый расход водопроводной воды, определяется по формуле (39):

$$G_2 = \frac{Q}{C_2 \cdot (t_2''' - t_2')} \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (39)$$

Тогда:
$$G_2 = \frac{100 \cdot 10^3}{4,174 \cdot (55 - 5)} = 5,98 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3. Средний температурный напор, определяется по формуле (40):

$$\Delta t = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (40)$$

Схема потоков теплоносителей

$$\begin{array}{ccc} 95^{\circ} & \rightarrow & 70^{\circ} \\ 55^{\circ} & \leftarrow & 70^{\circ} \end{array}$$

Тогда: $\Delta t_B = 70 - 5 = 65^{\circ}\text{C}$; $\Delta t_M = 95 - 55 = 40^{\circ}\text{C}$

Средний температурный напор:

$$\bar{\Delta t} = \frac{65 - 40}{2,3 \cdot \lg \frac{65}{40}} = 51,55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

4. Рациональную скорость движения сетевой воды в каналах теплообменника, определяется по формуле (41):

$$\omega_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\alpha_1 \cdot (\bar{t}_1 - \bar{t}_{cm}) \cdot \Delta P_1}{C_1 \cdot (\bar{t}_1 - t_1'') \cdot \rho_1^2 \cdot \xi_1}} \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (41)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от сетевой воды, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

t_1' - средняя температура сетевой воды, $^{\circ}\text{C}$;

\bar{t}_{cm} - средняя температура стенки, $^{\circ}\text{C}$;

$$\bar{t}_{cm} = \frac{\bar{t}_1 + \bar{t}_2}{2} = \frac{82,5 + 30}{2} = 56,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

ΔP_1 - располагаемый напор на стороне сетевой воды, Па;

ρ_1 - плотность сетевой воды при \bar{t}_1 , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

C_1 - теплоемкость сетевой воды при \bar{t}_1 , $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

ξ_1 - коэффициент гидравлического сопротивления на стороне сетевой воды.

Для ориентировочного расчета скорости принимаем:

$$\alpha_1 = 13800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}; \quad \xi_1 = 2,$$

Определим скорость сетевой воды:

$$\omega_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{13800 \cdot (82,5 - 56,25) \cdot 18100}{4198 \cdot (95 - 70) \cdot 970,18^2 \cdot 2}} = 1,58 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

5. Критерий Рейнольдса для потока сетевой воды, определяется по формуле (42):

$$Re_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_2}{\nu_1}, \quad (42)$$

$$Re_1 = \frac{1,58 \cdot 0,008}{0,355 \cdot 10^{-6}} = 12326,8$$

6. Проверяем значение коэффициента общего гидравлического сопротивления по формуле (43):

$$\xi_1 = \frac{22,4}{Re_1^{0,25}}, \quad (43)$$

$$\xi_1 = \frac{22,4}{12326,8^{0,25}} = 2,12$$

Это достаточно близко к принятому $\xi_1 = 2$, поэтому пересчет проводить не требуется.

7. Вычисляем критерии Прандтля Pr_1 и $Pr_{ст}$ при средней температуре сетевой воды и средней температуре стенки по формулам (44) и (45):

$$Pr_1 = \frac{C_1 \cdot \nu_1 \cdot \rho_1}{\lambda_1}, \quad (44)$$

$$Pr_1 = \frac{4198 \cdot 0,355 \cdot 10^{-6} \cdot 970,18}{0,6755} = 2,14$$

При $\bar{t}_{ст} = 56,25^\circ\text{C}$ физические свойства сетевой воды характеризуются следующими данными:

$$C_{ст} = 4,177 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad \nu_{ст} = 0,507 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}; \quad \lambda_{ст} = 65,5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \quad \rho_{ст} = 985,04 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Получаем $Pr_{ст}$:

$$Pr_{ст} = \frac{C_{ст} \cdot \nu_{ст} \cdot \rho_{ст}}{\lambda_{ст}}, \quad (45)$$

$$Pr_{ст} = \frac{4,177 \cdot 0,507 \cdot 10^{-6} \cdot 985,04}{0,655} = 3,18$$

8. Критерий Нуссельта со стороны сетевой воды определяется по формуле

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(46):

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (46)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 12326,8^{0,73} \cdot 2,14^{0,43} \cdot \left(\frac{2,14}{3,18} \right)^{0,25} = 164,33$$

9. Коэффициент теплоотдачи от сетевой воды к стенке по полученному значению Nu_1 определяется по формуле (47):

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_s}, \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (47)$$

$$\alpha_1 = \frac{164,33 \cdot 0,6755}{0,008} = 13875,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

10. Определяем аналогично рациональную скорость движения водопроводной воды в каналах теплообменника:

Для ориентировочного расчета скорости принимаем:

$$\alpha_1 = 10500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}; \quad \xi_1 = 2,7,$$

Определим скорость водопроводной воды:

$$\omega_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{10500 \cdot (56,25 - 30) \cdot 3790}{4174 \cdot (55 - 5) \cdot 975,7^2 \cdot 2,7}} = 1,47 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

11. Критерий Рейнольдса для потока водопроводной воды определяется по формуле (48):

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_s}{\nu_2}, \quad (48)$$

$$Re_2 = \frac{1,47 \cdot 0,008}{0,802 \cdot 10^{-6}} = 5297$$

12. Проверяем значение коэффициента общего гидравлического сопротивления по формуле (49):

$$\xi_2 = \frac{22,4}{Re_2^{0,25}}, \quad (49)$$

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ				

$$\xi_2 = \frac{22,4}{5297^{0,25}} = 2,63$$

то достаточно близко к принятому $\xi_2 = 2,7$, поэтому пересчет проводить не требуется.

13. Вычисляем критерии Прандтля Pr_2 и Pr_{cm} при средней температуре водопроводной воды и средней температуре стенки формулам (50) и (51):

$$Pr_2 = \frac{C_2 \cdot \nu_2 \cdot \rho_2}{\lambda_2}, \quad (50)$$

$$Pr_2 = \frac{4174 \cdot 0,802 \cdot 10^{-6} \cdot 995,7}{0,6180} = 5,42$$

При $\bar{t}_{ct} = 56,25^\circ\text{C}$ физические свойства сетевой воды характеризуются следующими данными:

$$C_{ct} = 4,177 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \nu_{ct} = 0,507 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}; \lambda_{ct} = 65,5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \rho_{ct} = 985,04 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Получаем Pr_{cm} :

$$Pr_{cm} = \frac{C_{cm} \cdot \nu_{cm} \cdot \rho_{cm}}{\lambda_{cm}}, \quad (51)$$

$$Pr_{cm} = \frac{4,177 \cdot 0,507 \cdot 10^{-6} \cdot 985,04}{0,655} = 3,18$$

14. Критерий Нуссельта со стороны водопроводной воды, определяется по формуле (52):

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (52)$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 5297^{0,73} \cdot 5,42^{0,43} \cdot \left(\frac{5,42}{3,18} \right)^{0,25} = 166,9$$

15. Находим коэффициент теплоотдачи от нагреваемой воды к стенке по полученному значению Nu_2 , определяется по формуле (53):

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_3} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (53)$$

$$\alpha_2 = \frac{166,9 \cdot 0,618}{0,008} = 12893,0 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

16. Определяем термическое сопротивление стенки пластины и загрязнений на ней:

а) термическое сопротивление загрязнений на стенке по стороне нагревающей воды определяем по формуле (54):

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,00004 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (54)$$

б) термическое сопротивление стенки из нержавеющей стали при её толщине $\delta = 1$ мм определим по формуле (55):

$$\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{92} = 5,4 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (55)$$

в) термическое сопротивление загрязнений на стенке по стороне нагреваемой воды определяем по формуле (56):

$$\frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,00008 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (56)$$

17. Коэффициент теплопередачи, определяется по формуле (57):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (57)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{13875,6} + 0,00004 + \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{92} + 0,00008 + \frac{1}{12893,0}} = 3635,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

18. Общая поверхность теплопередачи аппарата, определяется по формуле (58):

$$F_a = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} \text{ м}^2, \quad (58)$$

$$F_a = \frac{1250 \cdot 10^3}{3635,5 \cdot 51,55} = 6,71 \text{ м}^2$$

Нужное число пластин, их профиль и размер определяется в зависимости с

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

расходами сред и их физико-химическими свойствами, температурной программой и допустимой потерей напора на горячей и холодной стороне.

Гофрированная поверхность пластин дает высокую степень турбулентности потоков и жесткость конструкции теплообменника. Размещение патрубков для ввода и отвода сред возможно как на опорной, так и на прижимной плитах. Пластины и прокладки производят из материалов, стойких к обрабатываемой среде.

Принцип работы: жидкости, принимающие участие в процессе теплопередачи, через патрубки вводятся в теплообменник. Прокладки, установленные специальным образом, обеспечивают распределение жидкостей по соответствующим каналам, исключая возможность смешивания потоков. Тип пластин и конфигурация каналов выбирается, исходя из заданных технических требований, обеспечивая оптимальные условия процесса теплообмена.

5 НАУЧНО – ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА. АНАЛИЗ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ПРОКЛАДКИ ТЕПЛОПРОВОДОВ

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Теплоизоляция («тепловая изоляция») — элементы конструкции, уменьшающие процесс теплопередачи и выполняющие роль основного термического сопротивления в конструкции.

Тепло изоляционные материалы

Широкое применение теплоизоляционных материалов и конструкций предназначенных для снижения тепловых потерь и оборудовани ем тепловых сетей, сохранение заданной температуры теплоносителя, кроме того недопущения высоких температуры на поверхности теплопроводов и оборудования.

Теплоизоляционные материалы и конструкции естественно контактируют с окружающей средой, а также зависит от колебаний температуры, влажности, а при подземных прокладках – агрессивными действиями грунтовых вод по отношению к поверхности труб. Схема покрытия изоляционного материала показана на рисунке 6.

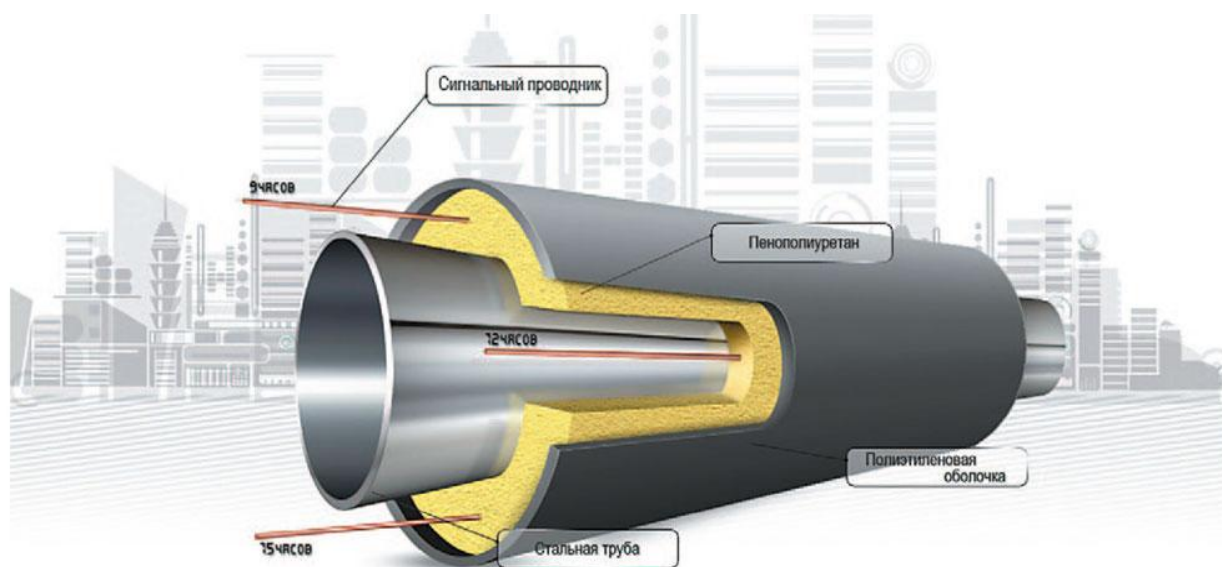


Рисунок 6 – Схема покрытия изоляционного материала

Для уменьшения транспортных потерь тепла является главным средством экономии топлива. Если сравнивать значительно небольшие расходы на теплоизоляцию трубопроводов, в размере 5 – 8% от капиталовложений при строительстве тепловых сетей, одним из важных вопросов является сохранение транспортируемого тепла по трубопроводам, с помощью покрытия высококачественными и эффективными теплоизоляционными материалами.

Изготавливают теплоизоляционные конструкции из таких материалов, у которых практически не имеют теплопроводности.

В настоящее время имеется три группы материалов в зависимости от теплопроводности:

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

– к первой группе относятся материалы с низкой теплопроводностью до 0,06 Вт/(м·°С) при средней температуре материала в конструкции 25°С и не более 0,08 Вт/(м·°С) при 125°С;

– ко второй группе относятся материалы со средней теплопроводностью от 0,06 до 0,115 Вт/(м·°С) при 25°С и от 0,08 до 0,14 Вт/(м·°С) при 125°С;

– к третьей группе относятся материалы с повышенной теплопроводностью от 0,115 до 0,175 Вт/(м·°С) при 25°С и от 0,14 до 0,21 Вт/(м·°С) при 125°С.

Материал со средней плотностью не более 400 кг/м³, и теплопроводностью не более 0,07 Вт/(м·°С) при температуре материала 25°С, можно использовать в качестве основного слоя теплоизоляционных конструкций для всех видов прокладок, кроме бесканальной. При бесканальной прокладке – соответственно не более 600 кг/м³ и 0,13 Вт/(м·°С)

Также одним из важнейших свойств теплоизоляционных материалов является их стойкость к воздействию температур до 200°С.

Для изготовления тепловой изоляции запрещено применение котельных шлаков, содержащих в своем составе сернистые соединения.

Одним из важнейшим свойством является водопоглощение и водоотталкивание. Присутствие влаги отрицательно сказывается на тепловой изоляции, мгновенно повышает ее коэффициент теплопроводности по причине вытеснения воздуха водой. Из-за присутствия воды появляется коррозии наружной поверхности труб и оборудования, в связи с присутствием растворенных в воде кислорода и углекислоты.

Воздухопроницаемость и герметичность теплоизоляционного материала также необходимо учитывать при проектировании и изготовлении теплоизоляционной конструкции, не допуская проникновения влажного воздуха.

Теплоизоляционные материалы должны быть с высоким электросопротивлением, чтобы не допустить попадания блуждающих токов к поверхности трубопроводов, особенно при бесканальных прокладках, что вызывает электрокоррозию труб.

Покрытие трубопроводов тепловой изоляции, по возможности осуществляться на заводах механизированным способом. Это существенно снижает трудовые затраты, сроки на монтаж и тем самым повышает качество теплоизоляционной конструкции. Изоляция стыковых соединений, оборудования, ответвлений и запорной арматуры должна производиться ранее заготовленными частями с механизированной сборкой на месте монтажа.

При увеличении плотности теплоизоляционных материалов снижаются теплотехнические свойства, из-за этого минераловатные изделия не стоит чрезмерно уплотнять. Для крепления тепловой изоляции (бандажи, сетка, проволока, стяжки) применяют материалы агрессивны стойких или с соответствующим покрытием, предотвращающие коррозию.

При разработке системы теплоснабжения поселка Барсово Сургутского района ХМАО особое внимание уделяется теплоизоляционным материалам и конструкциям, которые должны иметь невысокую стоимость, применение их должно быть экономически оправданным.

						13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			47

Теплоизоляционные материалы, изделия и конструкции при надземной и подземной прокладках тепловых сетей в каналах

Основным теплоизоляционным материалом в наше время является минеральная вата и изделия из нее. Минеральная вата состоит из тонковолокнистого материала, получаемого из расплава горных пород, металлургических шлаков или их смеси. Для тепловой изоляции трубопроводов и оборудования теплосетей используют базальтовую вату и изделия из нее.

Из минеральной ваты выпускают методом уплотнения и добавки синтетических или органических (битум) связующих или прошивки синтетическими нитями различные маты, плиты, полуцилиндры, сегменты и шнуры.

Минераловатные маты прошивные выпускают двух видов, без обкладок и с обкладками из стеклоткани, асбестовой ткани, стекловолоконного холста, гофрированного или кровельного картона; упаковочной или мешочной бумаги.

Исходя из плотности минеральной ваты, изделия из неё делят на жесткие, полужесткие и мягкие. Из жестких материалов изготавливают цилиндры с разрезом по образующей, полуцилиндры для изоляции труб малых диаметров диаметром до 250 мм и сегменты - для труб диаметром более 250 мм. Для больших диаметров труб применяют изоляцию в виде вертикальнослоистые маты, наклеенные на покровный материал, а также маты прошивные из минеральной ваты на металлической сетке.

Каждое изделие из минеральной ваты имеет свою теплопроводность и зависит от марки (по плотности) и меняется в пределах от 0,044 до 0,049 Вт/(м·°С) при температуре 25°С и от 0,067 до 0,072 Вт/(м·°С) при температуре 125°С.

Стекловолоконная вата состоит из тонковолокнистого материала, получаемая из расплавленной стеклянной шихты методом непрерывного вытягивания стекловолокна, а также центробежно-фильтрно-дутьевым способом. Из стеклянной ваты путем формования и склеивания синтетическими смолами изготавливают различные плиты и маты. Изделия из стеклянной ваты, делятся на жесткие, полужесткие и мягкие. Изготавливают маты и плиты без связующего, прошивные стеклянной или синтетической нитью.

Показатель теплопроводности изделий из стекловаты во многом зависит от её плотности и изменяется в пределах от 0,041 до 0,074 Вт/(м·°С).

Широкое применение холста из стекловолокна применяют в качестве оберточного и покровного материала (нетканый рулонный материал на синтетическом связующем) и полотно холстопрошивное из отходов стекловолокна, представляющее собой многослойный холст, прошитый стеклонитями.

Перлит – пористый материал, получают с помощью термической обработки вулканического стекла с включениями полевых шпатов, кварца, плагиоклазов. Перлит в виде щебня и песка используют как заполнитель для изготовления

										Лист
										48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

теплоизоляционных бетонов и других теплоизоляционных изделий, как например, битумоперлит.

Широкое использование в качестве основного теплоизоляционного слоя выбирают пенопласты. Пенопласты – пористый газонаполненный полимерный материал. Технология их производства заключается в вспенивании полимеров газами, которые в результате химических реакций между отдельными смешиваемыми компонентами. Теплопроводность пенопласта варьируется в пределах от 0,043 до 0,046 при 20°C.

Нанесение изоляционного слоя пенопласта делают на заводах путем заливки в формы или распылением на поверхность труб. Применяют такую изоляцию для стыков, фасонных частей, арматуры и др. Также есть возможность применения на месте монтажа трубопровода путем заливки в опалубки или в скорлупы жидкой вспененной массы с последующим быстрым твердением пеноизоляции.

Разработанная ВНИПИэнергопром пенополиуретановая тепло-гидроизоляция ППУ 308 Н имеет показатель теплопроводности, равный 0,032 Вт/(м·°С) при плотности от 40 до 90 кг/м³, нанесение на трубы производится с помощью механизированного оборудования, а так же дополнительное антикоррозийное покрытие не требуется. Плотность наружного слоя составляет от 150 до 400 кг/м³ с пределом прочности на сжатие 50 кг/см² используется в качестве покровного слоя.

Теплоизоляционные конструкции

Теплоизоляционные конструкции включают в себя защитное покрытие поверхности труб от коррозии, основной слой изоляции (несколько слоев) и защитное покрытие (покровный слой), предохраняющий основной слой теплоизоляции от механических повреждений, воздействия атмосферных осадков и агрессивных сред. К защитному покрытию относятся также средства и детали крепления покровного слоя и изоляции в целом.

Выбор защиты поверхности труб от коррозии зависит от способа прокладки, от вида агрессивных воздействий на поверхность и от конструкции тепловой изоляции.

Самым распространенным способом являются масляно-битумные покрытия по грунту, а также покрытия изолом или бризолом по изоляционной мастике.

Одним из самых эффективных считается стеклоэмалевое покрытие, которое состоит из смеси кварцевого песка, полевого шпата, глинозема, буры и соды. Для повышения сцепления с металлом в состав добавляют оксиды никеля, хрома, меди и другие добавки. Густую водную смесь наносят на поверхность трубы, высушивают и оплавливают на поверхности трубы в кольцевом электромагнитном индукторе при температуре в районе 800°C. Стыковые соединения труб могут покрываться эмалью с помощью передвижных установок. Недорогим антикоррозийным средством является покрытие краской ЭФАЖС на эпоксидной смоле, считается одним из не дорогих средств. Эпоксидные эмали, которые используют для теплопроводов, находятся в агрессивной среде,

										Лист
										49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

температурновлажностных условиях. Одним весьма эффективным способом является металлизация поверхности алюминием (газо-термически способ). Алюминиевое покрытие наносится на поверхность трубы с помощью газопламенных или электродуговых аппаратов газовой или воздушной струей. Установка по металлизации алюминием может входить в поточно-механизированную линию по теплоизоляции труб.

Перед тем как нанести антикоррозионное покрытия поверхность труб тщательно зачищается от коррозии и окалина механическими щетками или пескоструйными аппаратами, также при необходимости поверхность трубы обезжиривается органическими растворителями.

Полносборные теплоизоляционные конструкции - наиболее универсальный вид изоляции, который изготавливаются на заводе с противокоррозионной обработкой труб и с креплением покровного слоя поверх основного слоя изоляции стыков, фасонных частей, арматуры, компенсаторов и др.

Для теплоизоляционных конструкций существует полный комплектный набор теплоизоляционных изделий, элементов покрытия и крепежных деталей по размерам и диаметрам.

Подвесные теплоизоляционные конструкции это основной способ теплоизоляции теплопроводов при надземной и подземной канальной прокладке.

Сборка изоляционных конструкций на объекте монтажа из готовых элементов (сегментов, полос, матов, скорлуп и полуцилиндров), имеет большие затраты ручного труда.

При монтаже конструкций из мягких материалов (плит, матов) при нанесении покровного слоя необходимо уплотнение материала теплоизоляционного слоя. Необходимо рассчитать количество материала с учетом коэффициента уплотнения.

Для изоляции запорной арматуры находят применение съемные конструкции набивной изоляции в виде тьюфяков, заполненных минеральной или стеклянной ватой, перлитом и другим теплоизоляционным материалом. Оболочка тьюфяков изготавливается из стеклоткани.

Покровный слой используют для защиты от проникновения атмосферной влаги при надземной способе прокладки.

При прокладке в непроходных каналах используют более дешевые армопластмассовые материалы, стеклотекстолит, стеклопластик, рубероид.

Крепление покровного слоя из листового металла производят самонарезающими винтами, планками или бандажами из упаковочной ленты или лентами из алюминиевого сплава, оболочки из стеклопластика, фольги и других материалов, крепят бандажами из алюминиевой или упаковочной ленты, оцинкованной стальной ленты и проволоки. Покрытие из кровельной стали окрашивается атмосферостойкими красками.

На рисунке 7 приведен пример теплоизоляции трубопровода минераловатными плитами.

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

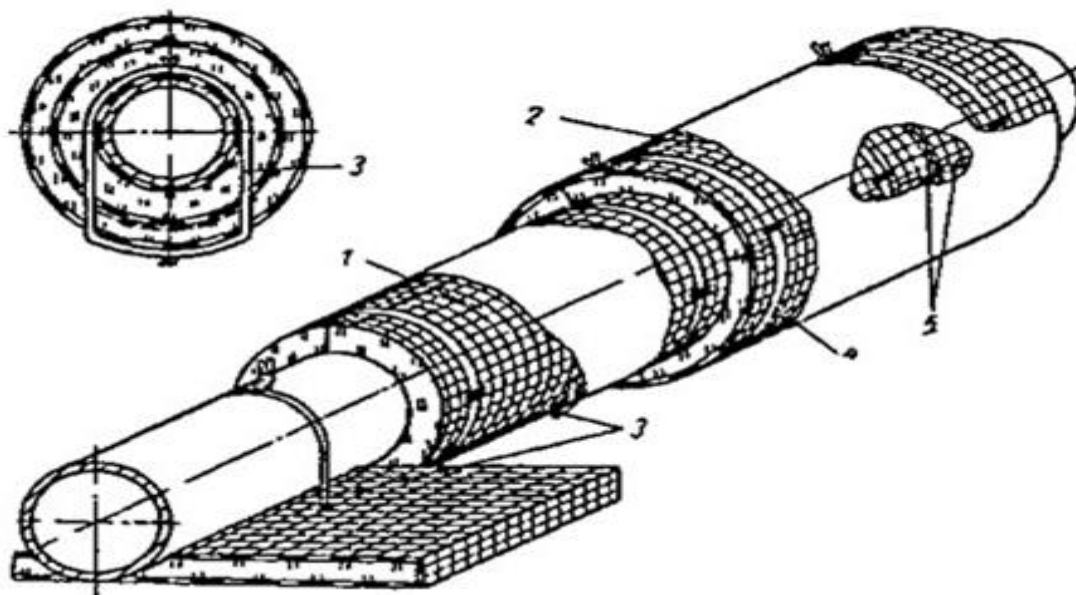


Рисунок 7 – Тепловая изоляция трубопроводов минераловатными матами на подвесах:

1,2 – маты; 3 – подвеска; 4 – бандаж; 5 – сшивка

Оберточные конструкции выполняют из прошивных матов или из мягких плит на синтетической связке, которые сшивают поперечными и продольными швами. Покровный слой крепится также, как и в подвесной изоляции

Оберточные конструкции в виде теплоизоляционных жгутов из минеральной или стеклянной ваты после наложения их на поверхность также покрывают защитным слоем. Изолируют стыки, фасонные части, арматуру.

Мастичная изоляция применяется также для теплоизоляции на месте монтажа арматуры и оборудования. Применяют порошкообразные материалы: асбест, совелит. Замешенная на воде масса накладывается на предварительно нагретую изолируемую поверхность вручную. Применяется мастичная изоляция редко, как правило, при ремонтных работах.

Теплоизоляционные материалы и конструкции бесканальных прокладок

Метод бесканальных прокладок привлекаем тем, что является одним из самых простых видов конструкции и меньшей стоимостью по сравнению с прокладкой в каналах, однозначный ответ мы сможем получить только в случае полного анализа. Связанно это с тем, что для бесканальной прокладки необходима тщательная гидроизоляция поверхности теплопроводов вплоть до помещения изолированной трубы в герметичную оболочку. Конструкции бесканальных прокладок бывают: засыпные, монолитные (литые) и прокладки в предварительно изолированных трубах с герметичными защитными оболочками.

К засыпные конструкция относятся смонтированные трубопроводы с антикоррозийным покрытием, уложенные в траншею, засыпаются

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

теплоизоляционной массой. В роли засыпок применяют керамзитовый гравий, перлит, асфальтоизол. Асфальтоизол имеет свойство, что при разогреве трубы теплоносителем вокруг поверхности трубы создается третий слой, который обволакивает поверхность трубы и является антикоррозионным слоем, далее идет пористая спекшаяся масса, являющаяся теплоизоляционным слоем, и пескогравиеобразный периферийный слой засыпки, не изменяющий своих свойств представлено на рисунке 8.

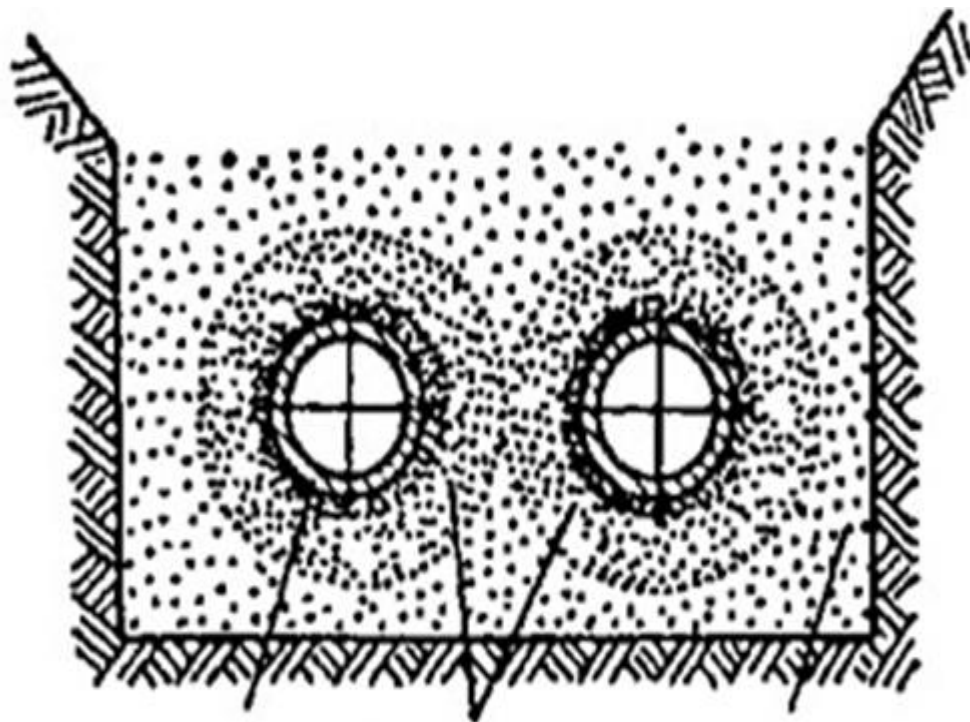


Рисунок 8 – Тепловая изоляция из самоклеящегося порошка
1 – плотный слой, 2 – пористый слой, 3 – парашкообразный слой.

При эксплуатации увлажняется, в основном, наружный слой, и к поверхности трубы влага не проникает. Для перемещения трубопровода вследствие температурного удлинения происходит в вязком расплавленном слое. Теплопроводность асфальтоизола колеблется от 0,085 Вт/(м·°С), в сухом состоянии до 0,2 Вт/(м·°С) в увлажненном.

Отходы от переработки нефти могут применяться для изготовления асфальтоизола.

При сухих и маловлажных грунтах с низким уровнем грунтовых вод, применяется засыпная теплоизоляция из керамзита и перлит. Для защиты от поверхностных вод обсыпку рекомендуется покрывать полиэтиленовой пленкой, изолом, рубероидом и другими рулонными материалами.

Мел засыпают в инвентарную опалубку, в которую заранее укладывается полиэтиленовая пленка. После обсыпки трубопровода и уплотнения пленкой внахлест укрывают изолированный трубопровод. Коэффициент теплопроводности гидрофобизированного мела в среднем 0,086 Вт/(м·°С).

Монолитные теплоизоляционные конструкции получили самое широкое распространение.

Наглядным примером такой конструкции является армопенобетонная оболочка, которая была разработана и имеет широкий круг использования.

Армирование, заливка пенобетоном в формы и автоклавная обработка производится на поточной линии. В бетон добавляют пенообразователь (столярный клей, канифоль и кальцинированная сода). Гидрозащитное покрытие выполняется в виде трех слоев бризола на битумно-резиновой мастике. Защитный слой - асбестоцементная штукатурка по проволочной сетке. В остальных случаях защитный слой выполняется из двух-трех слоев стеклоткани по битумно-резиновой мастике.

Тепловое удлинение труб в изоляции из армопенобетона происходит вместе с изоляцией.

Стыки труб изолируют по месту монтажа скорлупами или сегментами из пенобетона, фенольного норопласта или газобетона.

Анализ прокладки трубопроводов тепловых сетей различными методами.

Вариант 1 прокладки трубопроводов двумя методами канальным и бесканальным, на 1 м.п. при использовании базальтовой изоляции, представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Прокладки трубопроводов двумя методами канальным и бесканальным при использовании базальтовой изоляции

Наименование работ	Методы прокладки трубопровода	
	Канальный, за 1 м.п./руб.	Бесканальный, за 1 м.п./руб.
1. Прокладка трубопровода	86000	62000
2. Изоляция всего:	126	120
- базальтовый утеплитель	115	115
- гидроизоляция из афальтоизола	0	5
- стеклоэмалевое покрытие	11	0
3. Земляные работы	130	130
4 Стоимость монтажа и прочих работ	5300	5300
Итого:	91556	67550

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

53

Свод анализа данных по первому варианту представлен на рисунке 9.

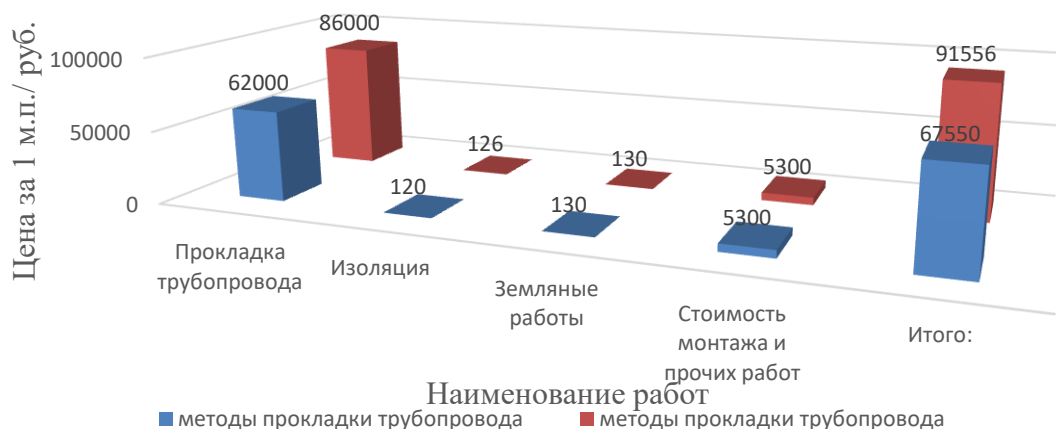


Рисунок 9 – Анализа данных по первому варианту

Вывод: рассмотрев методы прокладки канальный и бесканальный, а также стоимость каждого из представленных вариантов за 1 м.п./руб. с учетом стоимости монтажа земляных работ, можно сделать вывод, что бесканальный метод является наиболее экономичным, так как влечет за собой меньше затрат на прокладку тепловых сетей. В качестве изоляционного материала предложен базальтовый утеплитель, широко используют во всем мире. Базальтовый утеплитель имеет достаточно высокие показатели сохранения тепла.

Вариант 2 прокладки трубопроводов двумя методами канальным и бесканальным, на 1 м.п. при использовании ППУ, представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Прокладки трубопроводов двумя методами канальным и бесканальным при использовании базальтовой изоляции

Наименование работ	Методы прокладки трубопровода	
	Канальный, за 1 м.п./руб.	Бесканальный, за 1 м.п./руб.
1. Прокладка трубопровода за 1 м.п./ руб.	86000	62000
2. Изоляция на 1 м.п./ руб.	651	645
- Утеплитель скорлупа ППУ	640	640
- Гидроизоляция из афальтоизола	0	5
- Стеклоэмалевое покрытие	11	0
3. Земляные работы, м3/руб.	130	130
4 Стоимость монтажа и прочих работ	5300	5300
Итого:	92081	68075

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

54

Свод анализа данных по первому варианту представлен на рисунке 10.

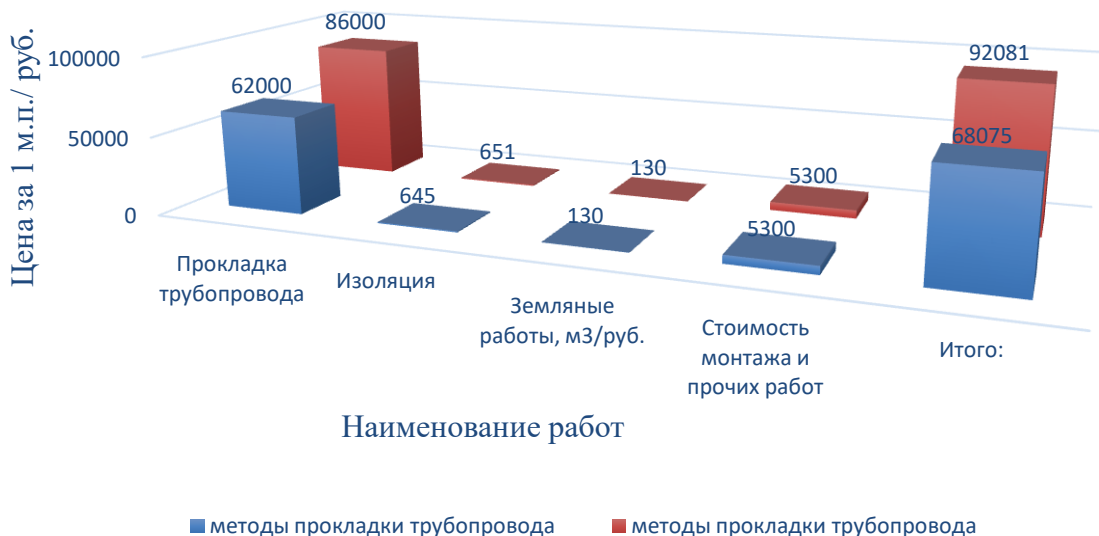


Рисунок 10 – Анализа данных по второму варианту

Вывод: Во втором варианте прокладки теплопроводов канальным и безканальным методом с использованием пенополиуретана (ППУ), имеет высокую цену на 1 п.м./руб., чем базальтовый утеплитель, а по характеристикам достигают практически один и тот же эффект, Хотя у ППУ изоляции стоимость и больше, за то есть возможность быстрого вскрытия скорлупы для устранения утечек. Имеет гидроизоляцию из асфальтоизола и стеклоэмалевое покрытие, что делает ее высоко качественной теплоизоляцией отвечающую всем требованиям мирового рынка.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6 ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа выполнена в соответствии с «Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [1].

Энергосбережение в нынешних ситуациях представляет собой одну из главных факторов при выборе оборудования и тепловой схемы котельной.

Главным областью энергосбережения является понижение затрат на топливо-энергетические ресурсы котельной. Снижение затрат топливо-энергетических ресурсов основывается на:

Возможность автоматического регулирования температурного графика и выработки тепловой энергии. Это может сэкономить топливо порядка 12–15% по сравнению с котельными без автоматического регулирования.

Использование автоматизированных горелочных устройств, позволяет повысить КПД котельных агрегатов, не ниже 90%.

Современные горелочные устройства и котельные агрегаты имеют КПД равный 91–94 %, по сравнению с устаревшими котельными агрегатами без автоматизации, у которых КПД достигает при своих возможностях максимум 75 – 80 %.

Использование на сегодняшний день автоматизированных установок для обработки сырой воды позволяет уменьшить величину отложений(накипи) в котельных агрегатах и трубопроводах, и повысить теплосъем. Использование современных решений по обработке воды позволяют достичь снижения потребления топлива котельными установками на 6 - 9 %.

Уменьшение отложений с внутренней поверхности нагрева труб котлов достигается умягчением сырой воды на подпитку. Удаление отложений реализовывается при ремонте котла - химическим способом или механической очисткой.

Наличие хотя бы 1 миллиметра отложений снижает КПД котельного агрегата до 15 % в зависимости от качества котловой и сырой воды.

Проведение режимно-наладочных испытаний котельных агрегатов, выбор оптимальных режимов работы основного и вспомогательного оборудования, составление режимной карты для обслуживающего персонала, разработка рекомендаций, направленных на повышение экономичности работы котельной установки, позволяет экономить топливо в размере 3,5 %.

Создание и широкое внедрение комплекса технологического оборудования на модульной основе для нового строительства и перевода существующих источников теплоснабжения на когенерационную основу.

Совершенствование технологий промышленного производства теплопроводов для теплоснабжения с предварительно нанесенным антикоррозийным покрытием, тепло-, гидроизоляции и дистанционной диагностикой состояния, регулирующих и запорных устройств с автоматическим приводом и монтажа из них тепловых сетей.

Стратегическими целями развития теплоснабжения являются [24]:

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

- кардинальное повышение технического уровня систем теплоснабжения на основе инновационных, высокоэффективных технологий и оборудования;
- сокращение непроизводительных потерь тепла и расходов топлива;
- обеспечение управляемости, надежности, безопасности и экономичности теплоснабжения;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Для достижения стратегических целей развития отрасли необходимо решение следующих основных задач:

- предпочтительное развитие теплоснабжения России и ее регионов на базе теплофикации с использованием современных экономически и экологически эффективных когенерационных установок широкого диапазона мощности;
- распространение сферы теплофикации на базе паротурбинных, газотурбинных, газопоршневых и дизельных установок на область средних и малых тепловых нагрузок;
- оптимальное сочетание централизованного и децентрализованного теплоснабжения с выделением соответствующих зон;
- максимальное использование возможностей геотермальной энергетики для обеспечения теплоснабжения изолированных регионов, богатых геотермальными источниками (Камчатка, Сахалин, Курильские острова);
- развитие систем "централизованно–распределенной" генерации с разными типами источников, расположенными в районах теплопотребления;
- модернизация и развитие систем децентрализованного теплоснабжения с применением высокоэффективных конденсационных газовых и угольных котлов, когенерационных, геотермальных, теплонасосных и других установок, а также автоматизированных индивидуальных теплогенераторов нового поколения для сжигания разных видов топлива;
- совершенствование режимов эксплуатации ТЭЦ с целью максимального сокращения выработки электрической энергии по конденсационному циклу, вынос ее выработки по условиям экономичности на загородные тепловые станции;
- изменение структуры систем теплоснабжения, включая рациональное сочетание системного и элементного резервирования, оснащение автоматикой и измерительными приборами в рамках автоматизированных систем диспетчерского управления нормальными и аварийными режимами их эксплуатации, переход на независимую схему подключения нагрузки отопления (вентиляции и кондиционирования) и закрытую систему горячего водоснабжения;
- совместная работа источников тепла на общие тепловые сети с оптимизацией режимов их функционирования;
- реконструкция действующих ТЭЦ, котельных, тепловых сетей и тепловых энергоустановок, проведение теплогидравлической наладки режимов, повышение качества строительно-монтажных и ремонтных работ, своевременное выполнение регламентных мероприятий, оснащение потребителей стационарными и

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

передвижными установками теплоснабжения в качестве резервных и/или аварийных источников теплоснабжения;

– разработка нормативно–правовой базы, обеспечивающей эффективное взаимодействие производителей тепла, организаций, осуществляющих его транспортировку и распределение, а также потребителей в рыночных условиях функционирования отрасли.

Энергосбережение в теплоснабжении будет осуществляться по следующим основным направлениям [38]:

– в производстве тепловой энергии - повышение КПД котлоагрегатов, теплофикационных и других установок на основе современных технологий сжигания топлива, когенерационной выработки тепловой и электрической энергии; увеличение коэффициента использования тепловой мощности, развитие систем распределенной генерации тепла с вовлечением в теплоснабжение ВИЭ, повышение технического уровня, автоматизации и механизации мелких теплоисточников, оснащение их системами учета и регулирования отпуском тепловой энергии; обоснованное разделение сферы централизованного и децентрализованного теплоснабжения;

– в системах транспорта тепловой энергии - сокращение тепловых потерь и утечек теплоносителя в результате реконструкции тепловых сетей на основе применения теплопроводов заводской готовности, эффективных способов их прокладки, современных запорно-регулирующих устройств, автоматизированных узлов и систем управления режимами, организация оптимальных режимов функционирования тепловых сетей, теплоисточников и потребителей;

– в системах потребления тепловой энергии - учет количества и контроль качества потребляемой тепловой энергии, реконструкция и новое строительство зданий с применением теплоустойчивых конструкций, тепловой автоматики, энергоэффективного оборудования и теплопроводов, высокая технологичность всего процесса теплоснабжения, доступность его контроля и возможность управления.

7 ЭКОЛОГИЯ

Экология — это наука, изучающая взаимодействие живых организмов с окружающей средой. Исходя из перевода составного термина, это наука о доме. Но под словом «дом» в экологии понимают не то или, точнее, не только то жилище, в котором проживает конкретная семья, отдельный человек или даже группа людей. Под словом «дом» здесь понимается целая планета, мир — дом, в котором живут все люди. И, конечно, в разных разделах экологии рассматриваются отдельные «комнаты» этого «дома».

Экология изучает всё, что как-то взаимодействует или влияет на живые организмы. Это очень объёмная наука, которая затрагивает добрую сотню актуальных вопросов для человека и его жизни на земле.

Общие сведения

При горении различных топлив, вместе с основными продуктами сгорания (CO_2 , H_2O и NO_2) в атмосферу попадают загрязняющие вещества в твердом состоянии (зола и сажа), а также газообразные токсичные вещества - серный и сернистый ангидрид (SO_2 и SO_3). Все продукты неполного сгорания являются вредными (CO , CH_4 , C_2H_6).

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

Окислы азота образуются за счет окисления содержащегося в топливе азота и азота воздуха, и содержатся в продуктах сгорания всех топлив. Условием окисления азота воздуха является диссоциация молекулы кислорода воздуха под воздействием высоких температур в топке. В результате реакций в топочной камере образуется в основном окись азота NO (более 95%). Образование двуокиси азота NO_2 за счет до окисления NO требует долгого времени и происходит при низких температурах на открытом воздухе.

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

Радикальным способом снижения образования окислов азота является организация двух стадийного сжигания топлива, то есть использование двухступенчатых горелочных устройств. Поэтому в первичную зону горения подается 50-70% от необходимого для горения воздуха, остальная часть воздуха поступает во вторую зону, в связи с этим происходит дожигание продуктов неполного сгорания.

Понижение температуры подогрева воздуха и уменьшение избытка воздуха в

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

топке тоже уменьшает образование окислов азота, как за счет снижения температурного уровня в топке, так и за счет уменьшения концентрации свободного кислорода.

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

Под предельно допустимой концентрацией следует понимать такую концентрацию различных веществ и химических соединений, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний.

ПДК атмосферных загрязнений устанавливается в двух показателях: максимально-разовая и среднесуточная.

Для двуокси азота (NO_2) – основного загрязняющего вещества при работе котельной на природном газе – предельно допустимая максимально-разовая концентрация равна $0,085 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная – $0,04 \text{ мг/м}^3$.

При одновременном совместном присутствии в выбросах нескольких веществ однонаправленного, вредного действия их безразмерная суммарная концентрация не должна превышать 1, определяется по формуле (59):

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (59)$$

где $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ - фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_3, \dots, \text{ПДК}_n$ - предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 .

Любые газы подлежат рассеиванию в атмосфере даже если они не токсичны. Основным методом снижения концентрации выбросов на уровне земли является рассеивание их через высокие дымовые трубы. Из дымовых труб поток газов выбрасывается в высокие слои атмосферы, перемешивается с воздухом, за счет чего концентрация вредностей на уровне дыхания снижается до нормативного значения. К тому же окислы азота, попавшие в атмосферу, там не накапливаются, так как под действием ультрафиолетового излучения сравнительно быстро происходит самоочищение.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях и определяется по формуле (60):

$$C_m = \frac{AMF_{mn}}{H^2 \sqrt[2]{V_2 \Delta T_2}} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}, \quad (60)$$

где A — коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется

климатической зоной, для г. Сургута $A = 160 \frac{c^{2/3} \text{ м}^2}{\text{град}^{2/3}}$;

ПДК₁ ПДК₂, ПДК₃,..., ПДК_n - предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м³.

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

ΔT — перепад температур между дымовыми газами и атмосферой, К;

M — масса выбрасываемого загрязняющего вещества, г/с;

V_г — полный расход дымовых газов, образующихся в котельной, м³/с;

m и n — коэффициенты, учитывающие подъем факела над трубой.

Расчет количества вредных веществ в продуктах сгорания

Исходные данные отопительной котельной представлены в таблице 15.

Таблица 15 — Исходные данные отопительной котельной

Вид топлива	СН ₄ ,	С ₂ Н ₆ ,	Н ₂ ,	СО ₂ ,	С ₄ Н ₁₁ ,	С ₂ Н ₁₂ ,	Н ₂ ,	Q, МДж/м ³
Природный газ	94,9	3,2	0,9	0,4	0,1	0,1	59,8	32,5

В состав проектируемой отопительной котельной для п. Барсово входят:
3 котельных агрегата Ygnis ST 8100:

- Расход топлива 0,26 м³/с
- Коэффициент избытка воздуха 1,05
- Температура дымовых газов на выходе из трубы 220°С
- Температура окружающего воздуха 20°С
- Объемы воздуха и продуктов сгорания:

$$V_B^0 = 9,64 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$V_{RO_2}^0 = 1,04 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$V_{N_2}^0 = 6,909 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

$$V_{H_2O}^0 = 2,24 \text{ м}^3 / \text{м}^3$$

Определяем количество окислов азота NO₂, выбрасываемых в атмосферу по формуле (61):

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-3} \cdot \beta_1 \cdot V \cdot Q_H^p, \quad (61)$$

где V_p = 0,26 м /с

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$Q_H^p = 32,5 \text{ МДж/м}^3$$

$q_4 = 0$ — потери тепла от механической неполноты сгорания топлива;

$\beta_1 = 0,85$ — безразмерный поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива;

$\beta_2 = 0$ — коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов на выход оксидов азота в зависимости от условий подачи их в топку.

r_3 — коэффициент, учитывающий конструкцию горелок:

Для вихревых горелок $\beta_3 = 1,0$.

K_{NO_2} — коэффициент характеризующий выход оксидов азота на 1 тонну сожженного топлива (кг/т).

Коэффициент K_{NO_2} вычисляется по эмпирическим формулам для водогрейных котлов при сжигании газа во всем диапазоне нагрузок по формуле (62):

$$k = \frac{2,5 \cdot Q_{\phi}}{20 + Q_H} = \frac{2,5 \cdot 6982,7}{20 + 6982,7} = 2,49 \quad (62)$$

где Q_{ϕ} — фактическая мощность котельного агрегата;

Q_H — номинальная мощность котла. Будем считать, что котел всегда работает в номинальном режиме $Q_{\phi} = Q_H = 8100$ кВт.

$r = 0$ — степень рециркуляции дымовых газов.

$$M_{NO_2} = 0,034 \cdot 0,26 \cdot 32,5 \cdot 2,49 \cdot 0,85 = 0,6 \text{ г/с}$$

Определим объем сухих газов по формуле (63) и продуктов сгорания по формуле (64):

$$V_2^{сх} = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + (\alpha - 1) \cdot V_B^0 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}, \quad (63)$$

$$V_2^{сх} = 1,04 + 6,909 + (1,05 - 1) \cdot 9,64 = 9,81 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

$$V_{\Gamma} = V_2^{сх} + V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (1,05 - 1) \cdot V_B^0 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}, \quad (64)$$

$$V_{\Gamma} = 9,81 + 2,24 + 0,0161 \cdot (1,05 - 1) \cdot 9,64 = 12,09 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Секундный объем дымовых газов по формуле (65):

$$V' = B_p \cdot V_2 = 0,26 \cdot 12,09 = 3,14 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (65)$$

Секундный объем, приведенный к условиям выхода дымовых газов: $P_H = 760$ мм

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

рт. ст., $T_n = t_n + 273 = 0 + 273 = 273$ К, определяется по формуле (66):

$$V = \frac{V' \cdot T_2 \cdot P_n}{T_n \cdot P_{атм}} = \frac{3,14 \cdot 493 \cdot 760}{273 \cdot 750} = 4,9 \frac{м^3}{с} \quad (66)$$

Расчет высоты дымовой трубы

Для установления минимальной высоты дымовой трубы воспользуемся графоаналитическим методом.

Принимаю среднюю скорость дымовых газов в устье трубы $w_0 = 15$ м/с; Тогда диаметр дымовой трубы, определяется по формуле (67):

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w_0}} \text{ м}, \quad (67)$$

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,19}{3,14 \cdot 15}} = 0,64 \text{ м}$$

Из стандартных диаметров принимаю $D_0 = 0,5$ м;

Скорость дымовых газов в устье трубы, определяется по формуле (68):

$$C_0 = \frac{4 \cdot v}{3,14 \cdot d_{усть}^2}, \quad \frac{м}{с}, \quad (68)$$

$$C_0 = \frac{4 \cdot 4,9}{3,14 \cdot 0,5^2} = 25 \frac{м}{с}$$

Для проведения расчета необходимо задаться несколькими высотами труб таким образом, чтобы высота расчетной трубы оказалась в интервале, ограниченном заданными высотами.

1. $H_1 = 15$ м

Расчетная высота трубы, определяется по формуле (69):

$$H_{1p} = \sqrt{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \frac{M_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}, \quad (69)$$

где A - коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях, определяется климатической зоной, для г. Сургута $A = 160 \frac{с^{2/3} \cdot мг}{град^{2/3}}$;

F — коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

$F=1$ для газообразных примесей;

m и n — коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья трубы, определяется по формуле (70):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (70)$$

$$f = \frac{w_0^2 \cdot d_{уст} \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{25^2 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{15^2 \cdot (493 - 293)} = 5,5$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{5,5} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{5,5}} = 0,66$$

Коэффициент n зависит от параметра V_m , определяется по формуле (71):

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V}{H}}, \quad (71)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{(493 - 293) \cdot 4,9}{15}} = 3,7$$

Параметр $V_m > 2$, таким образом, $n=1$

$$ПДК_{NO_2} = 0,085 \frac{мг}{м^3}$$

$$H_{1p} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot \frac{0,6}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{4,9 \cdot (493 - 293)}}} = 12,13 \text{ м}$$

2. $H_2=25$ м

Расчетная высота трубы, определяется по формуле (72):

$$H_{2p} = \sqrt{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \frac{M_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}, \quad (72)$$

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

$$f = \frac{w_0^2 \cdot d_{уст} \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{25^2 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{25^2 \cdot (493 - 293)} = 1,9$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,9} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,9}} = 0,81$$

Коэффициент n зависит от параметра V_m , определяется по формуле (73):

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{(493-293) \cdot 4,9}{25}} = 2,39 \quad (73)$$

Параметр $V_m > 2$, таким образом, $n=1$

$$\text{ПДК}_{NO_2} = 0,085 \frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$$

$$H_{2p} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot \frac{0,6}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{4,9 \cdot (493 - 293)}}} = 13,44 \text{ м}$$

3. $H_3=5$ м

Расчетная высота трубы, определяется по формуле (74):

$$H_{3p} = \sqrt{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \frac{M_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} \cdot \sqrt[3]{\frac{z}{V \cdot \Delta T}}}, \quad (74)$$

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

$$f = \frac{w_0^2 \cdot d_{\text{уст}} \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{25^2 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{5^2 \cdot (493 - 293)} = 49,2$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{49,2} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{49,2}} = 0,38$$

Коэффициент n зависит от параметра V_m , определяется по формуле (75):

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{(493-293) \cdot 4,9}{5}} = 4 \quad (75)$$

Параметр $V_m > 2$, таким образом, $n=1$

$$\text{ПДК}_{NO_2} = 0,085 \frac{\text{МГ}}{\text{М}^3}$$

$$H_{3p} = \sqrt{160 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,38 \cdot \frac{0,6}{0,085} \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{4,9 \cdot (493 - 293)}}} = 9,2 \text{ м}$$

Данных из расчетов высоты дымовой трубы представлены в таблице 16.

Таблица 16 — Данных из расчетов высоты дымовой трубы

H, м	Параметры				H _p
	A	F	n	m	
15	160	1	1	0,91	14,02

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

65

25	160	1	1	1,05	14,90
5	160	1	1	0,61	11,40

На рисунке 6 изображён графоаналитический метод определения минимальной высоты дымовой трубы.

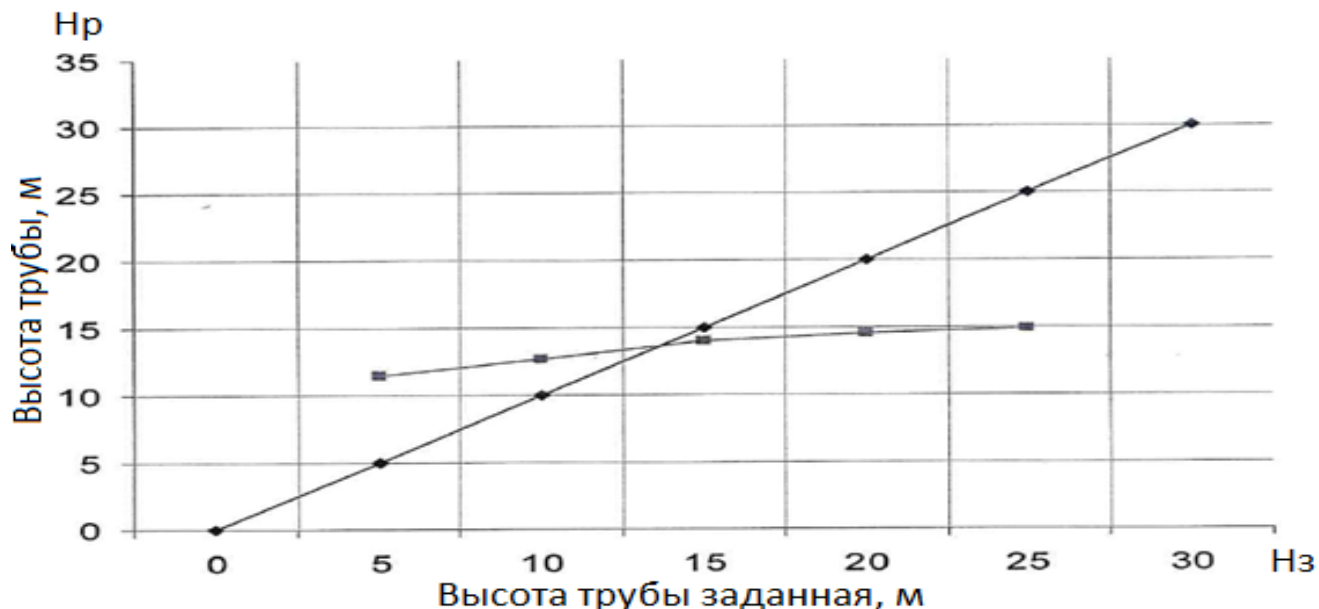


Рисунок 6 – Графоаналитический метод определения минимальной высоты дымовой трубы.

Как видно из графика, высота дымовой трубы составляет:

$H_p = 12$ м

Из стандартного ряда высот выбираю трубу высотой $H = 20$ м.

4. $H = 20$ м

Расчетная высота трубы, определяется по формуле (76):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (76)$$

$$f = \frac{w_0^2 \cdot d_{уст} \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{25^2 \cdot 0,5 \cdot 10^3}{20^2 \cdot (493 - 293)} = 3$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{3} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{3}} = 0,75$$

Коэффициент n зависит от параметра V_m , определяется по формуле (77):

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{\Delta T \cdot V}{H}}, \quad (77)$$

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

66

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{(493 - 293) \cdot 4,9}{20}} = 2,57$$

Параметр $V_m > 2$, таким образом, $n=1$

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

Расчет концентрации вредных выбросов

Определим максимальную приземную концентрацию выбросов NO_2 , определяется по формуле (78):

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{A \cdot M_{\text{NO}_2} \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}} \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}, \quad (78)$$

$$C_{\text{NO}_2} = \frac{160 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1}{20^2 \cdot \sqrt[3]{4,9 \cdot (493 - 293)}} = 0,012 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{\text{NO}_2} = 0,012 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} < \text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,085 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Для трёх котлов:

$$\sum C_{\text{NO}_2} = 0,036 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3} < \text{ПДК}_{\text{NO}_2} = 0,085 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$$

Расчетная концентрация вредных веществ меньше предельно допустимой максимальной разовой, таким образом данная дымовая труба обеспечивает необходимую концентрацию вредных веществ в приземном слое.

Расчет расстояния максимальной концентрации вредных веществ у поверхности земли

Возведение дымовой трубы не позволяет полностью избавиться от влияния вредных веществ, присутствующих в продуктах сгорания топлива. В связи с этим необходимо определить расстояние по оси дымового факела, на котором концентрация вредных веществ будет максимальна. Расстоянием от дымовой трубы, на котором приземная концентрация вредных веществ при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения, вычисляют по формуле (79):

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H \text{ м}, \quad (79)$$

где d - безразмерный коэффициент, определяемый из соотношений:

при $V_m > 2$

$$d = 7 \sqrt[3]{V_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$$

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

$$d = 7\sqrt{2,57}(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{3}) = 15,76$$

$$X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 15,76 \cdot 20 = 315,2 \text{ м}$$

Максимальная концентрация окиси углерода и диоксида азота в приземном слое атмосферы будет наблюдаться на расстоянии 315,2 метров от трубы по оси дымового факела.

Сточные воды

Сточные воды — любые воды и атмосферные осадки, отводимые в водоёмы с территорий промышленных предприятий и населённых мест через систему канализации или самотёком, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека.

В отопительной котельной п. Барсово Сургутского района ХМАО сточные воды после очистки сбрасываются в систему канализации.

Принципиальная технологическая схема установки

Схема очистки воды от взвешенных веществ изображена на рисунке 11.

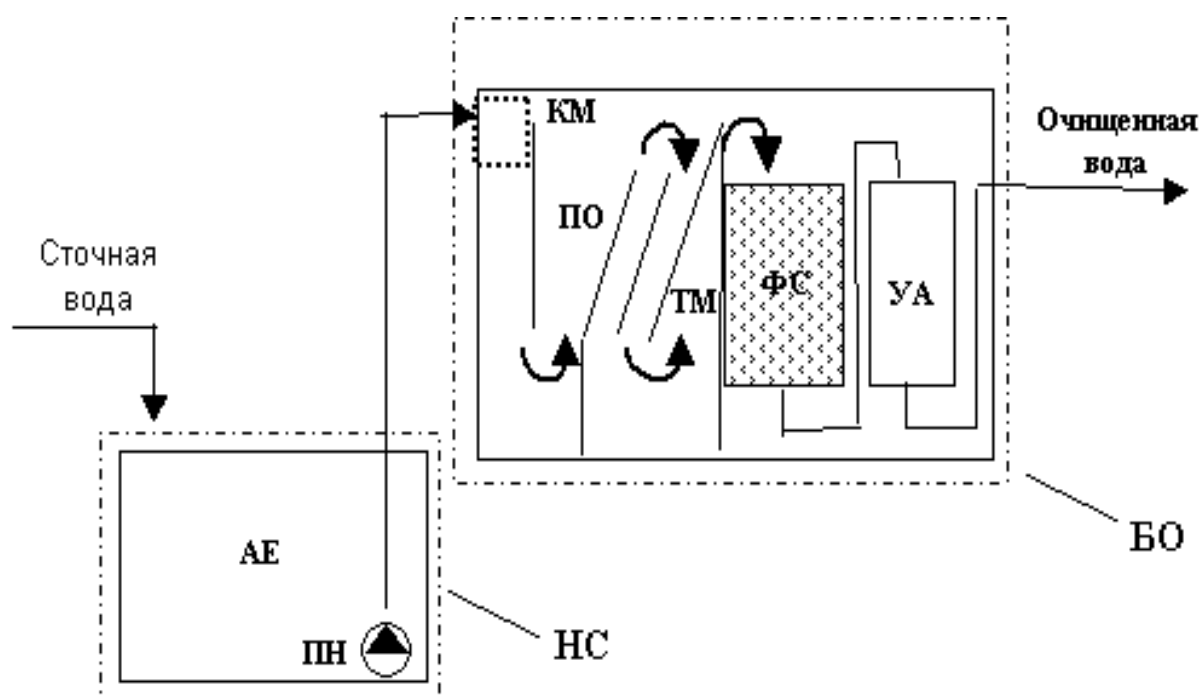


Рисунок 11 — Схема очистки воды от взвешенных веществ

где НС – насосная станция;

АЕ – аккумуляторная емкость;

ПН – погружной насос;

БО – базовый блок-модуль очистки сточной воды (КМ-корзина для сбора мусора;

КМ – корзина для сбора мусора;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПО – первичный отстойник;

ТМ – тонкослойные модули;

ФС – фильтр-сорбер с полиуретановой загрузкой;

УА – сорбционный фильтр с загрузкой из активированного угля (адсорбер).

Принцип очистки воды от взвешенных веществ изображен на рисунке 12.

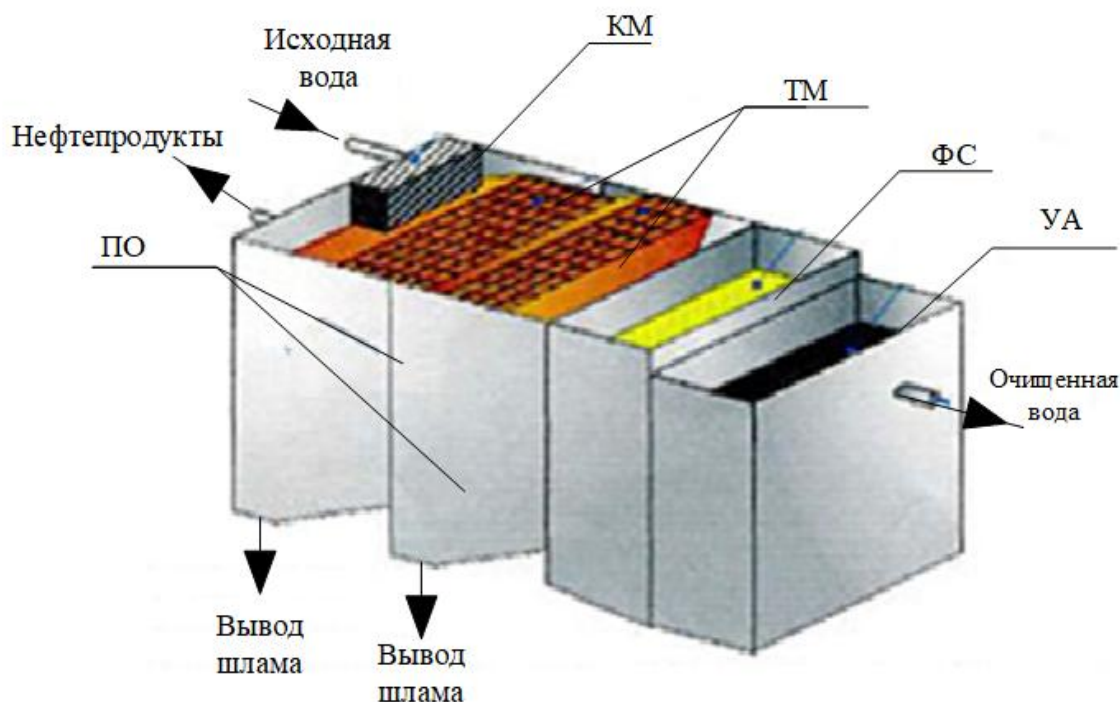


Рисунок 12 — Принцип очистки воды от взвешенных веществ:

КМ – корзина для сбора мусора ТМ – тонкослойный модуль

ФС – фильтр-сорбер УА – угольный адсорбер ПО – первичный отстойник

Сточная вода поступает в аккумулирующую емкость АЕ, откуда погружным насосом ПН, либо самотёком, подается на базовый блок - модуль 4-х ступенчатой очистки БО. Очистка на нем состоит из 4-х стадий: отстаивания в первичном отстойнике ПО, тонкослойного разделения взвешенных веществ и нефтепродуктов в тонкослойном отстойнике, укомплектованном тонкослойными модулями ТМ; Доочистка на адсорбере с загрузкой из активированного угля УА. В корзине для сбора мусора КМ задерживается крупный мусор, проскочивший из насосной станции. В первичном и тонкослойном отстойниках происходит оседание взвешенных веществ в шламособорники, откуда они периодически удаляются с помощью дренажного насоса или под действием гидростатического давления... По мере исчерпания емкости сорбента проводится его замена (не чаще 1 раза в два года). Отработанный сорбент сжигается в котельной. Также предусмотрена возможность осуществить обеззараживание очищенных сточных вод. Первый вариант - ультрафиолетовым стерилизатором УФС. Второй вариант

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

69

обеззараживания - ввод хлорсодержащего реагента (гипохлорита натрия) в дозах 0,5 мг с 12 л сточной воды. В этом случае установка дополнительно укомплектовывается емкостью для приготовления раствора гипохлорита натрия и дозирующим насосом. Данный способ является, на мой взгляд, оптимальным и менее дорогим.

8 АВТОМАТИЗАЦИЯ

В котельном зале установлены 3 водогрейных котла Ygnis ST 8100. Приборы контроля и регулирования, поставляемые комплектно с котлом и горелкой, обеспечивают автоматический розжиг котла и контроль процессов горения. Пульт управления установлен на фасаде котла. Монтаж и наладку приборов и средств автоматизации выполнены согласно документации на котёл и горелку.

Автоматика обеспечивает останов котла и горелки в следующих случаях:

1. отклонение давления газа;
2. понижение давления воздуха;
3. Понижение разряжение в топке;
4. повышение температуры воды за котлом;
5. отклонение давления воды до и после котла;
6. отсутствует основной факел;

Контроллер Xenta-301, применённый в проекте обеспечивает:

1. график отопления погодной компенсации на выходе теплообменника по датчику наружной температуры;

2. защиту котлов от «точки росы» - трёхходовой клапан котла поддерживает температуры обратной воды котла не менее 60 С;

3. управление включением котлов: в зависимости от потребляемой мощности в системе отопления включается разное количество котлов (от 1 до 3). Порядок включения котлов меняется 1 раз в сутки для равномерной работы котлов;

4. насосы котлов работают совместно с работой горелок и выключаются через 30 мин. После выключения котла (горелки), если контроллер принимает решение выключения "лишний котёл";

5. клапаны системы отопления открываются последовательно. Порядок открытия клапанов меняется 1 раз в сутки для равномерной работы котлов;

6. Параметры:

- температура;

- состояние клапанов отопления и котлов выводятся на экран контроллера;

7. график зависимости температуры подачи (график погодной компенсации) задаётся оператором с клавиатуры контроллера.

Для измерения и коммерческого учёта тепловой энергии а проекте использован теплосчётчик Метран-420.

При понижении температуры воздуха в котельном зале до 10°С включаются отопительные агрегаты.

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2020.700.12 ПЗ					

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Объектом является производственно-отопительная котельная мощностью 24 МВт, расположенная в п. Барсово Сургутского района ХМАО. В помещении котельной расположены три водогрейных котла, насосы, и теплообменное оборудование.

Характеристика рабочего места

Котельная относится к предприятиям с непрерывным производственным процессом. Обслуживание котельной установки осуществляется имеющимся персоналом, а именно: операторами котла, мастером смены лаборантом ХВО, а также дежурным электриком техником КИП и А, водителем - всего в количестве 13 человек.

Основным оборудованием, оператора являются щиты и пульты. На щитах и пультах монтируют большинство аппаратуры контроля, автоматического регулирования безопасности, управления и сигнализации. Смена оператора котельной имеет продолжительность 12 часов в день и через сутки 12 часов в ночь, из которых 7 часов он проводит в щитовой, а 5 часов используются для осмотра оборудования котельной.

Котлы и вспомогательное оборудование оснащены необходимыми средствами защиты, отключающими котел при возникновении аварийных режимов работы и осуществляющими звуковую и световую сигнализацию при отклонении технологических параметров от нормы.

Все технические устройства: технологические установки и оборудование систем теплоснабжения имеют технические паспорта и сертифицированы в соответствии требованиям промышленной безопасности в установленном Законодательством порядке. Все химические вещества, применяемые в качестве водоумягчителей и стабилизирующих средств солевых отложений в системах водоснабжения, имеют санитарно-гигиенические сертификаты Госсанэпиднадзора Минздрав России выпускаются, по техническим условиям, утвержденным Министерством промышленности России.

При определенном уровне воздействия или продолжительности вредные производственные факторы могут перерасти в опасные производственные факторы.

В ГОСТ 12.0.002–80 дано понятие «Опасные и вредные производственные факторы» [11].

Вредный производственный фактор — это фактор среды трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях (интенсивности, длительности и др.) может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение трудоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Опасный производственный фактор — это фактор среды и производственного

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						72

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

Основными, вредными производственными факторами при эксплуатации автоматизированной котельной на рабочем месте дежурного оператора являются следующие факторы:

1. Физические, (по ГОСТ 12.1.005–88* ССБТ) [12]

Температура, влажность, воздух — показатели микроклимата; недостаточное естественное освещение, повышенный уровень шума, источниками которого являются трубопроводы, горелки, насосы, вибрация (общая, технологическая).

Анализ опасных и вредных факторов

При определенном уровне воздействия или продолжительности вредные производственные факторы могут перерасти в опасные производственные факторы.

В ГОСТ 12.0.002–80 дано понятие «Опасные и вредные производственные факторы» [11].

Вредный производственный фактор — это фактор среды трудового процесса, воздействие которого на работающего при определенных условиях (интенсивности, длительности и др.) может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение трудоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Опасный производственный фактор — это фактор среды и производственного процесса, который может служить причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

Основными, вредными производственными факторами при эксплуатации автоматизированной котельной на рабочем месте дежурного оператора являются следующие факторы:

1. Физические, (по ГОСТ 12.1.005–88* ССБТ) [12]

Температура, влажность, воздух - показатели микроклимата; недостаточное естественное освещение, повышенный уровень шума, источниками которого являются трубопроводы, горелки, насосы, вибрация (общая, технологическая).

2. Психофизиологические:

А) напряженность труда связана: (по Р 2.2.2006–05)

— сенсорные нагрузки 50-75% смены - длительность сосредоточенного наблюдения, наблюдение за экранами видеотерминалов;

— монотонность производственной обстановки 81–90% продолжительности смены;

— режим работы - 12 часов;

— небольшие регламентированные перерывы - до 3% рабочего времени;

— присутствует ответственность за безопасность других лиц.

Б) тяжесть труда (категория работ по уровню энергозатрат - I а и 16 по СанПин 2.2.4.548-96) [24]:

										Лист
										73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

— рабочая поза - более 50% рабочего времени нахождение в фиксированной позе;
— работа, связанная ходьбой и некоторыми физическими напряжениями;
Травмоопасными производственными факторами при эксплуатации отопительной котельной являются:

- 1) Электрическая опасность;
- 2) Аварийные ситуации:
 - пожароопасность
 - прорыв водопровода
 - прорыв газопровода
- 3) Высокая температура воздуха в помещении;
- 4) Повышенное давление (котлы, расширительные баки)
- 5) Вращающиеся механизмы
- 6) Химическая опасность (ХВО)

Нормирование вредных и опасных производственных факторов

Нормирование параметров микроклимата

При проектировании важно учесть требования по параметрам микроклимата: ГОСТ 12.1.005-88* ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [12].

Климатические параметры воздуха могут оказывать на человека следующие воздействия:

1) При повышенной температуре окружающей среды (воздуха) организм борется с перегревом. Человек освобождается от избыточного тепла путем теплопередачи в окружающую среду с помощью радиации, конвекции и испарения. Чтобы облегчить этот теплообмен включены и регулируются две первичные системы исполнительного механизма: при жаре рефлекторно расширяются сосуды кожи (вазодилатация оболочки тела) и усиливается потовыделение.

2) Эффективная стратегия против переохлаждения тела состоит в том, чтобы попытаться увеличить теплоизоляцию оболочки человеческого тела, а именно, уменьшить отдачу тепла с кожного покрова и увеличить выработку тепла. Это достигается путем уменьшения поверхностного кровотока к его коже. Это достигается сокращением сосудов кожи и подкожной клетчатки.

3) Влияние относительной влажности воздуха на самочувствие человека определяется, помимо температуры воздуха (а также барометрического давления), особенностями его дыхания. Интенсивность диффузии кислорода в кровь определяется парциальным давлением кислорода в альвеолярном воздухе, изменение которого пропорционально изменениям атмосферного давления вдыхаемого воздуха. Таким образом, чем больше относительная влажность, тем меньше кислорода содержится во вдыхаемом воздухе.

										Лист
										74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

При высоких температурах повышенная влажность оказывает неблагоприятное воздействие, так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота, который не испаряется, а стекает каплями с кожного покрова и не обеспечивает необходимую теплоотдачу.

4) Подвижность воздуха оказывает воздействие на выделение тепла человеком (особенно конвективного тепла). Очень маленькая подвижность воздуха в сочетании с высокой температурой приводит к быстрому утомлению.

При проектировании котельных установок в помещении котельной должны быть соблюдены оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Согласно СанПин 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Работа оператора котельной относится к категориям 1а и 1б с интенсивностью энергозатрат 121 – 150 ккал/ч (140 – 174 Вт), производимые сидя, стоя и связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторыми физическими напряжениями [24].

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005–88* ССБТ) [12] представлены в таблице 17.

Таблица 17 — Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений (ГОСТ 12.1.005-88* ССБТ)

Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей °С	Относительная влажность воздуха %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			оптимальная	Допустимая, не более
1а(до 139)	20-21,9	24,1-25	19-26	15-75*	0,1	<0,1
1б(140-174)	19-20,9	23,1-24	18-25	15-75	0,1	<0,2
1а(до 139)	21-22,9	25,1-28	20-29	15-75*	0,1	0,1-0,2
1б(140-174)	20-21,9	24,1-28	19-29	15-75*	0,2	0,1-0,3

*При температуре воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии с

освещение. Места, которые по техническим причинам не обеспечиваются дневным светом, обеспечивают электрическим освещением. Требования к производст-венному освещению:

1. Обеспечить равномерное освещение в поле зрения;
 2. Не иметь в поле зрения прямой и отраженной плоскости;
 3. Направление световых потоков должно соответствовать характеру выполняемой работы;
 4. Величина освещенности должна быть: непрерывна во времени и равномерно распределена на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства [9];
 5. Отсутствие резких теней на рабочей поверхности;
- Освещение должно быть безопасным и безвредным.

Освещенность основных рабочих мест: измерительные приборы, указатели уровня – 50 лк; фронт котлов: вентиляционное, бункерное, дымососное отделение, приборы автоматики, приборы управления, питания котлов, топливоподачи – 20 лк; помещения баков, деаэраторов, площадки обслуживания котлов и за котлами – 10 лк; коридоры и лестницы – 5 лк.

Помимо рабочего освещения в котельной предусматривается аварийное освещение от источников питания, не зависящих от общей освещенности котельной [9].

Подлежат обязательному оборудованию аварийным освещением следующие места:

- 1) фронт котлов, а также проходы между котлами и над котлами;
- 2) тепловые щиты и пульты управления;
- 3) водоуказательные и измерительные приборы;
- 4) вентиляторная площадка;
- 5) помещение для баков и деаэраторов;
- 6) площадки и лестницы котлов;
- 7) насосные помещения.

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

Естественное освещение подразделяется на следующие типы: боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое). Естественное и искусственное освещение в данной котельной, отвечает требованиям СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»[3].

Искусственное освещение подразделяется на рабочее и аварийное. Для искусственного освещения используют светильники.

Так как в щитовой установлены ЭВМ, согласно СанПин 2.2.2./2.2А 1340–03. «Гигиенические требования к персональным электрическим вычислительным машинам и организации работы. Постановление №18 от 09.06.03» [25].

Используем следующие нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения основных помещений общественного здания, а также сопутствующих им производственных помещений: Естественное освещение при боковом освещении КЕО 1.5%;

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Совмещенное освещение при боковом освещении КЕО 0.7%.

На остальной территории котельной искусственное освещение должно быть не менее 75 лк. Нормы освещения представлены в таблице 19.

Таблица 19 — Нормы освещения

Наименование оборудования и помещения	Освещение, Лк
1. Измерительные приборы, указатели уровня	50
2. Фронт котлов; вентиляционное, бункерное и дымососное отделение; приборы автоматики, химводоочистки; приборы управления щитами котлов и топливоподачи	20
3. Помещения баков, деаэраторов, площадки обслуживания котлов и за котлами	10
4. Коридоры, лестницы	5
5. Операторская	300-500

Нормирование шума и вибрации

Основным источником шума и вибрации в котельной являются вентиляторы, дымососы и насосы.

Снизить вибрацию можно увеличением массы фундамента рабочей площадки или устранением жестких связей между фундаментом источника вибрации и рабочей площадкой, путем создания воздушной щели шириной 10-20 мм.

Производственный шум оказывает вредное воздействие на организм человека: нарушает работу сердечно - сосудистой системы, некоторых внутренних органов, способствует возникновению гипертонических болезней, ослабляет слуховую способность.

Согласно нормативным значениям уровней шумов (ГОСТ 12.1.003-83) на щитах дистанционного управления и наблюдения с речевой связью по телефону уровень звука должен составлять не более 85 дБА [10].

Фактическое значение шума в котельной 82 дБА. На щите дистанционного управления и наблюдения уровень шума не превышает допустимого значения и составляет 65 дБ А.

Меры по защите от повышенного шума и вибрации осуществляются согласно нормативному документу ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума [13].

При эксплуатации оборудования применяют метод снижения аэродинамического шума в источнике его образования путем уменьшения скорости течения газа за счет снижения давления (при возможности). Другим методом является снижение шума на пути его распространения, он реализуется применением кожухов, экранов и звукоизолирующих перегородок, которыми

общего освещения.

Используем дисплей, имеющий антибликовое покрытие экрана или антибликовый фильтр. В помещении применяем звукопоглощающие покрытия. Клавиатура на рабочем месте оператора располагаем так, чтобы обеспечивалась оптимальная видимость экрана.

Так же чтобы снизить напряженность труда оператора котельной предусмотрено следующее:

– на котлах установлены надежные защиты, при отключении, какого-либо параметра на щите идет звуковая сигнализация и одновременно загорается табло с указанием причины отклонения от необходимых параметров для безопасной работы котлоагрегата, если оператор быстро не реагирует, то по истечении определенного времени срабатывает защита и отключается котлоагрегат.

– на щите имеется телефон, что позволяет оператору реже, отлучаться от рабочего места.

По результатам оценки напряженности трудового процесса рабочее место оператора котла относится к напряженному труду 1 степени [3.1] –Р2.2.2006–05 (Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда).

Безопасность технологического оборудования в котельной п. Барсово

1. Все котлы оборудованы автоматикой, снабжены предохранительными взрывными клапанами.

Из здания котельной, а также со всех вспомогательных и осмотровых площадок имеется по два выхода.

Само здание котельной оборудовано двумя аварийными выходами и двумя большими выходными воротами.

Все трубопроводы соединяются сваркой, за исключением мест присоединения к арматуре.

Для обслуживания оборудования и трубопроводов в соответствующих местах имеются лестницы и смотровые площадки. Компоновка оборудования и прокладка трубопроводов позволяет удобно и безопасно их обслуживать.

2. В качестве средств защиты от воздействия движущихся частей оборудования котельной (валы дымососов, вентиляторов, насосов и т.д.) применяются защитные ограждения, которые крепятся на корпусе оборудования ГОСТ 12.0.003–2015. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [16].

На данной котельной используются откидные и съемные ограждения, которые в защитном положении удерживаются от самопроизвольного перемещения, а откидные в открытом положении фиксируются, защитная функция ограждений не меняется под воздействием вибрации и других производственных факторов.

3. Для исключения контакта горячих частей оборудования с открытыми частями кожного покрова, работающих все переключения и работы разрешается производить только в защитных рукавицах и спецодежде.

										Лист
										80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Существует стандарт, который устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц (ГОСТ 12.1.038–82) [19]. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановок не должны превышать значений, указанных в таблице 21.

Таблица 21 — Напряжение прикосновения и токи при нормальном режиме работы электроустановки

Род тока	U,В	I,мА
	Не более	
Переменный, 50Гц	2,0	0,3
Переменный, 400Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Примечания:

1. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения.

2. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.

Продолжительность воздействия допустимых значений напряжений и токов прикосновения представлены в таблице 22.

Таблица 22 — Продолжительность воздействия допустимых значений напряжений и токов прикосновения

Продолжительность воздействия, с	Нормируемая величина	
	напряжения, U,В	тока прикосновения, I,мА
1	2	3
0,01-0,08	220	220
0,1	200	200
1	2	3
0,3	70	70
0,6	40	40
Свыше 1,0	12	2

Помещение котельной по поражению электрическим током относится к

помещениям с повышенной опасностью.

Основными мероприятиями по защите рабочих от поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ "Средства защиты работающих" [20]. Общие требования и классификация" являются:

- 1) Обеспечение недоступности токоведущих частей для случайного прикосновения (ограждение или расположение на высоте не менее 6 м);
- 2) Организационные меры защиты:
 - инструктаж по технике безопасности;
 - проведение допуска к работе;
 - усиленный надзор за контролем электрической изоляции. Мероприятиями по устранению опасности поражения электрическим током являются:
 - защитное заземление, т.е. преднамеренное электрическое соединение электрических частей электроустановок с "землей" или ее эквивалентом;
 - электрическая блокировка (при отключении котельных агрегатов предусматривают блокировку электродвигателей дымососов, дутьевых вентиляторов, механизмов подачи топлива);
 - двойная изоляция;
 - малые напряжения.

Пожарная безопасность

Производственное оборудование должно быть пожара–взрывобезопасным в предусмотренных условиях эксплуатации.

Проектирование котельных установок следует выполнять, соблюдая положения следующих нормативных документов:

ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [21].

СП 89.13330.2012 Котельные установки [4].

СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения [5].

Согласно СП 89.13330.2012 «Котельные установки», помещение котельной относится к категории «Г». Степень огнестойкости здания II [4].

Крыша котельной нескораемая 3–го типа. Стены противопожарные 2–го типа. Внутренние поверхности стен котельной окрашены влагостойкими красками. Полы котельного помещения необходимо выполнять из нескораемых материалов с негладкой и нескользящей поверхностью, они должны быть ровными и иметь устройства для отвода воды в канализацию. Также в крышных котельных пол должен иметь гидроизоляцию, рассчитанную на высоту залива водой до 10 см. Входные двери должны иметь пороги для предотвращения попадания воды за пределы котельной при аварии трубопроводов и устройства для удаления ее в канализацию.

Выход из котельной предусмотрен непосредственно на улицу.

Горячие поверхности котельного оборудования, трубопроводов, размещенных в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения, следует изолировать, чтобы температура на поверхности теплоизоляционной конструкции была не менее чем на 20% ниже температуры самовоспламенения.

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Помещение котельной необходимо содержать в чистоте, не допускать захламления проходов и рабочих мест.

Котельная должна быть оборудована пожарными кранами с рукавами и шлангами.

В помещении котельных, а в необходимых случаях и у входа установлены пожарные щиты с набором пенных и углекислотных огнетушителей, плотного полотна, ломов, багров, топоров. Рядом с пожарным щитом располагают ящик с песком. Пожарные щиты устанавливаются в легко доступных местах, по возможности ближе к выходам из помещений. Все средства пожаротушения, пожарное оборудование и инвентарь следует содержать в исправном состоянии.

При работе котельной на газообразном топливе в случае воспламенения газа или возникновения пожара необходимо быстро прекратить работу газового оборудования и перекрыть доступ газа к котельной.

Для здания и помещения котельной необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций (II) не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре и расчетного времени тушения пожара.

Для успешного тушения пожара согласно ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ "Пожарная техника для защиты объектов" [22].

Административное здание, в котором находится помещение дежурного оператора относится к категории «Д» и имеет II степень огнестойкости. Помещения оснащаются ручными огнетушителями согласно нормам ППБ 01–03 Правила пожарной безопасности (Приложение 3). Помещения категории Д могут не оснащаться огнетушителями, если их площадь не превышает 100 м.

Огнетушители должны размещаться в легкодоступных местах, где исключено попадание на них прямых солнечных лучей и непосредственное воздействие отопительных и нагревательных приборов. Ручные огнетушители должны размещаться путем навески на вертикальные конструкции на высоте не более 1,5 м от уровня пола. Нормы оснащения помещений ручными огнетушителями представлены в таблице 23.

Таблица 23 — Нормы оснащения помещений ручными огнетушителями

Категория помещения	Предельная защищаемая площадь, м ²	Класс пожара	Пенные и водные огнетушители вместимостью 10л	Порошковые огнетушители вместимостью, л/массой огнетушащего вещества, кг			Хладоновые огнетушители вместимостью 2(3) л	Углекислотные огнетушители вместимостью л/массой огнетушащего вещества, кг
				2/2	5/4	10/9		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

А, Б, В (горючие газы и жидкости)	200	А	2++	-	2+	1++	-	-	-
		В	4+		2+	1++	4+	-	-
		С	-		2+	1++	4+	-	-
		Д	-		2+	1++	-	-	-
		(Е)	-		2+	1++	-	-	2++

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
В	400	А	2++	4+	2++	1+	-	-	2+
		Д	-	-	2+	1++	-	-	-
		(Е)	-	-	2++	1+	2+	4+	2++
Г	800	В	2+	-	2++	1+	-	-	-
		С	-	4+	2++	1+	-	-	-
Г,Д	1800	А	2++	4+	2++	1+	2+	4+	2++
		Д	-	-	2+	1++			
		(Е)	-	2+	2++	1+			
Общественные здания	800	А	4+++	8+	4++	2+	-	-	4+
		(Е)		-	4++	2+	4+	4+	2++

Примечания: знаком «++» обозначены рекомендуемые к оснащению объектов огнетушители, знаком «+» - огнетушители, применение которых допускается при отсутствии рекомендуемых и при соответствующем обосновании, знаком «-» - огнетушители, которые не допускаются для оснащения данных объектов.

Чрезвычайные ситуации

Все возможные сценарии развития чрезвычайных ситуаций представлены в таблице 24.

Таблица 24 — Чрезвычайные ситуации

Возможные чрезвычайные ситуации	Меры по предупреждению аварии	Следствие аварийной ситуации	Меры локализации аварийной ситуации и восстановления режима работы котельной
1	2	3	4
Отключение эл. энергии		Отключение всего оборудования в котельной и освещения	1. Закрыть газовые краны горелок и открыть свечи безопасности. 2. Закрыть задвижки на котлах. 3. Закрыть задвижки на работающих нитях ГРП.

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

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

Лист

85

Разрыв теплосети (увеличение расхода)	Соблюдение графиков ППР, ведение гидравлических и тепловых испытаний	Падение давления в прямой и обратной сети, увеличение расхода сетевой воды	1. Включить дополнительные подпиточные насосы. 2. При падении давления в обратном трубопроводе ниже 2 ата сообщить потребителям.
---------------------------------------	--	--	---

Продление таблицы 24

1	2	3	4
Внезапное прекращение подачи газа	Соблюдение графиков ППР и графиков осмотра	Отключение водогрейных котлов	1. Закрыть газовые краны горелок и открыть свечи безопасности. 2. Отключить в ГРП неисправную нитку. 3. Включить байпасную нитку. 4. Растопить котел.
Выход из строя работающих сетевых насосов	Соблюдение графиков ППР и графиков осмотра	Отключение водогрейных котлов	1. Закрыть газовые краны горелок и открыть свечи безопасности. 2. Закрыть задвижки на нагнетателях, включить резервные. 3. Закрыть задвижки на работающих линиях в ГРП при срабатывании ПЗК. 4. Выявить причину выхода из строя и устранить.
Выход из строя подпиточных насосов	Соблюдение графиков ППР и графиков осмотра	Падение давления в тепловых сетях. Срабатывает звуковая и световая сигнализация.	Включит в работу резервный ПН и АПН. Выявить причину и возможность устранения несп-равности силами персонала.

В связи с тем, что технологический процесс производства тепловой энергии в целом пожароопасен и взрывоопасен, существует вероятность возникновения аварийных чрезвычайных ситуаций, которые могут привести не только к разрушению котельной, но и к жертвам среди людей.

Возможные аварийные ситуации в котельной:

- утечка и взрыв природного газа;
- взрыв топливно-пылевоздушной смеси в топке котла;
- пожар;
- аварийные ситуации, повреждения и выхода из строя оборудования;
- производственного брака при изготовлении, монтаже, наладке, ремонте;
- отказа системы автоматического регулирования и защит;
- колебаний частоты тока и напряжения сверх допустимых пределов;
- обесточивание котельной;

В котельной осуществляется постоянный автоматический контроль концентрации метана и окиси углерода в воздухе помещения котельной который содержит выход в систему светозвуковой сигнализации, над выходами в котельную («Загазовано») и на щите КИП. Предусмотрена автоматическая

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

отсечка газа в котельную при наличии метана и окиси углерода в воздухе котельной выше установленного предела, а также при отсутствии напряжения питания котельной.

Мероприятия по защите людей при повышении концентрации газа выше нормы в котельной:

- а) при обнаружении запаха газа в помещении немедленно вывести людей;
- б) аварийно отключить котел;
- в) закрыть газовые горелки;
- г) запретить работы в котельной до выяснения причин и устранения.

При возникновении нештатной ситуации действовать согласно инструкции по эксплуатации котельных установок.

1. Ликвидация последствий:

1) Вызов бригады ремонтного участка, вызов бригады газовиков для оказания технической помощи и консультаций;

- 2) Выдача нарядов на газоопасные работы;
- 3) Организация ремонтно-восстановительных работ;
- 4) Организация пуска газа в газопроводы котельной.

2. Предупреждение аварий:

1) По запаху определяют место, устраняют неисправности. Мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию оборудования, сохранность технологических установок, оборудования, безопасность населения и обслуживающего персонала, строений и сооружений, находящихся в непосредственной близости от газового и технологического оборудования.

2) Технологическое оборудование, газовое оборудование подобраны в полном соответствии с заданием на проектирование, необходимым параметрам и условиям эксплуатации.

3) Все оборудование и трубопроводы полностью герметизированы, подвержены испытаниям на герметичность и прочность согласно требованиям действующих СП 75.13330.2011 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы» и правил [8].

4) Контроль качества сварных стыков газопроводов производится физическими методами; в системах газоснабжения и теплоснабжения применяются трубы из материала, соответствующего требованиям действующих СП 62.13330.2011 «Газораспределительные системы», климатическим и геологическим условиям района строительства.

5) Отключающая арматура находится в условиях ограничения доступа посторонних лиц, помещение котельной имеет сигнализацию загазованности, аварийных параметров работы технологического и газового оборудования.

6) На трубопроводах и здании котельной предусмотрена установка соответствующих опознавательных знаков, информационных указателей с параметрами, предупреждающих табличек.

7) Приточно-вытяжная вентиляция разработана в соответствии с требованиями действующих СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» и соответствует размещенному в помещении котельной

										Лист
										87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

производству [7].

Мероприятия по технике безопасности при работе с сосудами под давлением

Необходимым условием безопасной эксплуатации котельной является точное выполнение инструкций по технике безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением, в соответствии с ПБ 10–574–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений.

Для каждого сосуда должен быть установлен и указан в паспорте расчетный срок службы с учетом условий эксплуатации.

На каждом сосуде должны быть предусмотрены вентиль, кран или другое устройство, позволяющее осуществлять контроль за отсутствием давления в сосуде перед его открыванием; при этом отвод среды должен быть направлен в безопасное место.

Конструкция сосудов, обогреваемых горячими газами, должна обеспечивать надежное охлаждение стенок, находящихся под давлением, до расчетной температуры.

Монтаж, наладка и ремонт сосудов и их элементов должны выполняться специализированными организациями, располагающими техническими средствами, необходимыми для качественного выполнения работ.

Категорически запрещается пускать котлы:

- при отсутствии операторов и ответственных за газовое хозяйство лиц, прошедших подготовку и имеющих квалифицированные
- при отсутствии или недостаточной величине тяги;
- без предварительной вентиляции топки;
- при неисправных запорных устройствах.

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда в зависимости от назначения должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;
- предохранительными устройствами;
- указателями уровня жидкости.

Сосуд должен быть немедленно остановлен в случаях, предусмотренных инструкцией по режиму работы и безопасному обслуживанию, в частности:

- если давление в сосуде поднялось выше разрешенного и не снижается, несмотря на меры, принятые персоналом;
- при выявлении неисправности предохранительных устройств от повышения

										Лист
										88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

- давления;
- при обнаружении в сосуде и его элементах, работающих под давлением, неплотностей, выпучен, разрыва прокладок;
 - при неисправности манометра и невозможности определить давление по другим приборам;
 - при снижении уровня жидкости ниже допустимого в сосудах с огневым обогревом;
 - при выходе из строя всех указателей уровня жидкости;
 - при неисправности предохранительных блокировочных устройств;
 - при возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду, находящемуся под давлением.

Вентиляцию или проветривание топок и газовых агрегатов выполняют обязательно перед каждым пуском.

При работе с газовым оборудованием рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты. При выдаче наряда должны быть определены порядок действия и необходимые меры личной безопасности каждого участника работы.

Для обеспечения безопасности обслуживания оборудования в котельной предусматриваются следующие мероприятия:

- оснащение оборудования необходимыми средствами защиты, которые обеспечивают контроль рабочих параметров;
- тепловыделяющее оборудование, трубопроводы, дымоходы должны быть изолированы (температура на поверхности изоляции менее 45 °С) [6];
- трубопроводы маркируются наклейками, указывающими направление и характеристику среды.
- трубопроводы красят в соответствующие транспортируемой среде и ее параметрам цвета.

Опознавательная окраска трубопроводов выполнена сплошной по всей поверхности трубопроводов и иных коммуникаций согласно ГОСТ 12.4.026–2015 ССБТ Цвета сигнальные и знаки безопасности, и разметка сигнальная [23].

Опознавательная окраска трубопроводов представлены в таблице 25.

Таблица 25 — Опознавательная окраска трубопроводов

Транспортируемое вещество	Цвет опознавательной окраски трубопроводов
Питательная вода	Зеленый
Горячая вода и пар	Красный
Газ	Желтый
Воздух	Синий

10 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

В данной части в выпускной квалификационной работе исследуются и сравниваются экономические показатели строительства и эксплуатации отопительной котельной поселка Барсово Сургутского района ХМАО двух вариантов:

Вариант №1 – котельные агрегаты французского производства, водогрейные жаротрубные трёхходовые Ygnis ST 8100;

Вариант №2 – котельные агрегаты итальянского производства, стальные водогрейные котлы Riello SG 8000.

Также подсчитывается калькуляция по текущим и капитальным затратам, проводится SWOT-анализ, всё сводится в таблицы. Выстраивается дерево целей. Далее считаются приведенные затраты и выбирается наилучший вариант по наименьшим приведенным затратам.

10.1 Капитальные затраты: Вариант №1

Капитальные затраты на строительство котельной складываются из следующих статей по прайс-листу холдинговой компанией ООО «Альянстепло» представлены в таблице 26 [51].

Таблица 26 — Статьи затрат на строительство котельной

Наименование расходов	Цена, тыс.руб
1. Затраты на проектирование котельной	1300
2. Приобретение основного и вспомогательного оборудования, всего	48000
в том числе:	
– Котёл водогрейный жаротрубный Ygnis ST 8100	12000
– Горелка газовая "Dreizler"	1000
– Загрузочный насос CLM 150-278	700
– Теплообменник M15-BFG8 (344пл.)	2300
3. Транспортировка до места монтажа	1600

4. Монтаж всего:	12740
– Монтаж оборудования	9000
– Электромонтажные работы	900
– Установка газового оборудования	2840
7. Пуско-наладочные работы	1100
Итого капитальные затраты	64740

10.2 Расчет текущих затрат на энергетическое обслуживание Вариант №1

Технико – экономические показатели котельной по варианту 1 представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Технико – экономические показатели котельной

Наименование затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1.Расчетная производительность котельной	Гкал/ч	20,7
Годовой отпуск тепла потребителям	Гкал	153180
Годовой расход топлива	млн. м ³	6,8
Установленная мощность токоприемников	кВт	380
Годовой расход электроэнергии	МВт	1,1
Годовой расход воды:		
– на пожарные и хозяйственные нужды	м ³	55000
– сточные воды		2250
Численность персонала	чел.	13

- Годовые затраты на топливо, определяется по формуле (80):

$$I_{m_1} = C_{m_1} \cdot B_{год} = 4555,94 \cdot 6,8 = 30980,39 \text{ тыс.руб./год} , \quad (80)$$

где $C_{m_1} = 4555,94 \text{ руб./1000м}^3$ – цена топлива;

$B_{год}$ – Годовой расход топлива.

- Годовые затраты на воду хозяйственного назначения, определяется по формуле (81):

$$I_{e_1} = C_{e_1} \cdot G_{год} = 117,41 \cdot 55000 = 6457,55 \text{ тыс.руб./год} , \quad (81)$$

где $C_{e_1} = 117,41 \text{ руб./м}^3$ – цена за воду на хозяйственные нужды;

предприятия «Управление тепловодоснабжения и водоотведения №1» МО Сургутского района подразделения п. Барсово, определяются по формуле (87):

$$I_{np} = 0,1 \cdot (\Phi_o^{zod} + \Phi_p^{zod} + \Phi_y^{zod}) = 2106 + 1296 + 900 = 430,2 \text{ тыс.руб./год}, \quad (87)$$

где Φ_o^{zod} – фонд оплаты труда эксплуатационного персонала;

Φ_y^{zod} – фонд оплаты труда персонала по управлению котельной;

Φ_p^{zod} – фонд оплаты труда ремонтного персонала.

- Себестоимость производимой теплоты, определяется по формуле (88):

$$S = \frac{I_{\Sigma}}{Q_{zod}} = \frac{53433,32 \cdot 1000}{153180} = 348,83 \frac{\text{руб.}}{\text{Гкал}}, \quad (88)$$

Штатное расписание функционального персонала теплохозяйства по варианту 1 представлено в таблице 28.

Таблица 28 — Штатное расписание функционального персонала теплохозяйства

Должность	Количество человек	Оклад, руб/мес.
1. Начальник котельной	1	75000
2. Старший оператор	1	51000
3. Оператор	5	45000
4. Приборист	1	42000
5. Хим. лаборант	1	39000
6. Электромонтер	1	45000
7. Рем. бригада	3	36000
итого	13	585000

* Данные предоставил отдел кадров предприятия «Управление тепловодоснабжения и водоотведения №1» МО Сургутского района подразделения п. Барсово персонала проходит дистанционно в учебном центре ООО «Новая Академия» г.Нижевартовска, затраты на обучение составляют согласно прайс листа 130 000 рублей 00 коп.

Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание по варианту 1 представлено в таблице 29.

Таблица 29 — Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание

Наименование затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3

1. Топливо	тыс.руб/год	30980,39
2. Вода на хоз. нужды	тыс.руб/год	6457,55
3. Сточная вода	тыс.руб/год	187,16
4. Затраты на электроэнергию	тыс.руб/год	4509,34
5. Основная и дополнительная заработная плата эксплуатационного персонала	тыс.руб/год	2106,00
6. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб/год	716,04
7. Содержание оборудования в части материалов и запчастей для ремонта	тыс.руб/год	480,00
8. Амортизация оборудования	тыс.руб/год	4800,00

Продление таблицы 29

1	2	3
8. Амортизация оборудования	тыс.руб/год	4800,00
9. Основная и дополнительная заработная плата ремонтного персонала	тыс.руб/год	1296,00
10. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб/год	440,64
11. Заработная плата персонала управления котельной	тыс.руб/год	900,00
12. Социальные отчисления	тыс.руб/год	306,00
13. Содержание и текущий ремонт сооружений	тыс.руб/год	130,00
14. Прочие производственные расходы	тыс.руб/год	430,20
15. Итого производственных затрат	тыс.руб/год	53433,32
16. Полезно используемая тепловая энергия	Гкал/год	153180,00
17. Производственная себестоимость товарной продукции	руб./Гкал	348,83

$$K_1=64740 \text{ тыс. руб.},$$

где K_1 – единовременные (капитальные) затраты;

$$I_1=53433,32 \text{ тыс. руб.},$$

где I_1 – годовые текущие затраты;

$$Z_1 = 0,15 \cdot K_1 + I_1, \text{ тыс.руб./год},$$

$$Z_1 = 0,15 \cdot 64740 + 53433,32 = 63144,32 \text{ тыс.руб./год}$$

10.3 Капитальные затраты: Вариант №2

Капитальные затраты на строительство котельной складываются из следующих статей по прайс-листу холдинговой компанией ООО «Альянстепло» представлены в таблице 30 [51].

					13.04.01.2020.700.12 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 30 — Статьи затрат на строительство котельной

Наименование расходов	Цена, тыс.руб
1. Затраты на проектирование котельной	1300
2. Приобретение основного и вспомогательного оборудования, всего	54000
в том числе:	
– Котёл водогрейный жаротрубный Riello SG 8000	14000
– Горелка газовая "Dreizler"	1000

Продление таблицы 30

Наименование расходов	Цена, тыс.руб
– Загрузочный насос CLM 150-278	700
– Теплообменник M15-BFG8 (344пл.)	2300
3. Транспортировка до места монтажа	1600
4. Монтаж всего:	12740
– Монтаж оборудования	9000
– Электромонтажные работы	900
– Установка газового оборудования	2840
7. Пуско-наладочные работы	1100
Итого капитальные затраты	70740

Технико – экономические показатели котельной по варианту 2 представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Технико – экономические показатели котельной

Наименование затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1. Расчетная производительность котельной	Гкал/ч	20,7
Годовой отпуск тепла потребителям	Гкал	153180
Годовой расход топлива	млн. м ³	6,8
Установленная мощность токоприемников	кВт	380
Годовой расход электроэнергии	МВт	1,1

Годовой расход воды: – на пожарные и хозяйственные нужды	м ³	55000
– сточные воды		2250
Численность персонала	чел.	13

- Годовые затраты на топливо, определяется по формуле (89):

$$I_{m_2} = C_{m_2} \cdot B_{200} = 4555,94 \cdot 6,8 = 30980,39 \text{ тыс.руб./год}, \quad (89)$$

где $C_{m_2} = 4555,94$ руб./1000м³ – цена топлива;

B_{200} – Годовой расход топлива.

- Годовые затраты на воду хозяйственного назначения, определяется по формуле (90):

$$I_{e_3} = C_{e_3} \cdot G_{200_3} = 117,41 \cdot 55000 = 6457,55 \text{ тыс.руб./год}, \quad (90)$$

где $C_{e_3} = 117,41$ руб./м³ – цена за воду на хозяйственные нужды;

G_{200_3} – Годовой расход воды хозяйственные нужды.

- Годовые затраты на сточную воду, определяется по формуле (91):

$$I_{e_4} = C_{e_4} \cdot G_{200_4} = 83,18 \cdot 2250 = 187,16 \text{ тыс.руб./год}, \quad (91)$$

где $C_{e_4} = 83,18$ руб./м³ – цена за сточную воду.

G_{200_4} – Годовой расход воды хозяйственные нужды.

- Отчисления на социальные нужды определяются величиной единого социального налога в размере 34% от фонда оплаты труда, фонд оплаты труда предоставлен отделом труда и заработка муниципального унитарного предприятия «Управление тепловодоснабжения и водоотведения №1» МО Сургутского района подразделения п. Барсово определяются по формуле (92):

$$O_{с.н.} = 34\% \cdot \Phi_0^{год} = (34/100) \cdot 2106 = 716,04 \text{ тыс.руб./год}, \quad (92)$$

где $\Phi_0^{год} = 2106$ тыс.руб. – фонд оплаты труда.

- Затраты на содержание оборудования в части материалов и запчастей для ремонта составляют 1% от стоимости оборудования, определяется по формуле (93):

$$I_p = H_p \cdot S_o = (1/100) \cdot 54000000 = 540 \text{ тыс.руб./год}, \quad (93)$$

4. Приборист	1	42000
5. Хим. лаборант	1	39000
6. Электромонтер	1	45000
7. Рем. бригада	3	36000
итого	13	585000

Данные предоставил отдел кадров предприятия «Управление тепловодоснабжения и водоотведения №1» МО Сургутского района подразделения п. Барсово персонала проходит дистанционно в учебном центре ООО «Новая Академия» г. Нижневартовска, затраты на обучение составляют согласно прайс листа 130 000 рублей 00 коп.

Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание по варианту 1 представлено в таблице 33.

Таблица 33 — Калькуляция текущих затрат на энергетическое обслуживание

Наименование затрат	Единица измерения	Величина
1	2	3
1. Топливо	тыс.руб/год	30980,39
2. Вода на хоз. нужды	тыс.руб/год	6457,55
3. Сточная вода	тыс.руб/год	187,16
4. Затраты на электроэнергию	тыс.руб/год	4509,34
5. Основная и дополнительная заработная плата эксплуатационного персонала	тыс.руб/год	2106,00
6. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб/год	716,04
7. Содержание оборудования в части материалов и запчастей для ремонта	тыс.руб/год	540,00
8. Амортизация оборудования	тыс.руб/год	5400,00
9. Основная и дополнительная заработная плата ремонтного персонала	тыс.руб/год	1296,00
10. Отчисления на социальные нужды	тыс.руб/год	440,64
11. Зарплата персонала управления котельной	тыс.руб/год	900,00
12. Социальные отчисления	тыс.руб/год	306,00
13. Содержание и текущий ремонт сооружений	тыс.руб/год	145,00

14. Прочие производственные расходы	тыс.руб/год	430,20
15. Итого производственных затрат	тыс.руб/год	54414,32
16. Полезно используемая тепловая энергия	Гкал/год	153180,00
17. Производственная себестоимость товарной продукции	руб./Гкал	355,23

$$K_2=70740 \text{ тыс. руб.},$$

где K_2 – единовременные (капитальные) затраты;

$$I_2=54414,32 \text{ тыс. руб.},$$

где

$$Z_2 = 0,15 \cdot K_i + I_i, \text{ тыс.руб./год,}$$

$$Z_2 = 0,15 \cdot 70740 + 54414,32 = 65025,32 \text{ тыс.руб./год}$$

Тогда:

$$K_1 < K_2$$

$$I_1 < I_2$$

$$Z_1 = 63144,32 \text{ тыс.руб./год}$$

$$Z_2 = 65025,32 \text{ тыс.руб./год}$$

Вывод: лучший вариант выбирается по наименьшим приведенным затратам, таким образом монтаж и пуско-наладка отопительной котельной п. Барсово Сургутского района ХМАО будут приняты по варианту №1.

10.5 SWOT – анализ вариантов технических решений

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних, благоприятных возможностей и угроз является SWOT - анализ.

Проведем SWOT-анализ французского оборудования в таблице 34 и итальянского оборудования в таблице 35.

Таблица 34 — SWOT–анализ Ygnis ST 8100 (французского котла):

										Лист
										99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

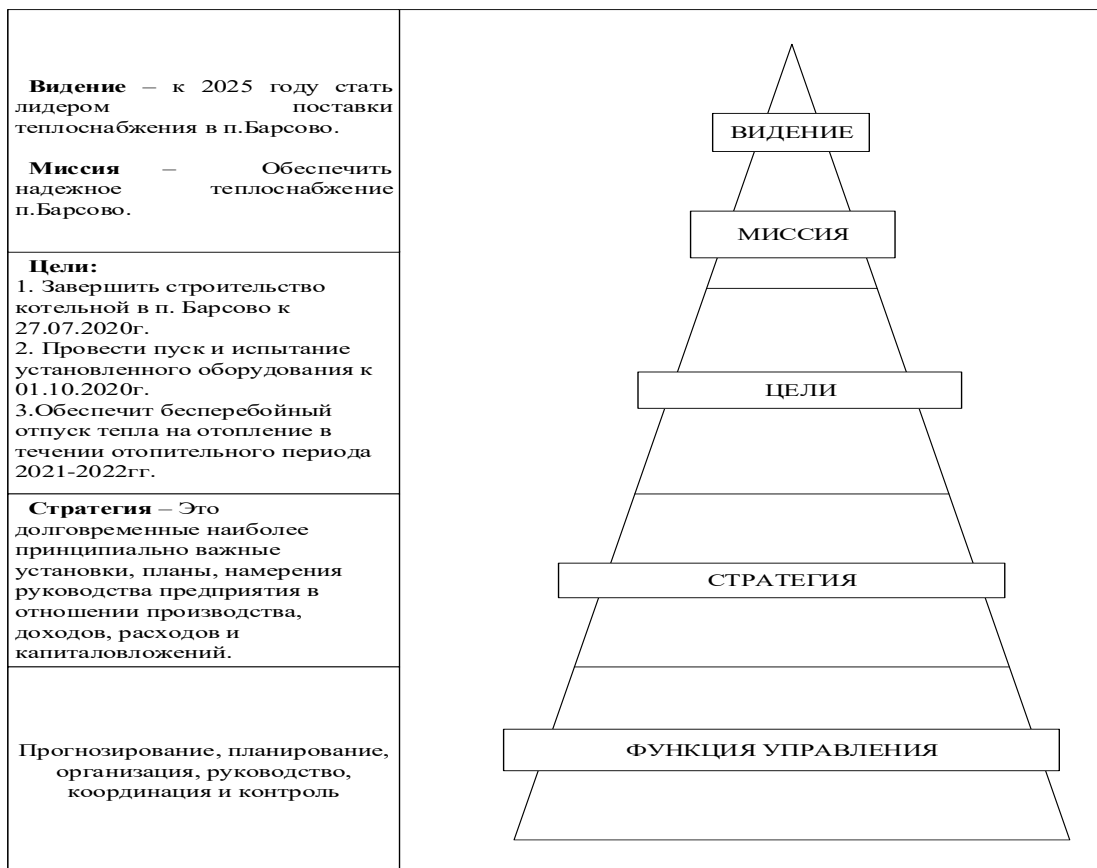


Рисунок 13 — Пирамида целеполагания котельной п. Барсово Сургутского района ХМАО

10.6.1 Построение дерева целей проекта

Дерево целей — структурная модель, показывающая соподчиненность и связь целей подразделения в иерархии управления изображена на рисунке 14.

Миссия — предназначение организации в условиях постоянно меняющихся факторах внешней среды.

2. Достаточно квалифицированный персонал (влияние среднее, так как работа выполняется сотрудниками, обладающими определенными знаниями и умениями, прошедших спец. подготовку и проверку знаний, однако при необходимости можно обучить достаточное количество сотрудников);

3. Сплоченность руководства (влияние среднее, так как единство мнений и убеждений облегчает работу всего предприятия, но не является решающим фактором).

Сдерживающие силы:

1. Повышение цены оборудования (влияние среднее, так как при резком увеличении цены могут возникнуть затруднения, что приведет к увеличению срока выполнения работ);

2. Низкая мотивация рабочего персонала (влияние слабое, так как негативный настрой сотрудников неблагоприятно влияет на выполнение работ, однако не приводит к ее остановке);

3. Задержки поставок оборудования (влияние слабое, так как это приведет к увеличению срока выполнения работ, но не к остановке).

Данные силы представлены в виде диаграммы К. Левина на рисунке 15.

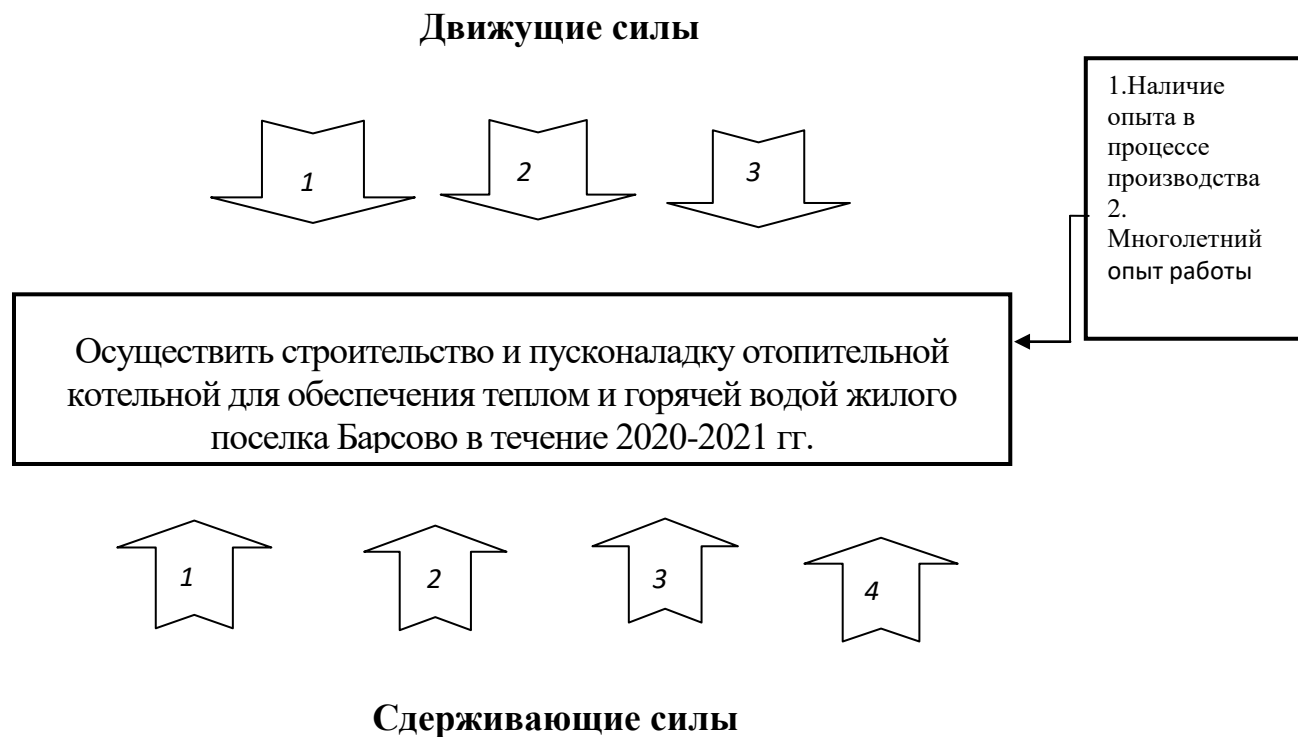


Рисунок 15 – Поле сил успеха реализации проекта

Вывод: Движущие силы преобладают над сдерживающими, следовательно, при полном использовании потенциала изменений, предприятие сможет выполнить все задачи и достичь поставленной цели.

10.7 Планирование на предприятии

Планирование — это разработка и установление руководством предприятия системы количественных и качественных показателей его развития, в которых определяются темпы, пропорции и тенденции развития данного предприятия.

также теплообменников, их тепловые нагрузки и расходы теплоносителя у потребителей.

Для этой цели были проанализированы передовые зарубежные и современные технологии прокладки теплопроводов.

Были произведено: сравнение распространенных видов теплообменников: кожухотрубный и пластинчатый теплообменники.

По результатам сравнения для установки в котельной выбран пластинчатый теплообменник.

Проведен тепловой конструктивный расчет пластинчатого теплообменного аппарата, по результатам расчета подобран теплообменник Alfa Laval AQ8.

По результатам расчета подобран водогрейный котел Ygnis ST 8100.

Рассмотрены вопросы автоматизации, безопасности жизнедеятельности при строительстве котельной и влияние тепловых сетей на окружающую среду с точки зрения экологии.

В результате экономических расчетов были рассчитаны технико-экономические показатели системы теплоснабжения. Проведен разностный метод приведенных затрат выбран первый вариант, так как затрат на него меньше второго и составляют $Z_1 = 63144,32$ тыс.руб./год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

									Лист
									105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

13.04.01.2020.700.12 ПЗ

36 Шаров, Ю.И. Оборудование тепловых электростанций - проблемы и перспективы: учебное пособие/Ю. И. Шаров -Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 122с.

37 Виноградов, С.Н. Выбор и расчет теплообменников: Учебное пособие / С.Н. Виноградов, К.В. Таранцев, О.С. Виноградов, - Пенза: Изд-во ПТУ, 2011. - 100 с.

38 Котел YGNIS отопления. - <https://www.c-o-k.ru/articles/stal-nye-vodogreynye-promyshlennye-kotly>

39 Плетнев, Т.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 248 с.

40 Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды. /П.В. Росляков. - М.: Изд-во МЭИ, 2009.-378 с.

41 Ижорин, М.Н. Дымовые трубы. Справочник./М.Н. Ижорин. - М.: Теплотехник, 2004. - 420 с.

42 Пугач, Л.И. Энергетика и экология./Л.И. Пугач. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003.-234 с.

43 Абрамов, А.И. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учебное пособие для вуза в / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др.; под ред. А.С. Седлова. - М.: Издательство МЭИ, 2010. - 656 с.

44 Нагорная, В.Н. Экономика энергетики: учеб.пособие/ Н.В. Нагорная: Дальне-восточный государственный технический университет. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ. 2012.- 157 с.

45 Самсонов, В. С. Экономика предприятий энергетического комплекса: учебник для студентов вузов/ В. С. Самсонов.- М.: Высшая школа, 2007. - 416 с.

46 Тарифы на энергоресурсы.- <http://www.uba.ru/news>

47 Пашнин, С.В. Рекомендации по разработке раздела «автоматического контроля и регулирования» ВКР кафедры «промышленная теплоэнергетика»./С.В. Пашнин. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2019. -108 с.

48 Грибанов, А.И. Методические рекомендации по выполнению выпускной квалификационной работы «Экологические вопросы при эксплуатации теплоэнергетического оборудования»./ А.И. Грибанов. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2019.- 22 с.

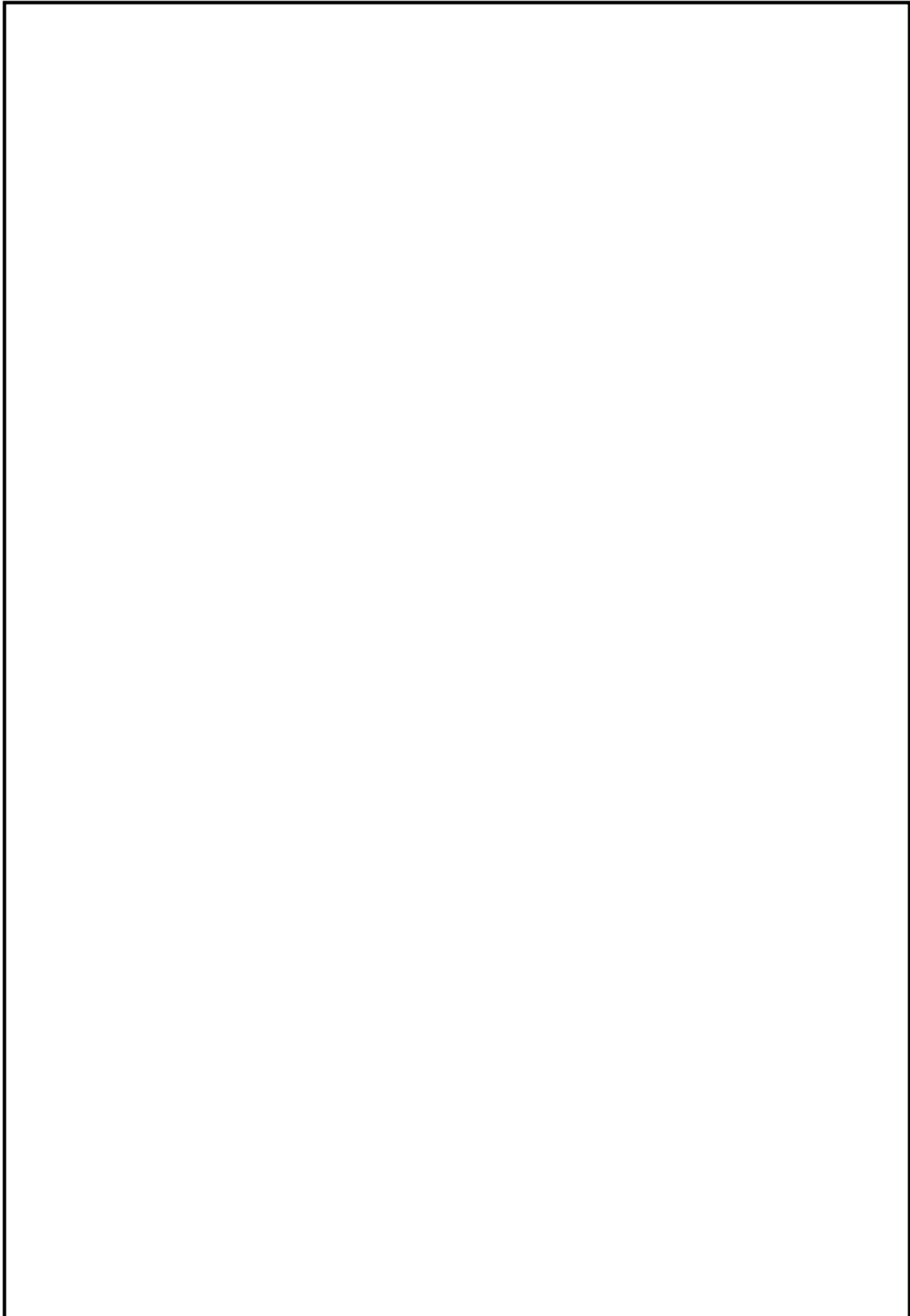
49 Алабугин, А.А. Экономико – управленческая часть выпускных квалификационных работ для направления подготовки «теплоэнергетика и теплотехника» учебное пособие./ А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2018. - 40 с.

50 Алабугина, Р.А. Методические указания для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника». Выпускная квалификационная работа, структура, требования к оформлению и нормоконтролю./ сост. Р.А. Алабугина - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2017. - 47 с.

51 Проектирование, монтаж, транспортировка и приемо-сдаточные, котельного оборудования.-<https://www.kotel-modul.ru/surgut/services/proektirovanie-kotelnykh>

										Лист
										108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.04.01.2020.700.12 ПЗ



					<i>13.04.01.2020.700.12 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>109</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		