

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергоэффективности котельной

Студент

В.А. Коровина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ энергосберегающих мероприятий и нормативно-правовой базы	7
1.1 Нормативно-правовая база.....	7
1.2 Анализ мероприятий для повышения энергоэффективности в котельных установках.....	10
1.3 Энергосбережение в насосных установках в системе теплоснабжения ...	11
1.4 Энергосбережение в системе отопления потребителя.....	23
1.5 Теплоизоляция.....	29
1.6 Оборудование водоподготовки и фильтрации воды	31
1.7 Выводы по первому разделу	36
2 Исследование и расчет мероприятий для снижения затрат на энергоресурсы существующего объекта.....	37
2.1 Общие сведения о существующем объекте	37
2.2 Оборудование газовой котельной	39
2.3 Расчет теплоизоляции.....	46
2.4 Водоподготовка	48
2.5 Автоматизация газовой котельной.....	50
2.6 Насосные установки.....	52
Выводы по второму разделу	55
3 Технико-экономическое обоснование применяемых мероприятий	56
3.1 Теплоизоляция.....	56
3.2 Модернизация газовой котельной.....	56
3.3 Выводы по третьему разделу	65
Заключение	66
Список используемой литературы и источников	68
Приложение А Расчет толщины тепловой изоляции по СП 61.13330.2012	74

Введение

В практике, используемой во всем мире, проблемам увеличения энергоэффективности, изобретению и внедрению экономичных и энергосберегающих технологий с каждым годом отводится все больше внимания. Известно, что тарифы на электрическую и топливную энергии достаточно дешевы на данный момент, но с регулярным возрастанием цен на топливную продукцию, а также с ростом энергопотребления в дальнейшем, проблема энергосбережения будет стоять все острее.

«Рост мирового энергопотребления является ключевым фактором, оказывающим влияние на будущий облик этого направления. Наряду с истощением дешевых запасов традиционных углеводородов будет наблюдаться активное использование возобновляемых источников энергии, ядерной энергии, создание новых энергосберегающих систем.

К ключевым научно-технологическим трендам, формирующим облик данного приоритетного направления, в первую очередь относятся:

– повышение параметров теплоэнергетических установок и рост их КПД (использование хладоресурса топлива в системах охлаждения), разработка нового поколения газотурбинных и парогазовых установок, угольных энергоблоков на ультравысокие параметры пара, энергетических установок с высокоэкономичной газификацией углей, что позволит существенно увеличить эффективность теплоэнергетических систем и удовлетворить рост спроса на энергию, однако потребует значительных капитальных вложений;

– массовое внедрение энергосберегающих технологий позволит снизить нагрузку на экономику за счет снижения энергоемкости и уменьшения себестоимости продукции, а также обеспечить улучшение экологической ситуации за счет уменьшения выбросов парниковых газов в атмосферу и других вредных загрязнений;

– развитие технологий аккумулирования энергии (в том числе использование топливных элементов) обеспечит значительное повышение эффективности многих систем централизованной и децентрализованной генерации, в том числе ветроэнергетики, солнечной энергетики, атомной, геотермальной энергетики и пр. за счет роста КПД, снижения затрат на производство и эксплуатацию, увеличения срока службы и снижения потребности в пассивной мощности;

– развитие технологий использования возобновляемых источников энергии для производства электрической и тепловой энергии, в частности, технологий биотоплив, солнечной, ветровой и биоэнергетики, приведет к увеличению их доли и ограниченному вытеснению традиционных энергоресурсов;

– разработка программно-аппаратных средств для создания интеллектуальных энергетических систем ("умные" сети) позволит существенно повысить эффективность отдельных частей энергосистемы.

Развитие данного научно-технологического направления позволит удовлетворить растущий спрос на энергоносители в мире, а также ответить на возникающие вызовы в области энергетики: истощение дешевых запасов традиционных углеводородов, ужесточение требований к безопасности и экологичности энергетических систем.» [1]

Российская Федерация обладает потенциалом энергоэффективности, который доходит до доли, которая составляет треть от уровня использования энергоресурсов.

«Это выше, чем предусмотренный в Энергетической стратегии России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, прирост производства первичной энергии в России в 2008 - 2020 годах на 244 - 270 млн. тонн условного топлива». [2]

«Основными макроэкономическими показателями по итогам реализации Программы являются:

обеспечение снижения энергоемкости валового внутреннего продукта за счет реализации мероприятий Программы не менее чем на 7,4 процента на I этапе (2011 - 2015 годы) и на 13,5 процента за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы);

обеспечение годовой экономии первичной энергии за счет реализации мероприятий Программы в размере не менее 100 млн. тонн условного топлива к концу I этапа (к 2016 году) и 195 млн. тонн условного топлива к концу II этапа (к 2021 году);

обеспечение суммарной экономии энергии в размере 334 млн. тонн условного топлива на I этапе (2011 - 2015 годы) и 1124 млн. тонн условного топлива за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы)». [3]

Все вышесказанное относится, в частности, и к системам теплоснабжения потребителя. Для того, чтобы потребитель получил тепло и горячую воду необходимы большие топливно-энергетические затраты. Для того, чтобы получение тепла и горячей воды было эффективным, а работа котельной установки была стабильной, надежной и безопасной, необходимо использовать современное и энергетически эффективное оборудование в котельных, соблюдая при этом требования нормативно-технической документации. Но не всегда все вышесказанное соблюдается. Особенно часто оборудование котельной является устаревшим и не энергоэффективным.

Актуальность исследования состоит в том, что большинство котельных являются не эффективными, поскольку применяется устаревшее оборудование, используются неактуальным схемы работы котельных.

Объектом нашего исследования будет являться газовая котельная села «Давыдово», которая расположена в Орехово-Зуевский районе (Московская область). Данная котельная является технически устаревшей и обладает низкой эффективностью работы.

Основной параметр, который показывает эффективность использования энергетических ресурсов является энергоэффективность.

Снижение затрат на энергоресурсы, которые направлены на жизнеобеспечение общественных зданий и сооружений, а также других жилых объектов и зданий, позволяет получить значимый результат энергосбережения, позволяющий экономить большие средства, а также создающий более качественные и комфортные условия для жизнеобеспечения людей.

Целью и предметом исследования является повышение энергетической эффективности котельной с использованием современных методик.

Для того, чтобы достигнуть данной цели, а именно повысить энергетическую эффективность, необходимо решить ряд нижеприведенных задач:

1. Анализ энергосберегающих мероприятий и нормативно-правовой базы;
2. Исследование и расчет мероприятий для снижения затрат на энергоресурсы существующего объекта;
3. Техничко-экономическое обоснование применяемых мероприятий.

Основные препятствия, которые приводят к сдерживанию развития энергосбережения и энергетической эффективности в России, следует разложить на четыре группы:

- 1) нехватка мотивации;
- 2) отсутствие необходимой информации;
- 3) небольшие навыки и опыт по поддержке проектов;
- 4) недостаточная организация решений и действий.

Также в практике чаще всего получается так, что, помимо знаний нормативной базы, а также опыта по финансовой поддержке проектов или же знаний технической части энергосбережения, необходимо, чтобы специалист был всесторонне развит, а также смог легко адаптироваться к законам, которые имеют частые изменения и поправки, которые могут провести технико-экономические обоснования различных проектов, понимающие препятствия и принципы, которые лежат в их глубине.

1 Анализ энергосберегающих мероприятий и нормативно-правовой базы

1.1 Нормативно-правовая база

Для повышения энергоэффективности и решения основных его задач применяют законодательную и нормативно-правовую базу. Для поддержки мероприятий и обеспечения энергосбережения приняты десятки нормативных актов, а также множество документов нормативного, методического и программного характера.



Рисунок 1 – Нормативно-правовая структура энергосбережения и повышения энергоэффективности

«В состав нормативно правовой базы по энергосбережению так же входят:

– Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р;

– Указ Президента РФ №579 от 13.05.2010г. «Об оценке эффективности деятельности органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

– Постановление Правительства РФ №646 от 23.08.2010г. «О принципах формирования органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации перечня мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении общего имущества собственников помещений в многоквартирном доме»;

– Постановление Правительства РФ №391 от 01.06.2010г. «О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования»;

– Постановление Правительства РФ №340 от 15.05.2010г. «О порядке установления требований к программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности»;

– Постановление Правительства РФ №1225 от 31.12.2009г. «О требованиях к региональным и муниципальным программам в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

– Постановление Правительства РФ №67 от 20.02.2010г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам определения полномочий федеральных органов исполнительной

власти в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

– Приказ Минрегионразвития РФ №338 от 29.07.2010г. «Об утверждении перечня рекомендуемых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отношении объектов инфраструктуры и другого имущества общего пользования садоводческих, огороднических и дачных некоммерческих объединений граждан»;

– Приказ Минрегиона РФ №273 от 07.06.2010г. «Об утверждении методики расчета значений целевых показателей в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, в том числе в сопоставимых условиях».

– Приказ Росстата №176 от 29.04.2010г. «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения за энергосбережением»;

– Приказ Минэкономразвития РФ №61 от 17.02.2010г. «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности»;

– Приказ Минпромторга РФ от 07.09.2010г. №769 «О категориях товаров, которые должны содержать информацию о классе их энергетической эффективности в технической документации, прилагаемой к этим товарам, маркировке и на этикетках, а также о характеристиках товаров у указанием категорий товаров, на которые в соответствии с требованиями Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» не распространяются требования о включении информации об их энергетической эффективности в техническую документацию, прилагаемую к товаром, маркировку и на этикетку»;

– Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе

использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года, утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1-р;

– Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 17 февраля 2010 г. № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

– закон РФ «О лицензировании отдельных видов деятельности» № 158-ФЗ от 25.09.1998». [3]

Важнейшее мероприятие, без которого недопустимо проведение спланированных действий по увеличению показателя энергоэффективности в РФ — энергетическое обследование.

Под энергообследованием понимают сбор, а также обработку данных, которые отражают использование ресурсов. Это необходимо для получения верной информации об объемах использования энергоресурсов, о показателях энергоэффективности, также помогает выявить возможности повышения энергоэффективности. Всё это отражается в энергетическом паспорте. [4]

1.2 Анализ мероприятий для повышения энергоэффективности в котельных установках

Газовая котельная села «Давыдово» включает в себя водогрейные котельные установки. Данная котельная является технически устаревшей, не энергоэффективной. Для решения данной проблемы необходимо использовать современные методы повышения энергоэффективности, применяемые для газовых котельных с водогрейными котлами.

На практике применяют следующие мероприятия:

- 1) замена основного топлива [27];

- 2) изменение тепловой схемы;
- 3) автоматика для регулирования и учета,
- 4) замена основного оборудования (котельных агрегатов, оборудования водоподготовки и фильтрации воды, насосных агрегатов, автоматики);
- 5) тепловая изоляция.

Мероприятие с заменой газового топлива исключено, поскольку доставка другого энергоносителя затруднительна и дорогостоящая. По остальным мероприятиям проведем анализ, а также технико-экономический расчет.

1.3 Энергосбережение в насосных установках в системе теплоснабжения

Насос в системах теплоснабжения представляет собой машину, которая генерирует напор в системе для перемещения жидкой среды. Насос, объединенный с электрическим приводом с помощью передаточного звена, представляет собой насосный агрегат. Насосная установка же представляет собой насосные агрегаты, объединенные с оборудованием, которое обеспечивает работу этих агрегатов в необходимом режиме.

Насосная установка в совокупности включает в себя:

- Насосные агрегаты;
- Система трубопроводов;
- Запорная и регулирующая арматура;
- Приборы КИП;
- Система управления и защиты.

Сооружение, которое содержит всё вышперечисленное называется насосной станцией.

Режим работы насосной установки представляет собой алгоритм работы аппаратуры, который определяется исходя из условий работы.

Насосы классифицируются по назначению на следующие типы:

– Сетевые насосы. «Этот агрегат должен перекачивать с оптимальной скоростью и напором греющий теплоноситель в подающем трубопроводе по температурному графику 150-70 С, в зависимости от температуры наружного воздуха. Их особенностью является близость расположения контура системы охлаждения к его уплотнениям.» [4]

– Рециркуляционные насосы. Монтаж данного типа насосов производится в котельных установках, которые используются для циркуляции воды для сохранения температуры горячей воды вблизи точек забора воды.

– Подпиточные насосы. Необходимы для компенсации утечек воды, которые рассчитываются исходя из схемы теплосети. Минимальное количество составляет два (один резервный).

– Насосы сырой воды. Поддерживает необходимый напор перед химводоочисткой и подает воду в деаэратор, либо подает в бак горячей воды. [6]

– Циркуляционные насосы. Поддерживают постоянную циркуляцию воды по замкнутому контуру в системе теплоснабжения.

В насосных установках чаще всего применяются лопастные насосы (подразделяются по принципу действия на: центробежные, осевые).

Конструктивно центробежный насос состоит из (рисунок):

- 1) Корпус спиральной формы;
- 2) Рабочее колесо;
- 3) Вал;
- 4) Лопасты;
- 5,6) Напорный патрубок-1,2.

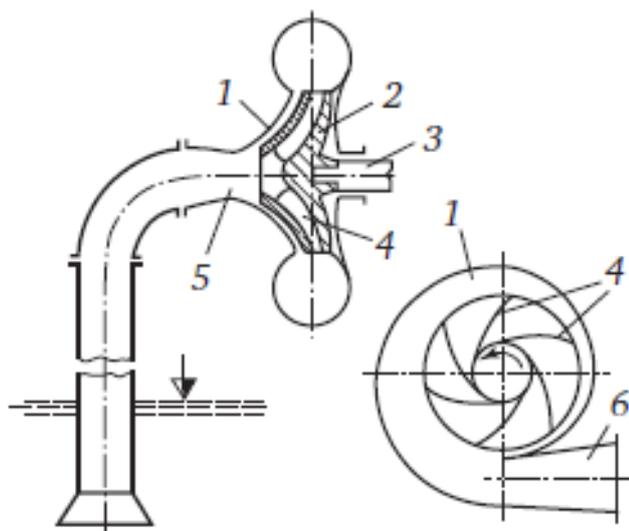


Рисунок 2 – Конструкция одноступенчатого центробежного насоса

На рисунке представлены рабочие характеристики напора насоса (H), подачи (Q), КПД (η), допустимая вакууметрическая высота всасывания (h), мощность (N), диаметр рабочего колеса (D).

Число ступеней насоса соответствует количеству рабочих колес.

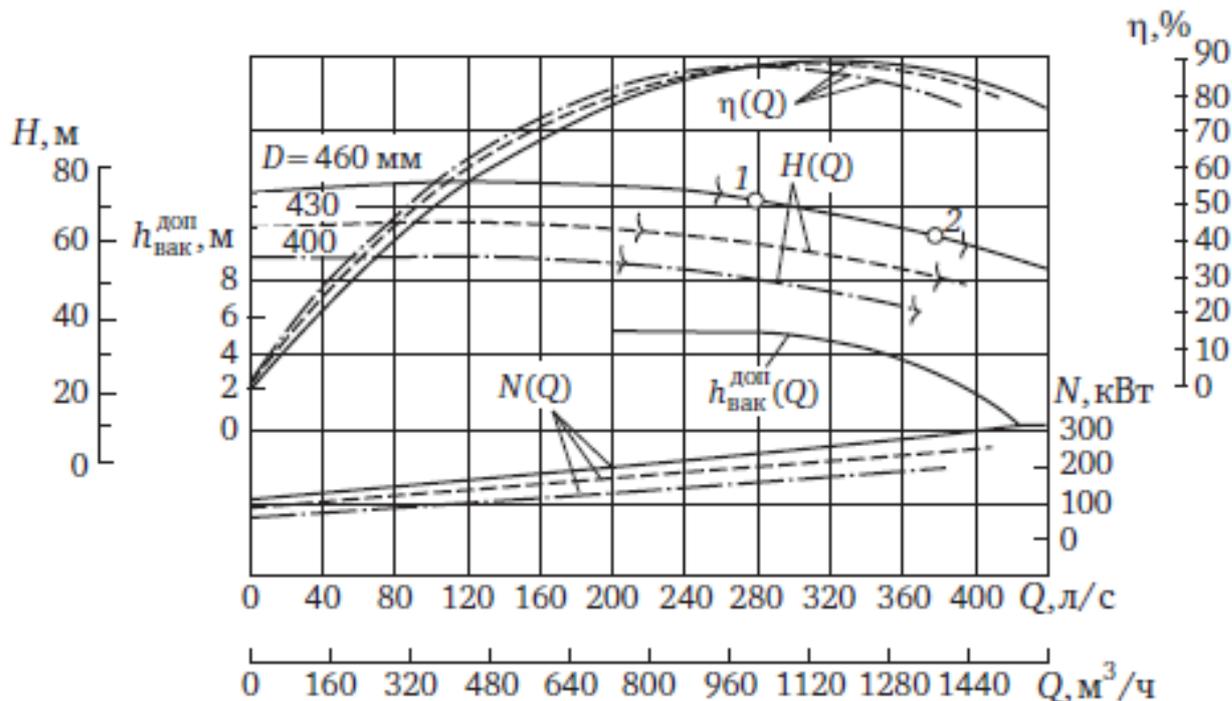


Рисунок 3 – Рабочие характеристики центробежного насоса

В качестве приводов насосов чаще всего применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (редко с фазным ротором) и синхронные двигатели переменного тока.

Режим работы установки определяется исходя из потребления горячей воды и притока воды. Характер последнего определяется по разным внешним причинам: изменения климата, режим работы потребителя и другие.

Для графического изображения режима водопотребления используется кривая распределения подачи воды, которая показывает изменения подачи воды в различные временные интервалы. Также такие графики характеризуются отношением максимального к среднему значению водопотребления (коэффициентом неравномерности).

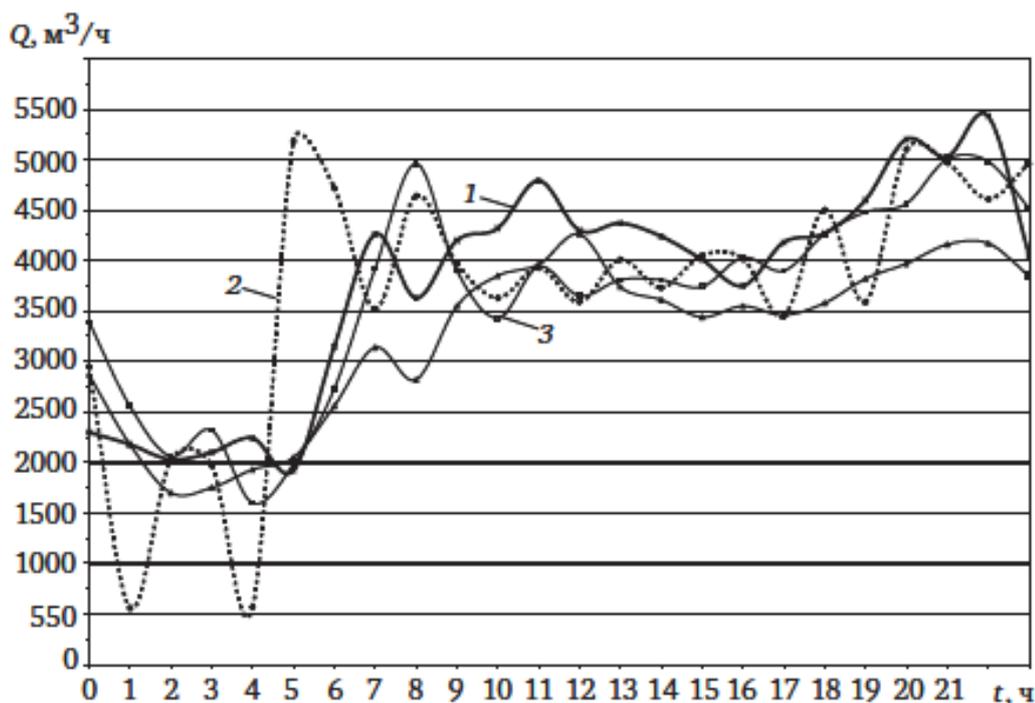


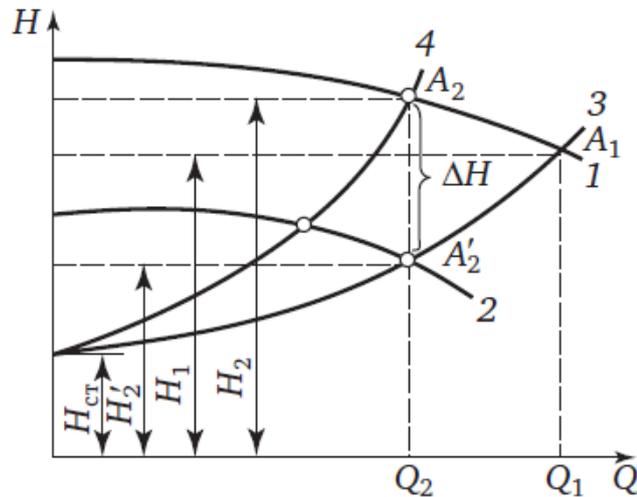
Рисунок 4 – Суточные графики потребления воды за трое суток (номер соответствует номеру суток)

Для того, чтобы правильно выбрать регулируемый электропривод в применяемой установке, необходимо иметь сведения о режиме работы потребителя в различные временные промежутки. Режим работы же зависит от техпроцесса предприятия.

В системе подачи воды всегда имеют место потери, утечки, расходы, которые составляют около 20% от суммарной подачи. С увеличением потребления воды происходит повышение потерь напора в трубопроводах. Для снижения потерь, используют такой параметр как давление. Давление,

генерируемое насосной установкой, необходимо увеличить, для снижения потерь.

Ранее на практике для теплоснабжения потребителя применялись параллельно работающие насосы, которые в зависимости от потребления определенное количество насосов открываются или закрываются с использованием задвижек.



1 – номинальная частота вращения; 2 – сниженная частота вращения; 3 – трубопровод при открытом затворе; 4 – трубопровод при уменьшенном открытии затвора

Рисунок 5 – Регулирование режима работы (центробежный насос)

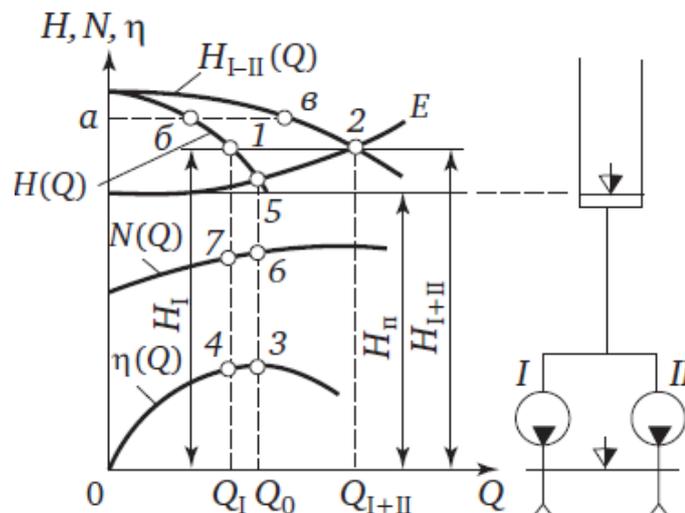


Рисунок 6 – Регулирование режима работы параллельных насосов (I, II)

Исходя из выше приведенного графика, видно, что для данного типа насоса регулирование напора и подачи происходит с помощью задвижки. Но у данного способа регулирования имеется серьезный недостаток такой как потери напора в задвижке. Такой способ регулирования (дресселирование) является неэнергоэффективным. [26]

В настоящее время наиболее оптимальным является применение частотно-регулируемых электроприводов для управления частотой вращения рабочих колес насосов. Этот способ более экономичный, чем предыдущий. Характеристика приведенная выше меняет свое положение при регулировании.

Контролируются параметры режима с помощью КИП (манометры, уровнемер, термометры, расходомеры и другие приборы).

Если установка включает в себя несколько насосов, работающих в параллельном (последовательном) режим, то применяют суммарные характеристики (рисунок).

Циркуляционные центробежные насосы работают как на пониженных, так и на повышенных частотах вращения. Регулируемый электрический привод позволяет изменять частоту вращения (вплоть до частоты выше номинальной в часы максимума нагрузки).

При увеличении частоты вращения также повышается параметр подачи горячей воды, напор подаваемой воды, а также потребляемая электрическая мощность циркуляционного насоса. Необходимо также, чтобы насос выдерживал повышенные нагрузки (нагрузки выше номинальных значений), имел запас прочности, выдерживал вибрации.

Для конкретной насосной установки значение расхода электроэнергии отличается также тем, что объект может находится в разных климатических условиях и тем, что высота подъема жидкости отличается у различных установок. Система имеет более высокие показатели энергосбережения при низком напоре жидкости. Также влияет на энергосбережение очистка

внутренней поверхности трубопроводов, нанесение специальных составов на поверхность.

Электропотребление насосных установок измеряется с помощью счетчиков активной(реактивной) электроэнергии. Чтобы определить реальных расход электроэнергии на перемещение жидкости необходимо использовать показания расходомера. Данные приборы помогают создать условия для экономичного режима работы. Наибольшую точность измерения имеют ультразвуковые расходомеры.

Определенная доля воды, которая подается до потребителя, может быть утеряна по причине неисправностей и дефектов трубопроводов, арматуры, сантехнических приборов, негерметичных стыков арматуры. Поэтому количество подаваемой теплоэнергии больше получаемой потребителем.

Образование энергоэффективной системы автоматического управления на основе РЭП позволяет также снизить утечки.

Согласно современной практике утечки по вышеперечисленным причинам и расходы по причине повышенного давления составляют в России около 20-30% от значения подачи сетевой воды. [7]

Безусловно, применение регулируемых электрических приводов не исправит проблему утечек в трубопроводной арматуре, поскольку состояние её зависит от времени эксплуатации. Однако, применение частотно-регулируемых электроприводов позволяет снизить избыточное давление системы, что положительно сказывается на сроке эксплуатации трубопроводов, арматуры, сантехнических приборов.

На практике не редко случается так, что насосная установка работает при параметры отличных от номинальных (подача меньше, а напор выше; подача выше, напор меньше). Данная ситуация представлена на рисунке.

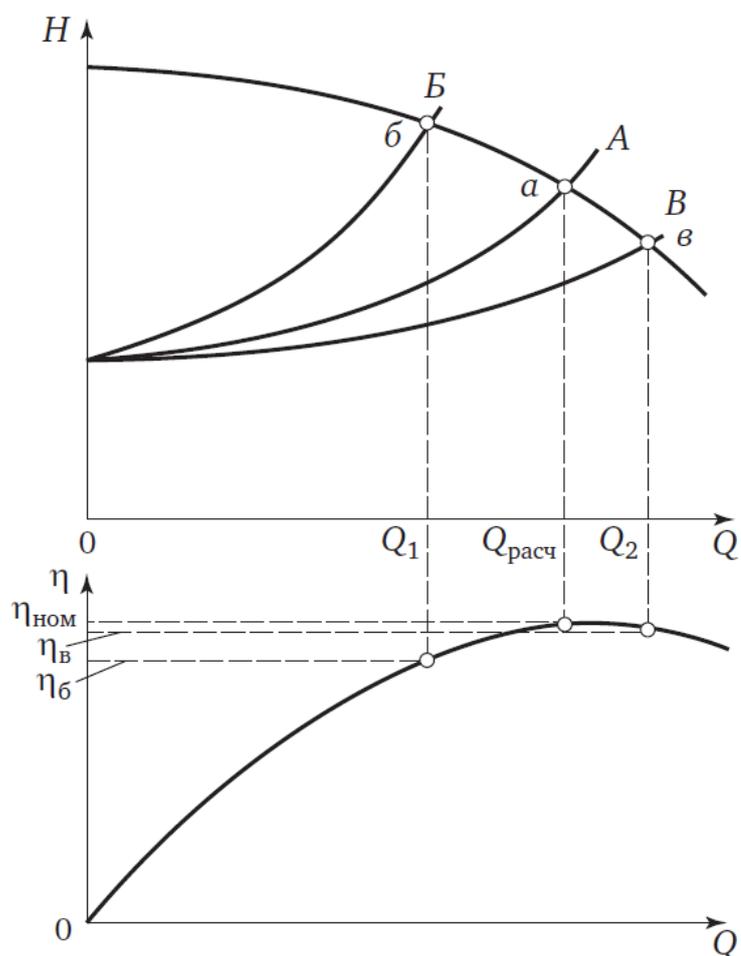


Рисунок 7 – Влияние величины подачи на КПД и напор насоса

По рисунку 7 для трубопровода: А–расчетная характеристика, Б–характеристика при повышенном сопротивлении, В–характеристика при пониженном сопротивлении; для насоса: а–номинальное значение подачи, б–пониженное значение подачи, в–повышенное значение подачи

Как видно из графика, приведенного выше, работа при параметрах не равных номинальным приводит к дополнительным затратам на потребление мощности. В результате получается, что для транспортировки теплоносителя необходимо затратить больше электроэнергии.

Исходя из всего вышесказанного, происходит снижение коэффициента мощности и КПД приводного электрического двигателя, что также вносит свой вклад в потери электроэнергии в системе электроснабжения.

На практике насосные установки иногда включают в себя несколько агрегатов, которые работают в параллельном, последовательном или

смешанном режиме. Изменяя состав работающих насосов, происходит регулирование, в результате меняется напорная характеристика. Для оптимального выбора состава работающих насосов, необходимо анализировать изменение подачи теплоносителя, чтобы избежать частых включений насосных агрегатов. Избегать частых включений важно особенно для агрегатов, которые не имеют устройств плавного пуска. Также для повышения энергоэффективности необходимо использовать группы агрегатов с повышенным КПД. Поскольку число включений насосных агрегатов невысокое, то для регулирования напора, если он превышает необходимую норму, используют дросселирование. Данный способ позволяет экономить 10% электрической энергии. Если применяются осевые насосы, а не центробежные, то регулирование происходит уже не за счет дросселирования, а за счет корректировки поворотного угла лопастей рабочего колеса, что позволяет достигать данному типу насосов высокого значения КПД. Данный способ является узкоспециализированным, поскольку осевые насосы не имеют высоких напорных показателей в отличие от центробежных насосов.

Вышеприведенные способы позволяют регулировать и уменьшают расход электрической энергии, но тем не менее имеют узкую область использования. Более энергоэффективным решением является способ, который основан на изменении частоты вращения рабочих колес центробежных насосов.

Работа насоса с изменением частоты вращения перемещает рабочую точку (на графике напорной характеристики) по характеристике трубопровода. На графике напорной характеристики отсутствует линия насоса, что приводит к отсутствию точки пересечения линий на графике, а также отсутствию разницы ΔH при одном и том же значении параметра подачи. Все это говорит о том, что нет дополнительных затрат электрической энергии на избыточное давление.

В общем понятии, электропривод представляет собой устройство, которое преобразует электрическую энергию в механическую энергию другой системы (движение других элементов оборудования). [8]

Регулируемый электропривод насосной установки – это привод, который позволяет изменять частоту вращения колес насосов. Регулируемый электрический привод включает в себя электрический двигатель, передаточный механизм, цепи управления, устройства регулирования частоты.

Регулируемые электрические приводы делятся на приводы постоянного и переменного тока. В нашем случае на практике чаще всего применяются переменного тока. Что касается электрических двигателей, то в регулируемых электрических приводах соответственно используются двигатели переменного тока, которые делятся на синхронные и асинхронные.

Регулируемые электрические приводы переменного тока существуют следующие:

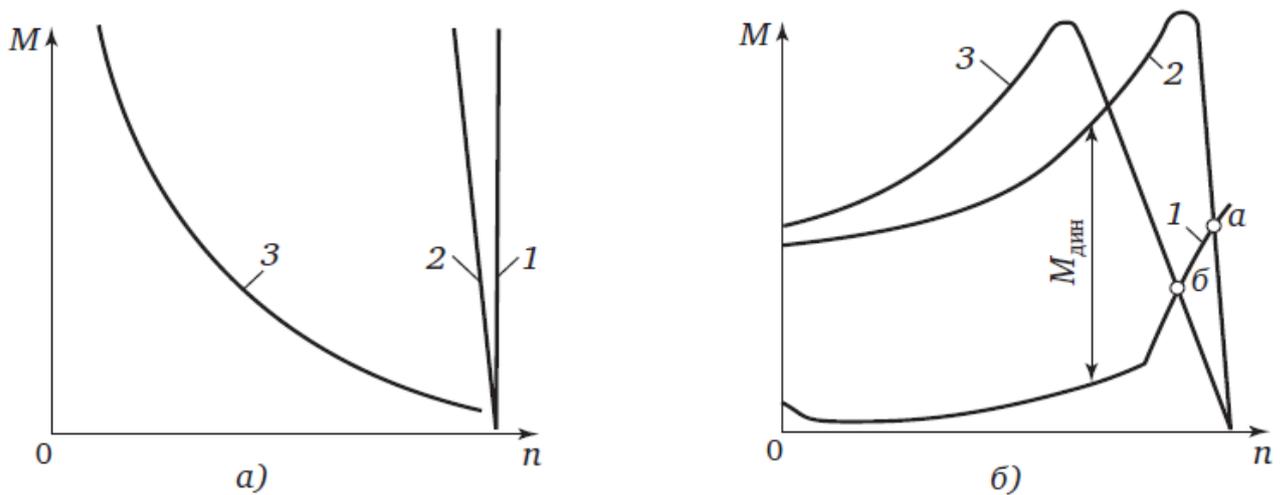
– Частотный привод. Включает в себя частотный преобразователь. Его функция состоит в преобразовании частоты сети, тем самым изменяя количество оборотов двигателя. Чем выше частота тока электропривода переменного тока, тем выше число оборотов рабочего колеса за минуту и наоборот, чем ниже частота тока, тем меньше число оборотов колеса за минуту.

– Многоскоростной привод. Включает в себя устройство, которое изменяет схему обмотки статора, что приводит к изменению числа пар полюсов. Соответственно изменение числа оборотов двигателя происходит ступенчато (не более четырех ступеней).

– Привод изменения скольжения.

В насосных установках самым применяемым приводом является первый из вышеперечисленных.

На рисунке представим сравнение механических характеристик электрических двигателей и насосных агрегатов.



а) электродвигатель, б) насосный агрегат;
 1 – абсолютно жесткая, 2 – жесткая, 3 – мягкая

Рисунок 8 – Механические характеристики

В таблице 1 представим виды регулируемых электроприводов, которые используются на практике в насосных установках, область использования данных приводов. На рисунках 9, 10 представлены схемы данных электроприводов.

Таблица 1 – Применение регулируемых электроприводов

Вид регулируемого электрического привода	Область использования
1	2
Частотно-регулируемый электропривод	Насосные агрегаты на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутыми роторами, которые работают на напряжении от 0,4 кВ до 0,69 кВ, с мощностью от 0,4 МВт до 1,6 МВт
Привод на основе вентильного электродвигателя	Насосные агрегаты на основе синхронных двигателей, которые работают на напряжении от 6 кВ до 10 кВ, с мощностью от 0,63 МВт до 5 МВт
Асинхронный вентильный каскад	На основе асинхронных двигателей с фазными роторами, которые работают на напряжении от 6 кВ до 10 кВ, с мощностью от 0,25 МВт до 0,4 МВт

Продолжение таблицы 1

1	2
Электромагнитная муфта скольжения	Насосные агрегаты, которые работают на напряжении 380В и мощностью до 0,4 МВт

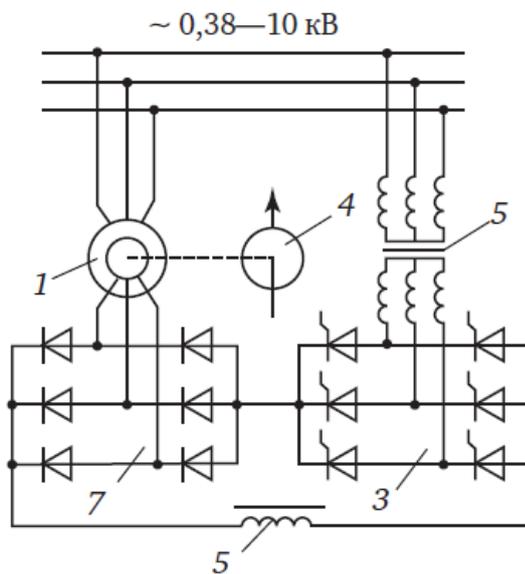
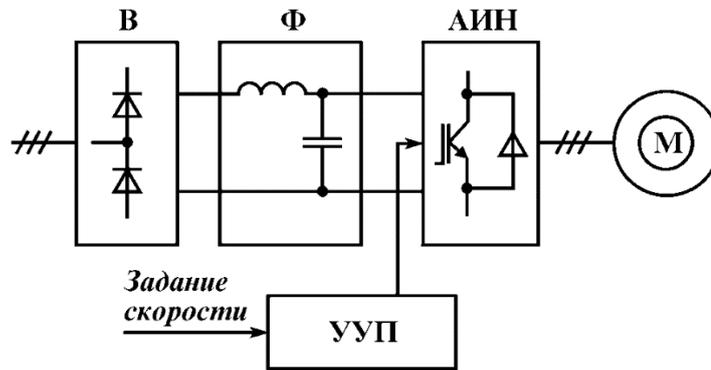


Рисунок 9 – Частно-регулируемый электропривод (слева) и электропривод с асинхронно-вентильным каскадом (справа)

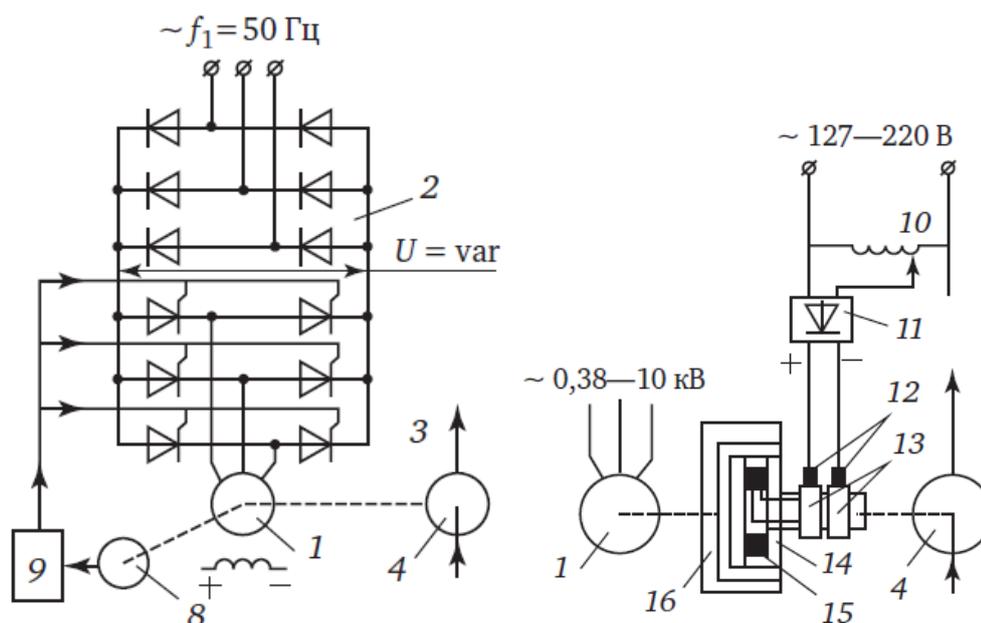


Рисунок 10 – Электропривод на основе вентильного электрического двигателя (слева) и с электромагнитной муфтой скольжения (справа)

В дальнейших главах проведем выбор сетевых, подпиточных и циркуляционных насосов на основе частотно-регулируемого электропривода.

1.4 Энергосбережение в системе отопления потребителя

Системы теплоснабжения по способу подачи воды классифицируются на закрытые/открытые, двухтрубные/четырёхтрубные и другие.

В системах закрытого типа (рисунок 11) вода из теплосети не забирается, а применяется только в качестве теплоносителя в теплообменниках вода-вода для подогрева холодной воды, которая поступает в систему ГВС. Основные преимущества закрытых систем теплоснабжения: постоянное качество горячей воды и легкость контроля плотности системы. Главными недостатками закрытых систем являются: сложность оборудования и эксплуатации вводов потребителя ГВС; коррозия, накипь и шлам в трубопроводах ГВС.

В системах теплоснабжения открытого типа (рисунок 12) вода отбирается напрямую из теплосети и подается в систему ГВС. В котельной установке в данном случае должны быть предусмотрены дополнительные элементы: аккумулирующий бак для запасания воды при пиковом

потреблении, перекачивающие насосы и другое. Основными преимуществами открытых систем являются: простота и дешевизна вводов потребителя ГВС, длительный срок службы; возможность применения однотрубной линии. К недостаткам относят: сложность устройства и дороговизна оборудования водоподготовки и устройств подпитки; нестабильность воды, которая поступает на ГВС; сложность контроля утечки и герметичности.

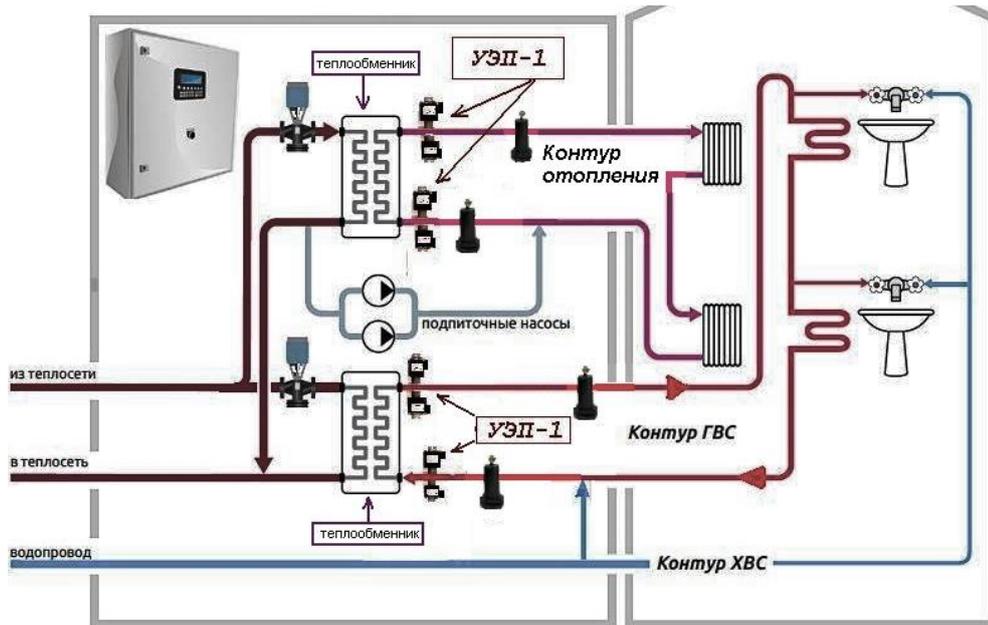


Рисунок 11 – Закрытая система отопления

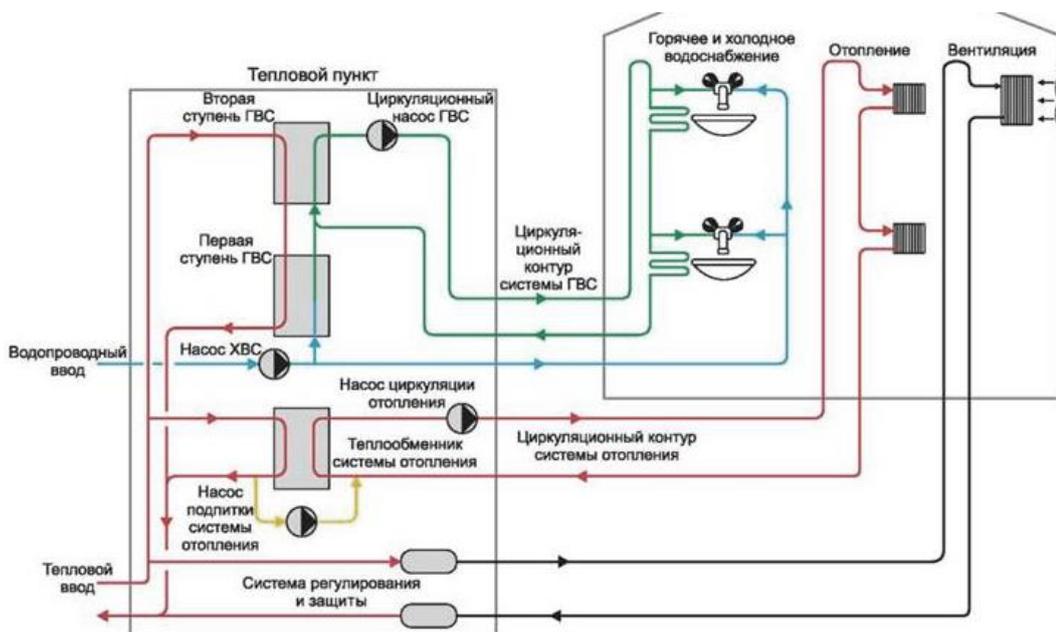


Рисунок 12 – Открытая система отопления

В двухтрубных системах используется общий трубопровод подачи горячей воды (для отопления, вентиляционных систем и ГВС) и обратный. Данные системы используются чаще всего при тепловых нагрузках 58МВт и выше, четырехтрубные же используются при менее 58МВт. Также последние используются при маленьком радиусе расположения потребителей. В котельной используются две водонагревательные установки, где первая используется для подогрева отопительной воды и для систем вентиляции, а вторая для системы ГВС.

Потребители тепловой энергии имеют возможность подключения к теплосетям через центральные тепловые пункты (ЦТП) или индивидуальные тепловые пункты (ИТП), где готовится и подается горячая вода нужных параметров.

Отопительные системы присоединяют к теплосети по одной из нижеперечисленных схем:

- Независимая, где, нагрев теплоносителя производится в теплообменнике;
- Зависимая, где горячая вода подается из теплосети;
- Подключение через элеватор, который выполняет смешивание подаваемой воды и воды, поступающей из обратного трубопровода;
- Использование подмешивающего насоса.

Тепловые нагрузки регулируются с помощью [28]:

- Изменение температурного режима в подающем трубопроводе;
- Изменение расхода воды;
- Изменение температуры и расхода воды.

Для корректировки регулирования в теплосетях проводят дополнительное местное регулирование на ЦТП, тепловых пунктах зданий, также местное, индивидуальное управление на отдельных приборах.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения подразделяются на первую, вторую и третью категорию. «Первая категория - потребители, не допускающие перерывов в подаче расчетного количества теплоты и

снижения температуры воздуха в помещениях ниже предусмотренных ГОСТ 30494. Например, больницы, родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, картинные галереи, химические и специальные производства, шахты и т.п.

Вторая категория - потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч:

жилые и общественные здания до 12 °С;

промышленные здания до 8 °С.

Третья категория - остальные потребители». [9]

Проводя организацию системы отопления, необходимо обращать внимание на тип разводки труб.

Разводка может быть вертикальной, либо горизонтальной. В случае вертикальной разводки основная труба проходит в подвале, к которой подсоединены много вертикальных труб меньших диаметров, проходящих через квартиры. Данная разводка является более упрощенной и дешевой по сравнению с горизонтальной. Последняя может быть однотрубной, либо двухтрубной.

На рисунке 13 подающая магистраль проложена на чердаке, либо под потолком последнего этажа, а теплоноситель проходит последовательно по вертикальным стоякам к приборам. Главное преимущество схемы – низкие затраты на трубы. К недостаткам же можно отнести то, что невозможно отключить отдельные нагревательные приборы, их перерасход, отсутствует возможность регулировки.

При однотрубной разводке вода проходит по одному контуру через радиаторы здания. В двухтрубной системе присутствует два стояка: из одного вода приходит в радиатор, в другой – уходит (рисунок 14). Данные системы используются тогда, когда важно обеспечить естественную циркуляцию теплоносителя.

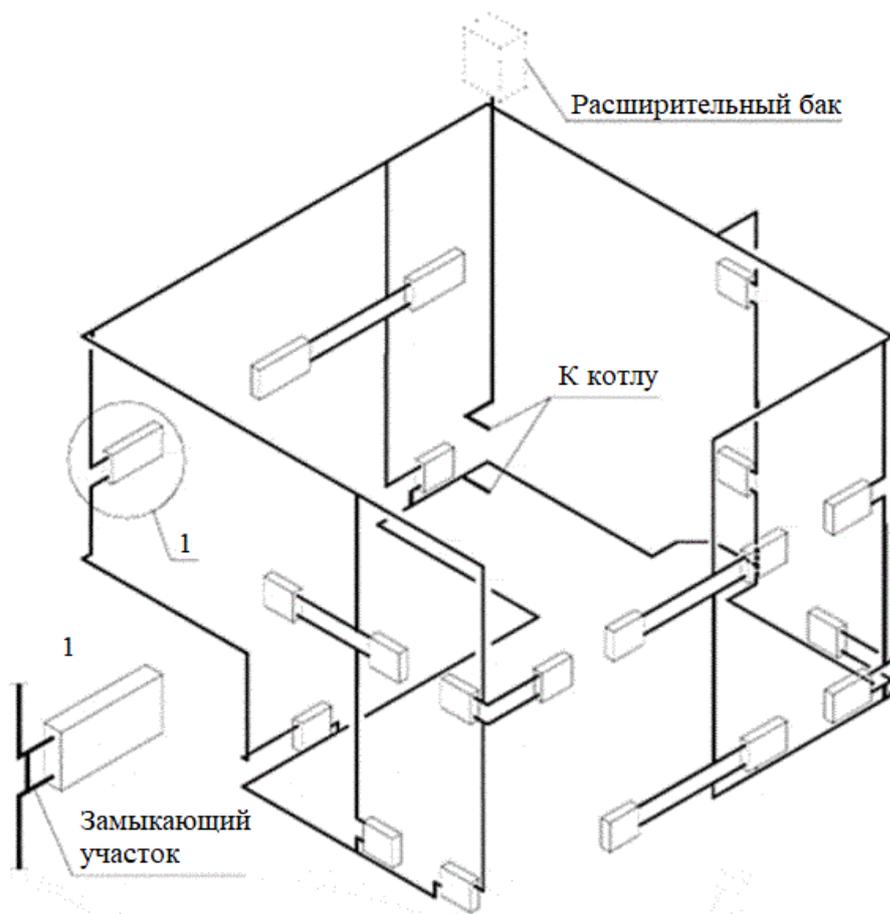


Рисунок 13 – Однотрубная вертикальная система отопления. Разводка верхняя

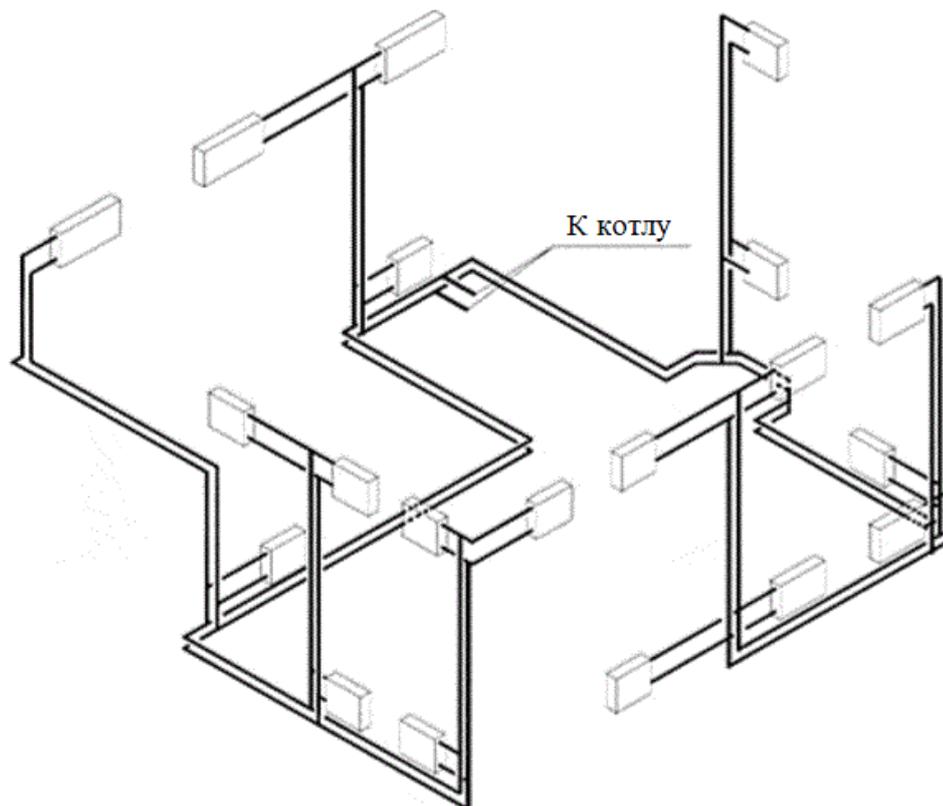


Рисунок 14 – Двухтрубная вертикальная система отопления. Разводка нижняя

В системе, представленной на рисунке 14, подающая и обратная магистрали прокладываются в полу, либо над полом нижнего этажа, тепло проходит независимо во все радиаторы. К преимуществам системы такого типа относится регулировка системы, избирательность в отключении отдельных нагревательных приборов, поэтажное подключение системы в процессе строительства здания, отсутствуют стояки на верхнем этаже, подающая магистраль и, помимо этого, сниженный расход тепла приборами отопления. Основными недостатками является то, что происходит увеличение протяженности трубопроводов в сравнении с однотрубной системой, а также отсутствие возможности в установке квартирных тепловых счетчиков, хотя и устанавливают общедомовые, что для потребителя является более выгодным по изначальным затратам.

Горизонтальные однотрубные системы (рисунок 15) применяются в редких случаях, в связи с областью их применения. Используются чаще всего для отопления крупных помещений.

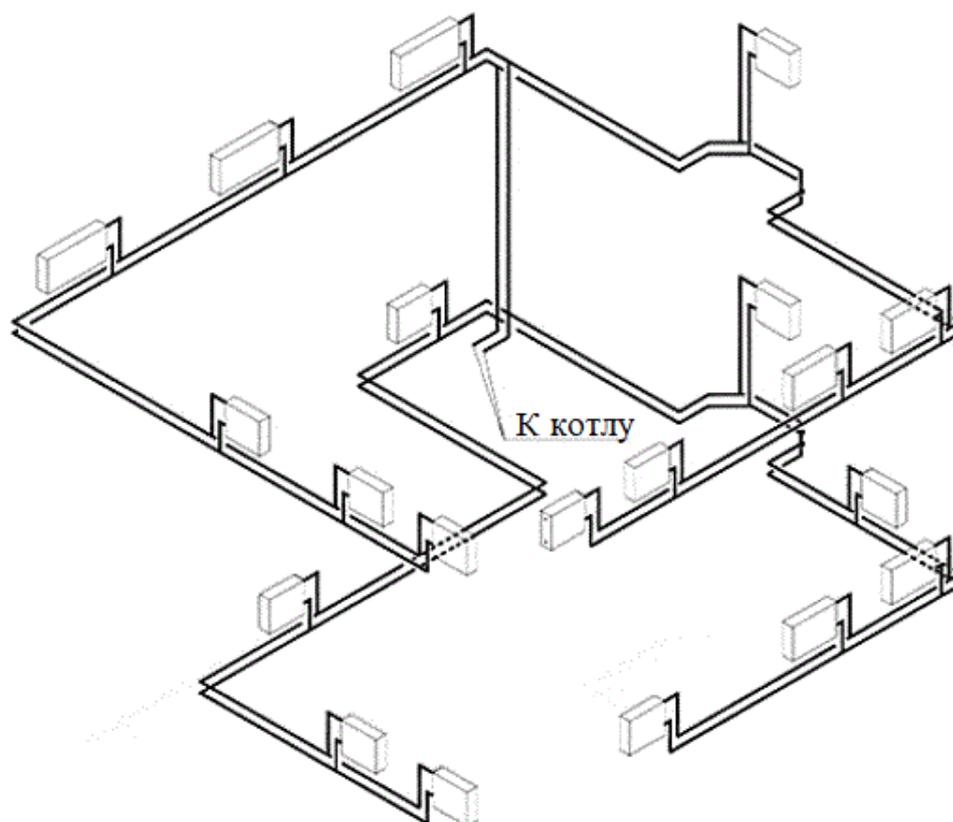


Рисунок 15 – Двухтрубная горизонтальная система отопления

1.5 Теплоизоляция

Несмотря на то, какой материал применяется при строительстве здания, сооружение испытывает постоянные тепловые потери. Потери могут быть через любые ограждающие конструкции (через стены, оконные конструкции, кровлю, а также в системе вентиляции). Для уменьшения тепловых потерь различных зданий, сооружений применяют тепловую изоляцию ограждающих конструкций.

Теплоизоляция – это конструктивный элемент, который уменьшает процесс тепловой передачи, увеличивает термическое сопротивление ограждающей конструкции. [10]

Раньше проблема тепловых потерь была наиболее актуальной за счет дефицита топлива, но сейчас она актуальна за счет растущих цен на топливо. Для достижения оптимальных тепловых параметров требуется все больше финансовых затрат, а требования к поддержанию экологии растут с каждым годом. Тепловые потери происходят по следующим причинам:

- При работе приточно-вытяжных установок систем вентиляции помещения;
- Благодаря тепловому излучению;
- Посредством теплового обмена.

Утепление подразделяется на три вида: наружное, внутреннее, внутреннее утепление, которое выполняется внутри стены. Наружное утепление – это утепление наружного слоя изолируемого объекта, внутреннее соответственно внутри.

В нашем случае, в газовой котельной, будем проводить наружное утепление трубопроводов и дымоходов газовых котлов (рисунок). Это позволит значительно снизить затрачиваемую тепловую энергию путем повышения термического сопротивления.



Рисунок 16 – Наружная тепловая изоляция трубопроводов

Также тепловая изоляция горячих трубопроводов повышает эффективность работы тепловых энергоустановок, повышает безопасность эксплуатации, поскольку снижает риск появления ожогов у персонала.

«В качестве теплоизоляции используются цилиндры, маты, прошивные маты или ламельные маты из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы.» [11]

Теплоизоляция может состоять как из одного слоя, так и из нескольких слоев.

Для пароизоляции используют продукцию, кашированную фольгой. Стыки также необходимо изолировать алюминиевым скотчем, чтобы обеспечить пароизоляционную защиту.

Отводы труб необходимо изолировать сегментами встык с шагом в 30°.

При вертикальной ориентации трубопроводов теплоизолирующие цилиндры каждые 3,6м устанавливаются разгружающие устройства, чтобы избежать «сползания». [11]

При температуре поверхности +200°С изолируемого объекта применяются опорные скобы.

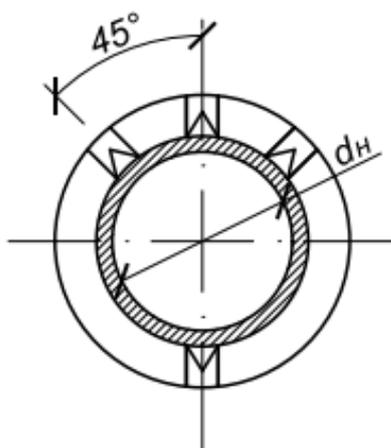


Рисунок 17 – Установка опорных скоб

Материал скоб применяется аналогичный с покровным слоем (алюминий, оцинкованная сталь).

1.6 Оборудование водоподготовки и фильтрации воды

Проблеме водоподготовки воды котельной следует уделять особое внимание поскольку очистка питательной воды позволяет работать оборудованию газовой котельной в более экономичном режиме, что приводит как энергетической экономии, так и финансовой.

Подготовленная питательная вода позволяет предотвратить отложение солей и примесей на трубопроводах и теплопроводящих поверхностях, что приводит к экономии энергии, защите материалов котла от термоперегрузок и разрушений.

Снижение риска возникновения коррозии, которая возникает на всем котельном оборудовании, а также трубопроводах и арматуре позволяет снизить эксплуатационные расходы и затраты на проведение ремонта и технического обслуживания газовой котельной.

Исходя из вышесказанного, установка системы водоподготовки необходима, так как ущерб, нанесенный котельному оборудованию значительно выше, чем установка и обслуживание системы водоподготовки.

[12]

Появление отложений на поверхностях теплопередачи вызывает:

Перегрев определенных зон, что приводит к дальнейшему образованию трещин;

Уменьшение степени тепловой передачи и тепловой производительности (рисунок 19);

Уменьшение диаметра условного прохода трубопроводов, что приводит к увеличению сопротивления потока и давления системы. Отложения, которые имеют толщину 0,5мм приводят к энергетическим потерям, которые составляют около 9-10% (рисунок 18);

Появление шума и вибрации.

Следовательно, необходимо обращать внимание на характеристики применяемой воды.

«13.1 При выборе способа защиты стальных труб тепловых сетей от внутренней коррозии и схем подготовки подпиточной воды следует учитывать следующие основные характеристики подпиточной и сетевой воды:

жесткость;

водородный показатель рН;

содержание в воде кислорода и свободной угольной кислоты;

содержание сульфатов и хлоридов;

содержание в воде органических примесей (окисляемость воды).» [9]

При этом коррозия может быть как внутренняя, так и внешняя. Воспользуемся требованиями нормативно-технической документации.

«13.2 Защиту труб от внутренней коррозии следует выполнять путем: повышения рН сетевой воды в пределах рекомендаций [4] и приведенных в приложении Е;

уменьшения содержания кислорода в сетевой воде;

покрытия внутренней поверхности стальных труб антикоррозионными составами или применения труб из коррозионно-стойких материалов;

применения соответствующих технологий водоподготовки и деаэрации подпиточной воды;

применения ингибиторов коррозии;
применения безреагентных магнитного и электрохимического способов обработки воды.» [9]

Для защиты трубопроводов и других металлических поверхностей от наружной коррозии необходимо использовать различные антикоррозионные покрытия.

Поэтому исходя из этого представим график влияния рН воды на коррозию (рисунок 20) и график растворимости кислорода в воде в зависимости от температуры воды (рисунок 21).

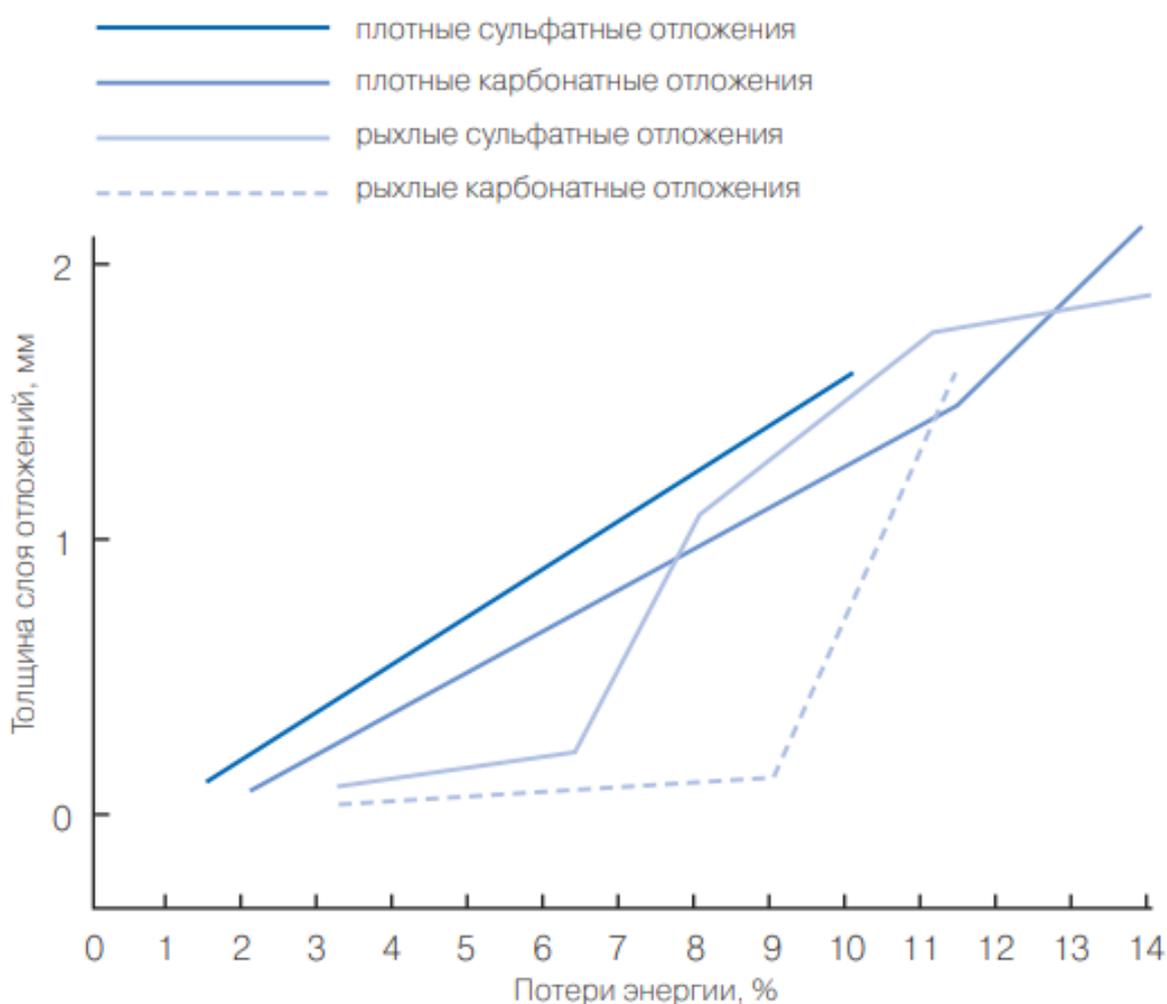


Рисунок 18 – График зависимости толщины отложений от потерь энергии

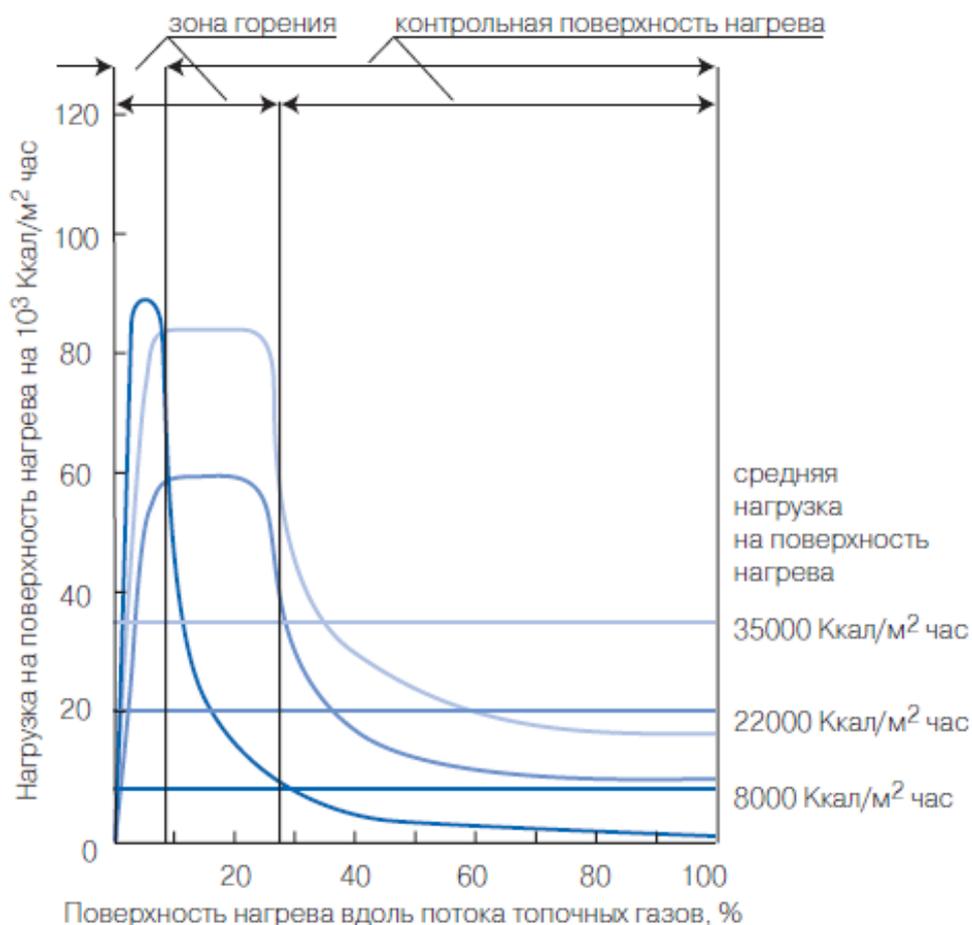


Рисунок 19 – График зависимости нагрузки на поверхность нагрева от процента поверхности нагрева вдоль потока топочных газов

Явление коррозии основано на том, что металл поверхностной слой металла находится в воде, а на границе, которая разделяет воду и металл, протекает реакция. Причем образование продукта коррозии обусловлено тем, что в реакции присутствует избыток кислорода. График растворимости кислорода в воде в зависимости от температуры воды при давлении 1 атм представлен на рисунке.

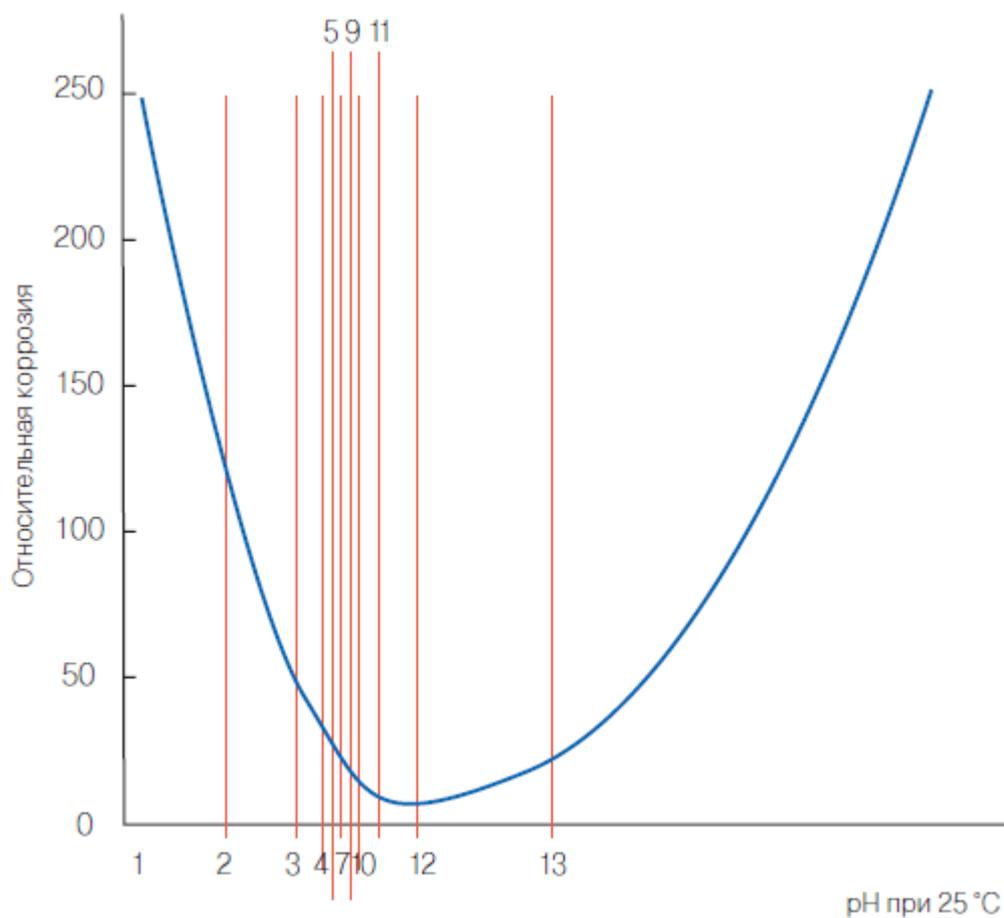


Рисунок 20 – Зависимость скорости коррозии нелегированной стали от pH

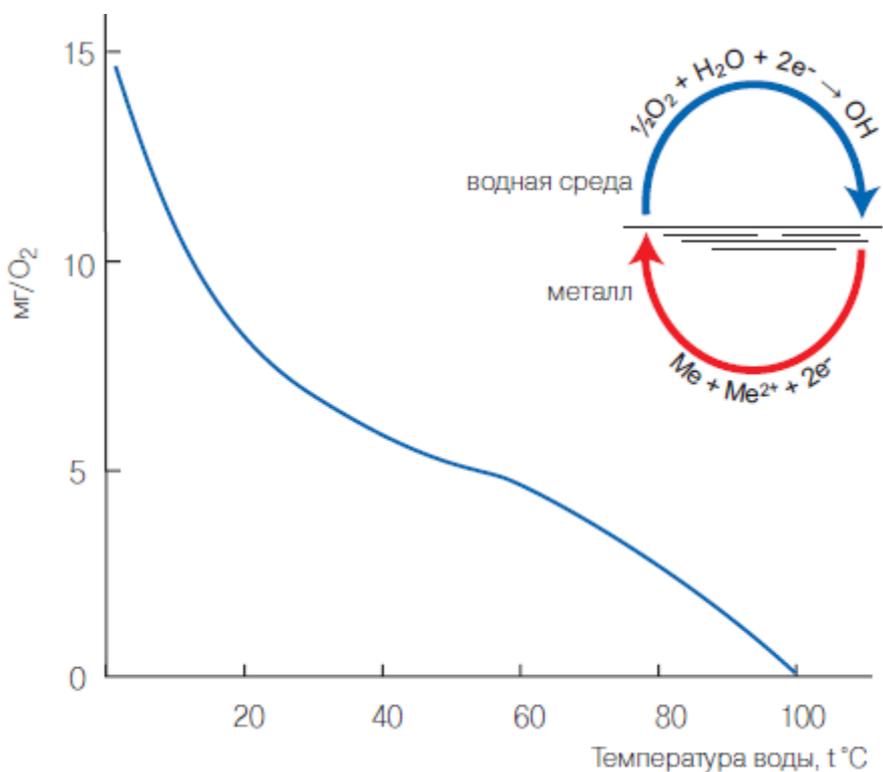


Рисунок 21 – График растворимости кислорода в воде в зависимости от температуры воды при давлении 1 атм

1.7 Выводы по первому разделу

- 1) Проведен анализ нормативно-правовой базы;
- 2) Исследованы мероприятия по повышению энергетической эффективности в насосных установках в системе теплоснабжения. На основе данного исследования применим насосные установки на основе частотно-регулируемого электропривода;
- 3) Исследованы мероприятия по повышению энергоэффективности в системах отопления потребителя. Объект исследования имеет закрытую систему теплоснабжения. Исходя из перечисленных недостатков данной системы отопления, необходима установка системы водоподготовки и фильтрации воды;
- 4) Рассмотрены мероприятия по тепловой изоляции оборудования котельной. Поскольку трубопроводы имеют низкое тепловое сопротивление, то для сохранения тепла необходимо использовать тепловую изоляцию. Теплоизолирующие материалы имеют высокое тепловое сопротивление;
- 5) Рассмотрен вопрос влияния водоподготовки и фильтрации воды на эксплуатацию котельной. Поскольку вода, не прошедшая обработку, снижает срок эксплуатации оборудования котельной, необходима установка системы водоподготовки и фильтрации воды.

2 Исследование и расчет мероприятий для снижения затрат на энергоресурсы существующего объекта

2.1 Общие сведения о существующем объекте

Объектом исследования является котельная на газообразном топливе села «Давыдово», которая расположена: Московской обл., Орехово-Зуевский район.

Теплоносителем данной котельной является вода при температуре 70-95°С.

«4.9 Котельные по надежности отпуска тепловой энергии потребителям подразделяются на котельные первой и второй категорий.

К первой категории относят котельные, являющиеся единственным источником тепловой энергии системы теплоснабжения, обеспечивающей потребителей первой категории, не имеющей резервных источников тепловой энергии.

Вторая категория - все остальные котельные.» [13]

Котельная относится ко второй категории надежности отпуска тепла.

Теплопроизводительность составляет $4385210 \text{ ккал/час} = 2500 \text{ кВт}$.

В данной котельной установлено три водогрейных котла, которые работают на газовом топливе. Рабочей средой является вода, $t_{\text{max}} = 110^\circ\text{C}$.

Система теплоснабжения закрытого типа.

«6.15 Горячая вода, поступающая к потребителю, должна отвечать требованиям технических регламентов, санитарных правил и нормативов, определяющих ее безопасность.

Качество подпиточной и сетевой воды для открытых систем теплоснабжения и качество воды горячего водоснабжения в закрытых системах должно удовлетворять требованиям к питьевой воде в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074.

Использование в закрытых системах теплоснабжения технической воды допускается при наличии термической деаэрации с температурой не

менее 100 °С (деаэраторы атмосферного давления). Для открытых систем теплоснабжения деаэрация также должна производиться при температуре не менее 100 °С в соответствии с СанПиН 2.1.4.2496.» [9]

В качестве исходной воды принята вода, которая отвечает требованиям нормативно-технической документации [14], которая предварительно прошла химводоочистку (ХВО). Для того, чтобы вода соответствовала требованиям нормативно-технической документации необходимо использование установки по водоподготовке.

Вода поступает в коллектор для распределения по системам.

«6.24 Для уменьшения потерь сетевой воды и соответственно теплоты при плановых или вынужденных опорожнениях теплопроводов допускается установка в тепловых сетях специальных баков-накопителей, вместимость которых определяется объемом теплопроводов между двумя секционирующими задвижками.» [9]

Подпитка котлового контура осуществляется из бака запаса воды с помощью насоса подпитки.

Защита котлов и системы теплоснабжения от тепловых расширений в системе осуществляется расширительными баками объемом по 1200 л закрытого типа.

В качестве трубопроводной арматуры обвязки котлов, теплоснабжения и топливоснабжения применяются стальные электросварные. [9]

Расчетный максимальный расход топлива составляет 360 кг/нм³

Газопровод к котельному отделению подводится из существующего ГРП.

Прокладка газопровода в котельной, открытая на высоте 2,2м [9] от пола из стальных электросварных труб Ø108x4,0 и Ø89x4,0 [15].

В местах прохода через стену газопровод проложен в футляре.

Для продувки системы и сброса газа предусматривается продувочный газопровод Ø32 с выводом свечи на 1 м выше конька крыши.

Запорная арматура используется следующая:

- внутри котельной на входе газопровода установлен кран шаровой КШ Ду100;
- внутри котельной на входе газопровода клапан-отсекатель, который поставляется комплектно с сигнализатором загазованности;
- на отпуске к котлам краны шаровые КШ Ду80;
- на продувочном газопроводе краны 11кч24п1 Ду25 и Ду20.

2.2 Оборудование газовой котельной

«9.2.2 Для котельных необходимо предусматривать сооружение одной дымовой трубы. Допускаются две трубы и более по результатам аэродинамических расчетов. Наиболее рационально подключение к одной трубе не более четырех котельных агрегатов. При количестве подключаемых котлов свыше трех и диаметре выходного отверстия дымовой трубы 3,6 м и более следует предусматривать многоствольную дымовую трубу. В котельной, в которой установлены котлы с наддувным горелочным устройством, необходима либо установка индивидуальной дымовой трубы для каждого индивидуального ствола, либо конструирование общей трубы с разделительными вставками-рассечками для исключения взаимного динамического влияния потоков дымовых газов.» [13]

В соответствии с этим на рисунке 24 представлены дымовые трубы в количестве 3 шт (по одной на каждый котел).

«10.1.4 При установке котлов с индивидуальными питательными насосами питательные трубопроводы следует предусматривать одинарными.» [13]

Компоновка оборудования представлена на рисунке 24, 25, 27.

«10.2.6 Водогрейные котлы теплопроизводительностью свыше 0,4 МВт оборудуют не менее чем двумя предохранительными клапанами с минимальным диаметром каждого 40 мм. Диаметры всех устанавливаемых клапанов должны быть одинаковыми.» [13]

Выбранные предохранительные клапаны занесены в таблицу 7.

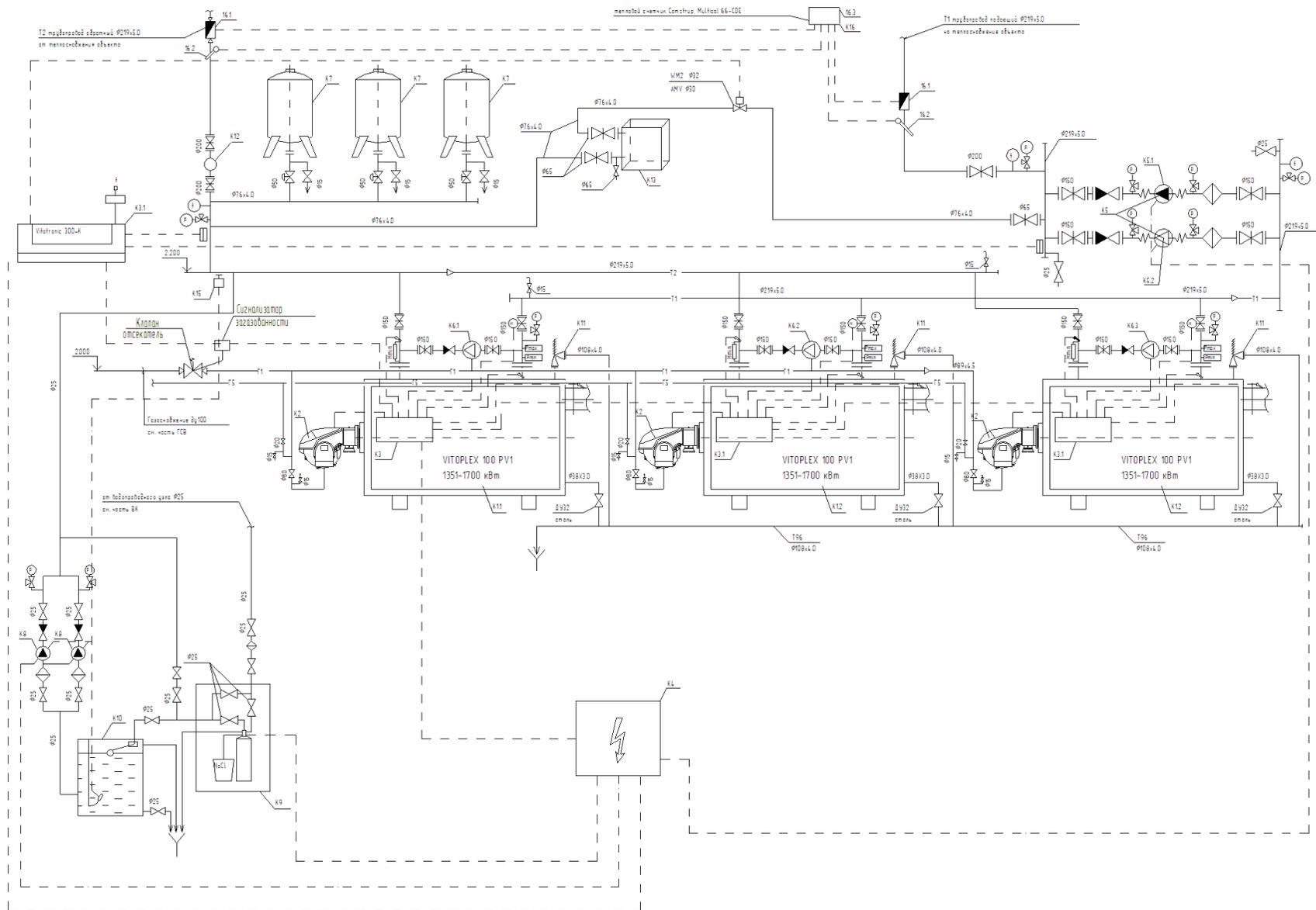


Рисунок 23 – Тепловая схема газовой котельной

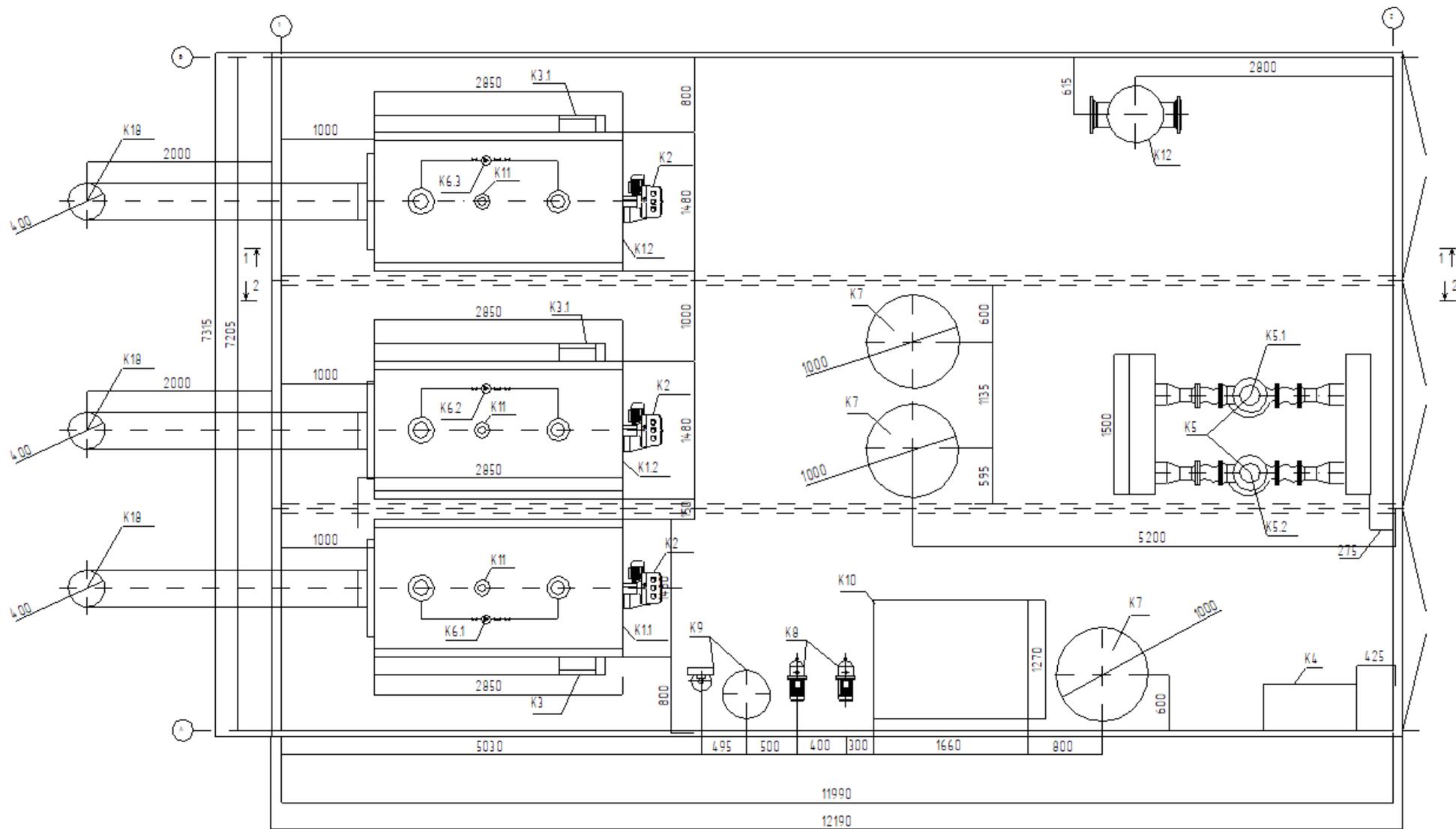


Рисунок 24 – Компоновка оборудования газовой котельной

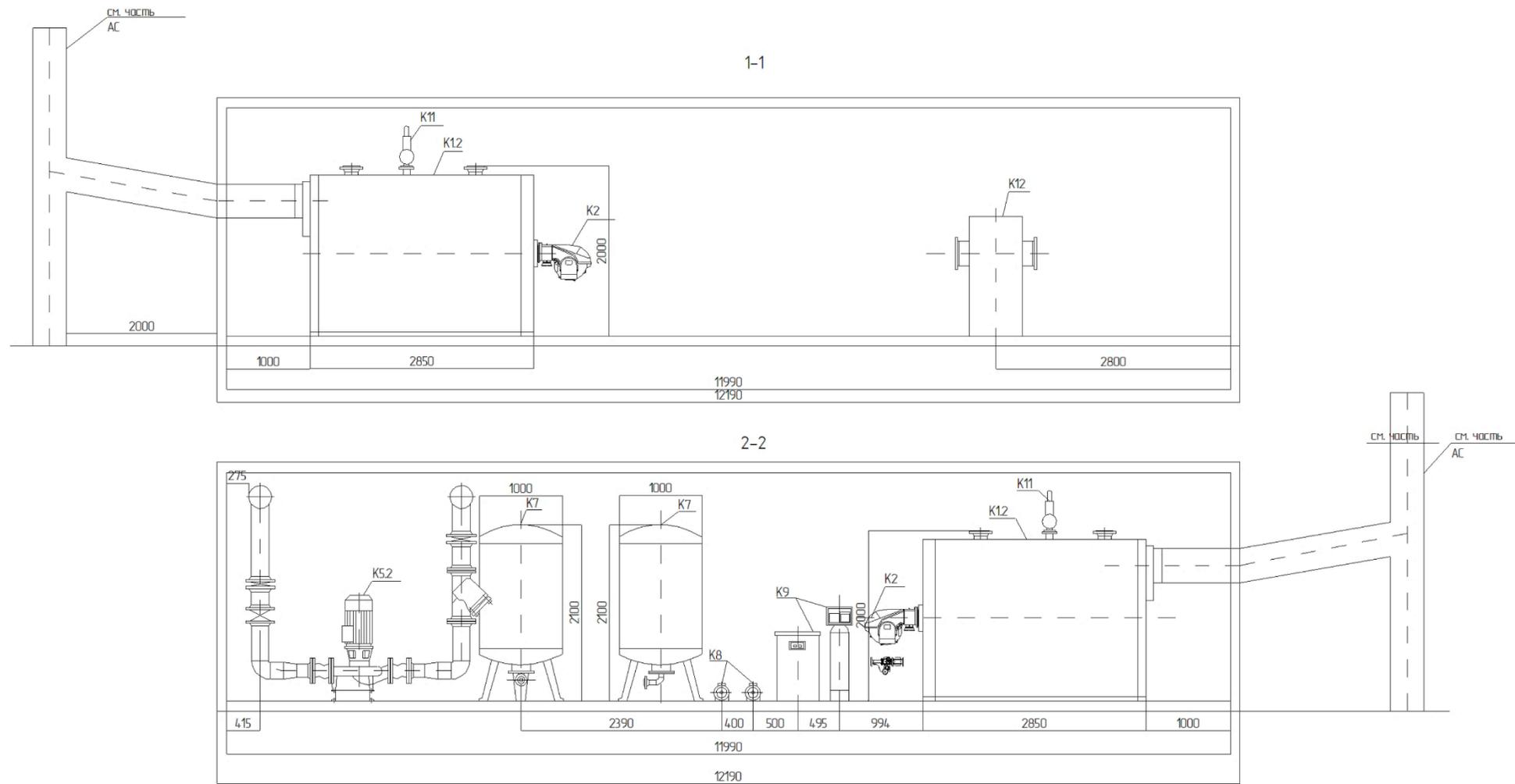


Рисунок 25 – Компонировка оборудования газовой котельной (разрезы 1-1, 2-2)

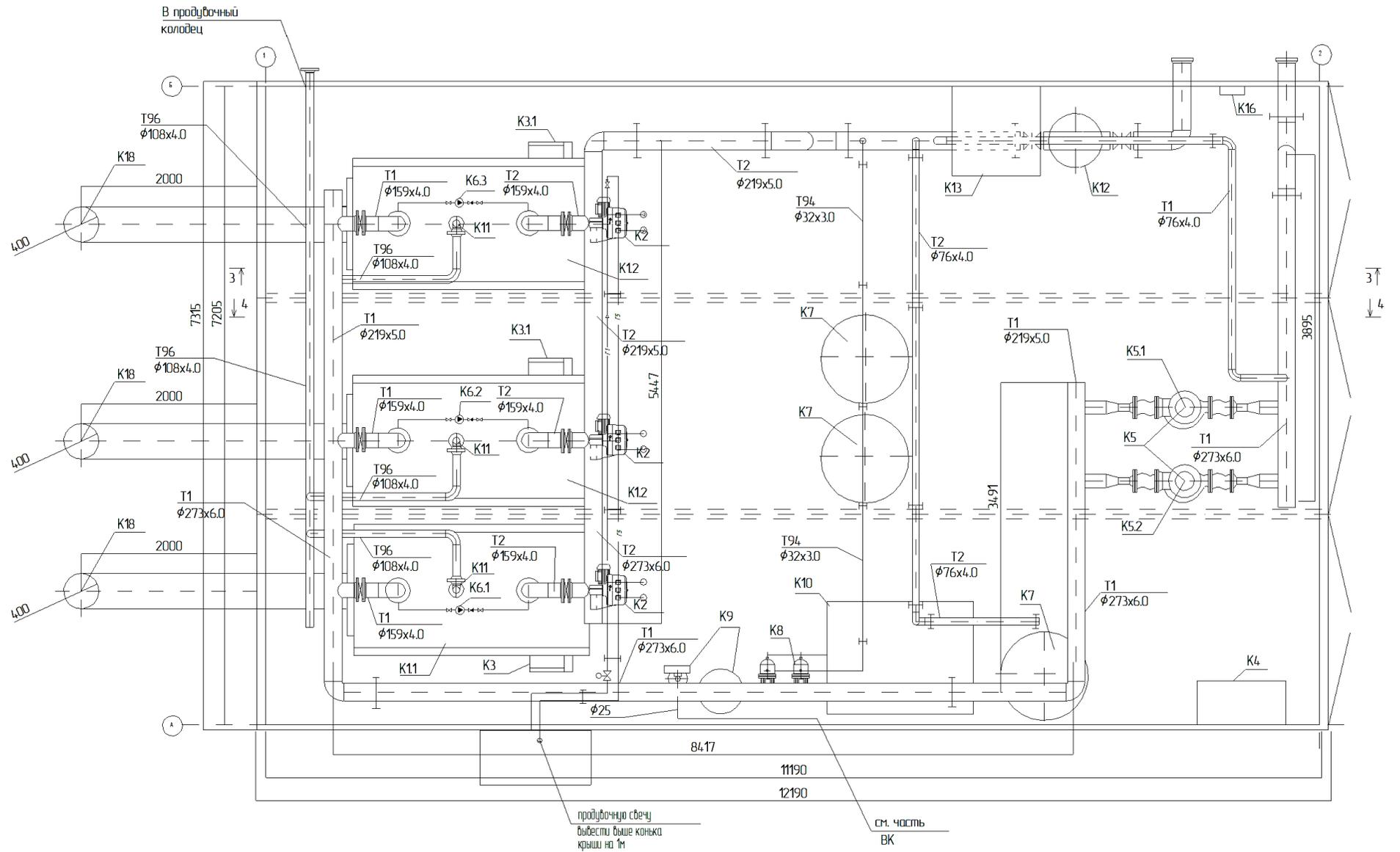


Рисунок 26 – Система трубопроводов газовой котельной

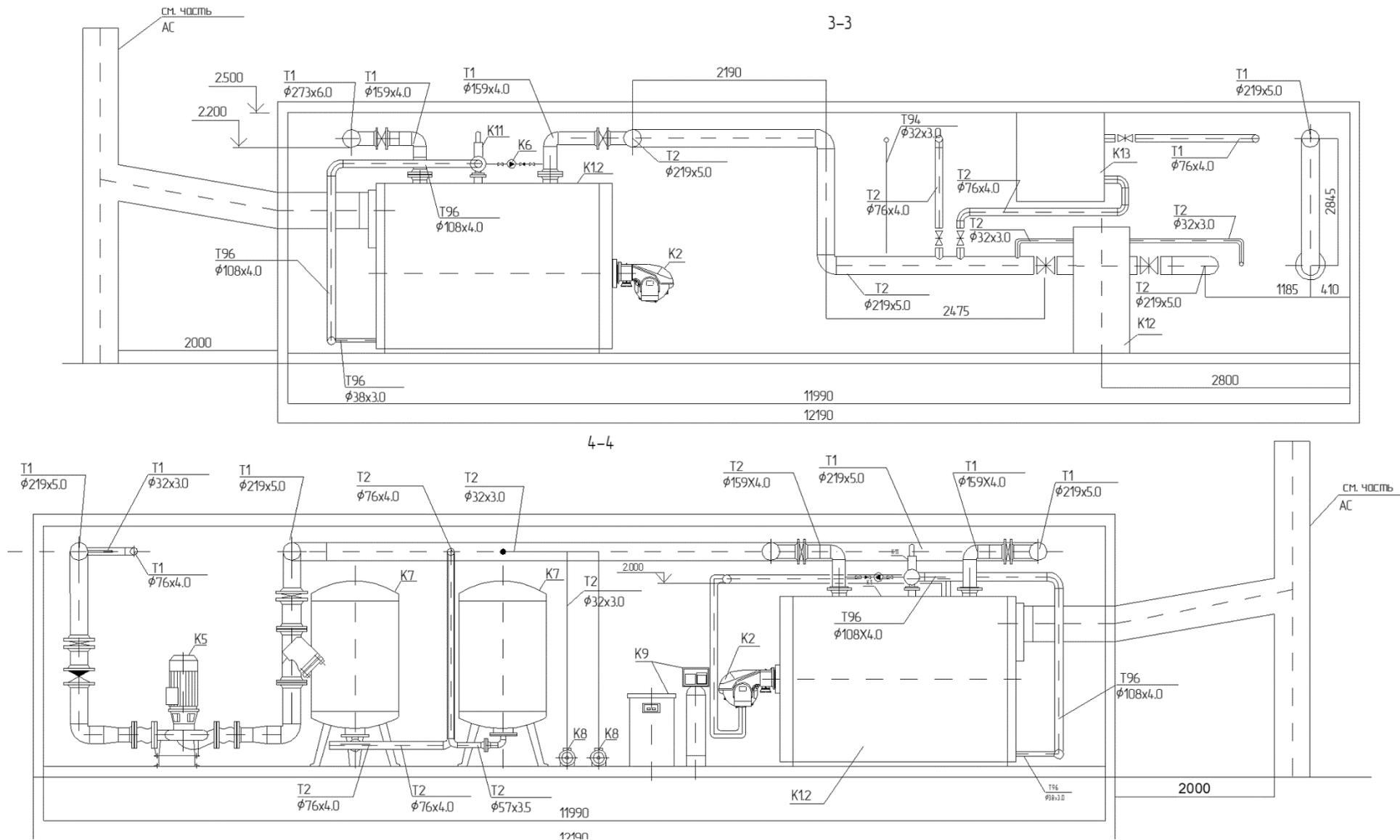


Рисунок 27 – Компонка оборудования газовой котельной (разрезы 3-3, 4-4)

2.3 Расчет теплоизоляции

Расчет теплоизоляции воздухопроводов будем проводить приближенно согласно методики В.2 СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Проведем выбор теплоизоляционного материала.

«4.1 Теплоизоляционная конструкция должна обеспечивать параметры теплохолодоносителя при эксплуатации, нормативный уровень тепловых потерь оборудованием и трубопроводами, безопасную для человека температуру их наружных поверхностей.

4.2 Конструкции тепловой изоляции трубопроводов и оборудования должны отвечать требованиям:

энергоэффективности - иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации;

эксплуатационной надежности и долговечности - выдерживать без снижения теплозащитных свойств и разрушения эксплуатационные температурные, механические, химические и другие воздействия в течение расчетного срока эксплуатации;

безопасности для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации и утилизации.

Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.» [16]

Рассмотрим такой материал, как минеральная вата. Представляет собой волокнистый утеплитель, который получают из минерального сырья. Минеральная вата является высокопористой (95% объема занято воздушными пустотами), следовательно она имеет высокий показатель тепловой изоляции.



Рисунок 28 – Классификация минеральной ваты

Минеральная вата имеет ряд достоинств такие как, негорючесть, гигроскопичность, гашение шума, морозостойкость, стабильность физических и химических характеристик, длительный срок эксплуатации. Из недостатков ваты – требует пароизоляционной и гидроизоляционной пленки при монтаже, при попадании влаги теряет теплоизолирующие свойства. Последнее является критичным, поскольку при «холодной» теплоизоляции происходит образование конденсата на поверхности воздуховода, что приводит к преждевременному износу.

Пеностекло из преимуществ имеет высокую прочность, водостойкость, негорючесть, морозостойкость, легкое при механической обработке, практически неограниченный срок службы, но имеет недостаток – паронепроницаемость.

Пенополиуретан является одним из видов пластмасс. Представляет пенистую структуру с ячейками, также в составе присутствует газообразное вещество, которое составляет 85-90%. Газом наполнены множество маленьких ячеек, изолированных друг от друга. Оставшийся процент объема имеет твердую часть – тонкие стенки этих ячеек. Данный материал отлично удерживает тепло, практически не пропускает пар и воду, не поддается коррозии, прочные, способны выдерживать большой перепад температуры,

плохие погодные условия. Горючесть достаточно низкая, срок службы 30 лет.

В качестве теплоизоляционного слоя выберем прошивные маты ISOTEC Wired mat80.

«4.4 В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с положительной температурой в качестве обязательных элементов должны входить:

- теплоизоляционный слой;
- покровный слой;
- элементы крепления.» [16]

Расчет тепловой изоляции проведем с помощью калькулятора ISOTEC. Результаты автоматических расчетов по калькулятору ISOTEC приведены в приложении. Расчеты по теплоизоляции трубопроводов с температурой более +45°С производятся по аналогии.

2.4 Водоподготовка

Для того, чтобы снизить негативное воздействие, возникающее от воды, непрошедшей ХВО, необходимо удалять шлам с сетчатых фильтров обратной промывки, железо с фильтров каталитического действия, смягчать воду (метод ионного обмена), исключать соли с применением фильтров обратного осмоса.

Длительный срок службы металлических компонентов котельных определяется в большей мере сохранением(созданием) защитного слоя на поверхности металлических корпусов, трубопроводов, арматуры. Такой слой размывается по причине протекания различных физико-химических процессов.

Для проектирования системы водоподготовки водогрейной котельной используют значения: мощности котельной и параметры режима работы; расход подпиточной воды; жесткость воды, поступающей для дальнейшей

обработки данной системой; состав воды, а также pH. Требования к качеству воды также зависят от системы теплоснабжения (открытая, закрытая).

Схема системы водоподготовки приведена на рисунке 29.

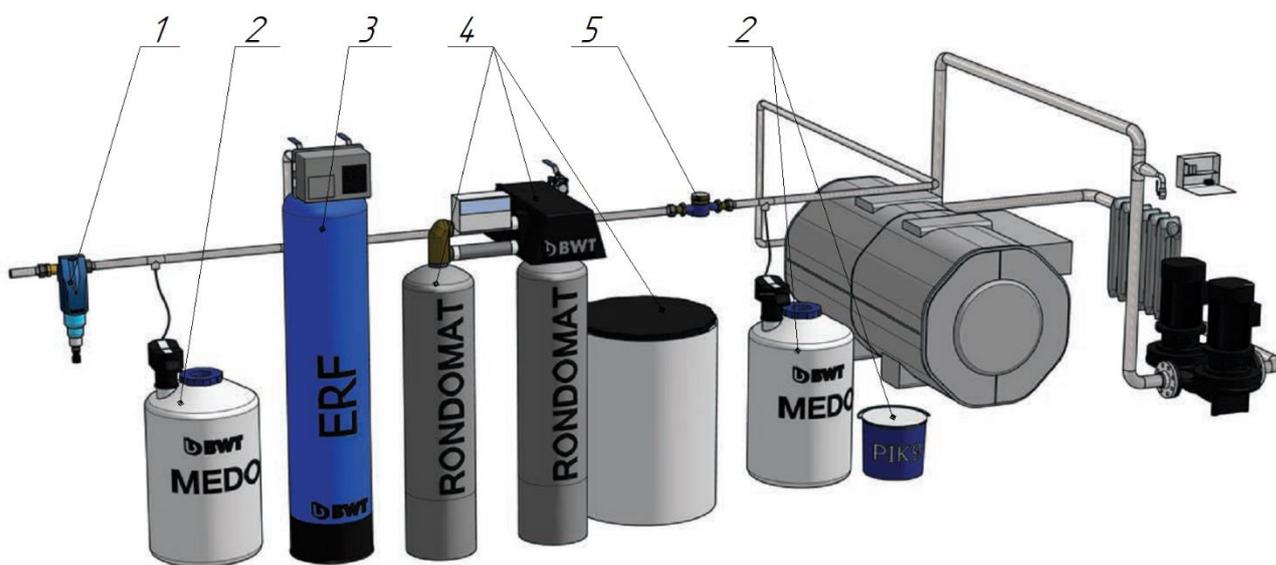


Рисунок 29 – Система водоподготовки для водогрейной котельной

Состав оборудования данной системы:

- 1) Защитный фильтр с обратной промывкой Infinity A 1" (очистка от механических примесей);
- 2) Дозирующая станция Medomat FP60 (подача окислителя по сигналу счетчика воды, поддерживает требуемый pH и уровень кислорода);
- 3) Фильтр с каталитической загрузкой ERF 27/18 MTM (2 и 3 в совокупности необходима для обезжелезивания);
- 4) Ступень умягчения GENO-mat ZF 65 G=2,0 м3/ч (поскольку котел работает круглые сутки, то применяется система непрерывного действия);
- 5) КИП (контролирует жесткость воды).

«11.29 В котельных для открытых систем теплоснабжения и для установок централизованных систем горячего водоснабжения, водоподогреватели которых выбраны по расчетным средним часовым нагрузкам, следует предусматривать баки-аккумуляторы горячей воды, а для

закрытых систем теплоснабжения - баки запаса подготовленной подпиточной воды.» [13]

В соответствии с этим был проведен выбор подпиточного бака по [9], который был занесен в таблицу 7.

2.5 Автоматизация газовой котельной

Для того, чтобы исключить круглосуточное присутствие персонала по эксплуатации газовой котельной, но при этом поддерживать её надежность работы и экономичность, требуется оснащать её средствами автоматики.

Чтобы подобрать оборудование для автоматики газовой котельной необходимо использовать требования нормативно-технической документации, а именно:

«8.20 Все горелки вновь вводимых и реконструируемых котлов должны быть оснащены запально-защитными устройствами (ЗЗУ).» [13]

«Для управления работой котлов и обеспечения безопасных режимов эксплуатации они должны быть оснащены:

устройствами, предохраняющими от повышения давления (предохранительными устройствами);

указателями уровня воды;

манометрами;

приборами для измерения температуры среды;

запорной и регулирующей арматурой;

приборами безопасности и сигнализации.» [13]

«15.1 В проектах котельных необходимо предусматривать защиту оборудования (автоматику безопасности), сигнализацию, автоматическое регулирование, контроль, входящие в автоматизированную систему управления технологическими процессами котельной (АСУ ТП).» [13]

«15.9 Для водогрейных котлов при сжигании газообразного и жидкого топлива следует предусматривать устройства, автоматически прекращающие подачу топлива к горелкам при:

при повышении или понижении давления газообразного топлива перед горелками;

понижении давления жидкого топлива перед горелками за регулирующей арматурой;

понижении давления воздуха перед горелками с принудительной подачей воздуха;

уменьшении разрежения и(или) повышения давления в топке;

погасании факелов горелок, отключение которых при работе котла не допускается;

повышении температуры воды на выходе из котла;

повышении или понижении давления воды на выходе из котла;

уменьшении установленного наименьшего расхода воды через котел;

остановке ротора форсунки;

неисправности цепей защиты.» [13]

Исходя из вышесказанного, системы контроля и автоматики газовой котельной содержат в себе (на один котел):

- Шкаф КИПиА;
- Контроллер котла;
- Измеритель давления газа после ГРУ;
- Датчик контроля герметичности клапаном (2 шт);
- Измеритель давления газа перед горелкой (2 шт);
- Измеритель давления воздуха для регулятора;
- Измеритель давления воздуха перед горелкой для защиты (2 шт);
- Измеритель разрежения в топке;
- Измеритель уровня;
- Индикатор положения механизма исполнительного электрического МЭО и/или ЧРП (4/5 шт);
- Датчик-реле пламени горелки (2 шт);
- Датчик-реле пламени запальника (2 шт);

- Трансформатор розжига (2 шт);
- Термопреобразователь Т дымовых газов;
- Термопреобразователь Т после экономайзера;
- Датчик уровня воды в барабане (2 шт);
- Датчик давления пара для регулирования;
- Манометр электроконтактный (Р пара);
- Манометр электроконтактный (Р ж/т);
- ЗИГ.

Используя каталог [17] получаем цену с учетом НДС 209600 руб.

2.6 Насосные установки

Число насосов подпитки должно быть не менее двух, один из которых – резервный. Сетевых насосов также, как и насосов подпитки должно быть не менее двух, один из которых – резервный. [9]

Основные параметры, по которым выбирают насосы различного назначения во всех системах отопления [18]:

- Производительность. Параметр, показывающий объем жидкости, проходящий в течение часа работы.
- Напор. Параметр, который определяет максимальную высоту подъема столба жидкости.
- Размеры присоединения. Параметр, который определяется исходя из диаметра трубопровода, к которому будет подключаться насосная установка, а также исходя из длины корпуса насосной установки.
- Температура перекачиваемой жидкости. Параметр, который показывает максимальную температуру теплоносителя, перекачиваемого насосной установкой.
- Давление. Параметр, отвечающий за поддержание необходимого гидравлического режима. [19]

– Потребляемая мощность. Электрическая мощность, которую потребляет насос для перекачивания жидкой среды. [20]

Для замены существующих насосов определим энергоэффективные аналоги и представим их характеристики в таблицах 2 (сетевой насос), 3 (циркуляционный насос), 4 (насос подпитки).

Таблица 2 – Характеристики насоса сетевого Wilo IL 65/210 [21]

Наименование параметра насоса	Единица измерения	Значение
Давление	бар	16
Максимальная температура перекачиваемой жидкости	°С	140
Минимальная температура перекачиваемой жидкости	°С	-20
Потребляемая мощность	кВт	18,5
Номинальный ток	А	33,4
Класс защиты	-	IP55
Присоединительный размер	мм	DN65
Производительность	м ³ /ч	88
Напор	м	55

Таблица 3 – Характеристики насоса циркуляционного Wilo TOP-S 65/10 [22]

Наименование параметра насоса	Единица измерения	Значение
Давление	бар	10
Максимальная температура перекачиваемой жидкости	°С	130
Минимальная температура перекачиваемой жидкости	°С	-20
Потребляемая мощность	кВт	0,845
Номинальный ток	А	1,67

Продолжение таблицы 3

Класс защиты	-	IPX4D
Монтажная длина	мм	340
Присоединительный размер	мм	DN65
Производительность	м ³ /ч	26
Напор	м	2

Таблица 4 – Характеристики насоса подпитки МНІ 206 [23]

Наименование параметра насоса	Единица измерения	Значение
Давление на входе	бар	6
Рабочее давление	бар	10
Максимальная температура перекачиваемой жидкости	°С	110
Минимальная температура перекачиваемой жидкости	°С	-15
Потребляемая мощность	кВт	11
Номинальный ток	А	2,8
Класс защиты	-	IP54
Монтажная длина	мм	340
Присоединительный размер	мм	DN65
Производительность	м ³ /ч	2
Напор	м	56

Выводы по второму разделу

1) Проанализировано состояние существующей газовой котельной, ее параметры, собраны данные о существующем оборудовании;

2) Проведен расчет тепловой изоляции. Выбран теплоизоляционный материал (ISOTEC Wired mat80), рассчитана толщина (100 мм), а также подобраны вспомогательные материалы для проведения данного мероприятия (приложение А);

3) Проведен выбор оборудования для водоподготовки. Составлена схема расстановки оборудования фильтрации и химводоподготовки. Выбрано соответствующее оборудование: Ступень умягчения GENO-mat ZF 65 G=2,0 м³/ч; фильтр обезжелезивания ERF 27/18 MTM; дозирующая станция Medomat FP60; защитный фильтр с обратной промывкой Infinity A 1".

4) Рассмотрен вопрос автоматизации газовой котельной. Выбрано необходимое оборудование, определена общая стоимость затрат на приобретение данного оборудования по каталожным данным, которая составляет 209 600 руб.

5) Выбрано насосное оборудование для водогрейных котлов для замены устаревших и не энергоэффективных насосов (циркуляционные насосы, насосы подпитки, сетевые насосы по основным параметрам). В качестве циркуляционного насоса был выбран Wilo TOP-S 65/10, сетевого – Wilo IL 65/210, подпиточного – МНН 206.

3 Технико-экономическое обоснование применяемых мероприятий

3.1 Теплоизоляция

Расчет окупаемости тепловой изоляции производился по калькулятору ISOTEC. В ходе расчетов было вычислено, что срок окупаемости составляет 4 месяца. Подробные расчеты приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет окупаемости теплоизоляции дымовых труб

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Значение
1	Цена материала изоляции	руб/м ³	5586
2	Объем заказа теплоизоляции	м ³	1
3	Стоимость тепловой изоляции	руб	8016
4	Цена монтажных работ	руб/м	150
5	Длина трубопровода	м	7
6	Стоимость монтажных работ	руб	1050
7	Стоимость заказа покрытия	руб/м ²	300
8	Объем покрытия	м ²	17
9	Стоимость покрытия	руб	5038
10	Затраты на утепление	руб	14105
11	Стоимость тепловой энергии	руб/кВтч	0,6
12	Годовой фонд рабочего времени	ч	2000
13	Теплопотери изолированного трубопровода	Вт/м	162
14	Теплопотери неизолированного трубопровода	Вт/м	5779
15	Снижение энергозатрат	руб	47181
16	Срок окупаемости	лет	0,3

Расчет приведен для одной дымовой трубы. В газовой котельной их установлено 3 штуки, по одной дымовой трубе на газовый котел. Теплоизоляция трубопроводов с температурой более +45°С производится по аналогии.

3.2 Модернизация газовой котельной

Затраты на модернизацию котельной рассчитываются исходя из суммарных затрат на проектирование, демонтаж старого оборудования,

покупку нового оборудования, его доставку до места установки, а также затрат на его монтаж в котельной.

«8.3 За выбор конструкции и материалов котлов, вспомогательного оборудования и их элементов, расчет на прочность, качество изготовления отвечает завод-изготовитель, за правильность применения, качества монтажа, наладки и ремонта, а также за соответствие их стандартам отвечает организация (предприятие), выполнявшая соответствующие виды работ и имеющая соответствующие допуски саморегулируемой организации (СРО). Все изменения проекта, необходимость в которых возникла в процессе ремонта или наладки, должны быть согласованы с проектной организацией» [13].

Исходя из этого, определим стоимость проведения проектных работ. Приблизительная стоимость работы проектной организации составляет 300 тыс. рублей.

Проведем выбор водогрейных котлов для котельной. В газовую котельную установим 3 водогрейных котла VITOPLEX 100 PV1, характеристики которого приведены в таблице 6.

Теперь проведем расчет стоимости оборудования газовой котельной и занесем эти данные в таблицу 7.

Таблица 6 – Технические данные водогрейного котла VITOPLEX 100 PV1 [24]

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Величина
1	Номинальная тепловая мощность	МВт (Гкал/час)	1,700 (1,462)
2	Допустимое избыточное давление	кгс/см ²	6
3	Температура уходящих газов	°С	215
4	КПД котла	%	92
5	Расход газа	кг/нм ³	180
6	Общая масса без воды	кг	2920
7	Диаметр камеры сгорания	мм	950
8	Длина камеры сгорания	мм	2110

Таблица 7 – Расчетная стоимость работ

Поз. на схеме	Наименование	Кол-во	Стоимость оборудования тыс.руб/ед.	Стоимость монтажа и демонтажа, тыс.руб/ед.	Транспортные расходы, тыс.руб/ед.	Общая стоимость, тыс.руб	Масса, кг/ед.
1	2	3	4	5	6	7	8
К1, К1.2	Котел водогрейный Viessmann Vitoplex 100 mun PV1 (1351-1700 кВт)	3	650	162,5	65	2437,5	2920
К2	Горелка газовая Riello RL190, 5,5 кВт, 230-400 В	3	200	50	20	750	75
К3	Контроллер Vitotronic 300-K mun MW1	1	90	22,5	9	112,5	
К3.1	Контроллер Vitotronic 100 mun GC1	2	70	17,5	7	175	
К4	Шкаф общестанционный	1	20	5	2	25	
К5	Насос сетевой Wilo IL 65/210-18,5/2 G=88м ³ /ч, H=55м, P=18,5 кВт, P=10 бар 3ф	2	200	50	20	500	158
К6	Насос циркуляции котловой Wilo TOP-S 65/10 P _y =10 бар, G=26м ³ /ч, H=2,0м, P=0,881 кВт	2	55	13,75	5,5	137,5	25,5
К7	Бак расширительный G1200 V=1200л, T _{max} =120°C, P _y =6 бар	3	370	92,5	37	1387,5	103
К8	Насос подпитки MHI 206, P _y =10 бар, G=2,0м ³ /ч, H=56м, P=11кВт	2	60	15	6	150	16
К9	Установка умягчения воды GENO-mat ZF 65 G=2,0 м ³ /ч	1	40	6	4	50	65
	Защитный фильтр с обратной промывкой Infinity A 1"	1	40	6	4	50	65

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7	8
	Дозирующая станция Medomat FP60	1	40	6	4	50	65
	Фильтр обезжелезивания ERF 27/18 МТМ	1	40	6	4	50	65
К10	Бак подпиточный ELBI V=2м3 (пластиковый)	1	10	2,5	1	12,5	61,5
К11	Клапан предохранительный ARI-SAFE Ду65/100, Ру=6 бар	6	140	35	14	525	
К12	Грязевик ТС-567.00.000-01 Ду200	1	100	25	10	125	351
К13	Приточная установка в комплекте LH100 тип 3 0,45 кВт 230-400 В	1	50	12,5	5	62,5	84
К14	Газовая рампа GRK-P 20/E2 DK	3	20	5	2	75	
К15	Реле давления 1-бар	1	2	0,5	0,2	2,5	
К16	Тепловой счетчик Samstrup Multical 66-CDE 80м3/ч, Ду80	1	30	7,5	3	37,5	
16.1	Расходомер ультразвуковой Samstrup Ultraflow с номинальным расходом 16,8 т/час	2	90	22,5	9	225	
16.2	Термопреобразователь PT500	2	4	1	0,4	10	
16.3	Тепловычислитель Multical 66-CDE	1	100	25	10	125	
18	Дымовая труба Ø426x5,0 l=7,5 м	3	30	7,5	3	112,5	
	Итого:		5750	1437,5	575	7187,5	3958

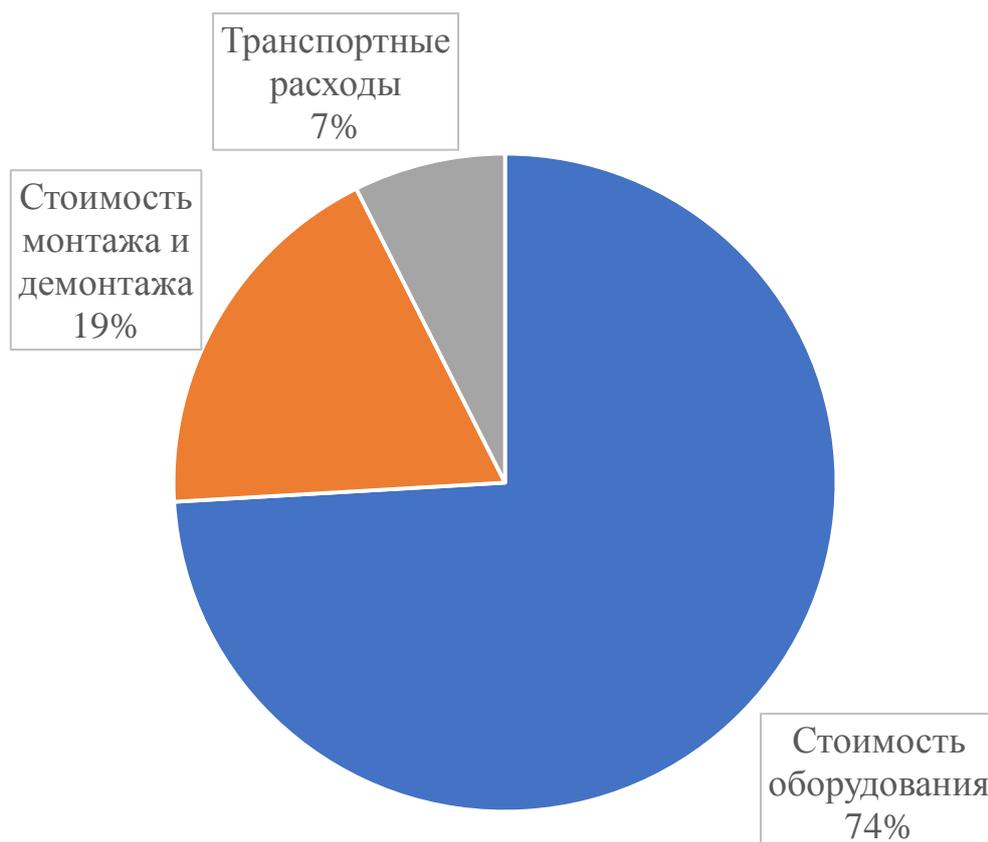


Рисунок 30 – Распределение затрат на модернизацию газовой котельной

«При отсутствии данных по фактическим объемам воды допускается принимать его равным 65 м³ на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения» [9].

Исходя из этого, произведем перерасчет расхода воды и занесем полученное значение в таблицу 8. В данной таблице проведем дальнейшие расчеты затрат на обслуживание модернизированной котельной.

Таблица 8 – Расчет затрат на обслуживание новой котельной

Наименование статьи затрат	Ед. измер.	Формула	Значение
Расход топлива (газ)	млн. м ³ /год	В	2,19
Тариф на газ	руб/м ³	Цг	7,48
Затраты на газ	тыс. руб/год	Иг	16381,20
Расходы на воду	тыс. м ³ /год	G	162,5
Тариф на воду	руб/м ³	Цв	22,22
Затраты на сырую воду	тыс. руб/год	Ив	3610,75

Продолжение таблицы 8

Наименование статьи затрат	Ед. измер.	Формула	Значение
Заработная плата рабочих ответственных за эксплуатацию, включая социальные отчисления	тыс. руб/год	Годовой фонд	2000
Затраты на текущий ремонт (1% стоимости оборудования), амортизацию (10% стоимости оборудования)	тыс. руб/год	Иа	632,50
Цеховые и производственные расходы (25% стоимости оборудования)	тыс. руб/год	Ипр	1437,50
Итого затрат	тыс. руб/год	Иобщ	24061,95

Далее занесем данные по распределению расходов тепла в таблицу 9.

Таблица 9 – Характеристика тепловых потоков

Наименование статьи расхода тепла, кВт/ккал/час	Потребитель	Котельная	Итого
Отопление	890 / 765,4		890 / 765,4
Вентиляция	876 / 753,36		876 / 753,36
Горячее водоснабжение	130 / 111,8		130 / 111,8
Технологические нужды		21,21 / 19,24	21,21 / 19,24
Общий	1896 / 1631	21,21 / 19,24	2500 / 2150

Расчетная температура наружного воздуха для расчета тепловых потоков принята 30°C.

Далее проведем расчет стоимости заменяемого оборудования существующей газовой котельной и занесем в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчет стоимости оборудования существующей газовой котельной

Наименование	Кол-во	Стоимость оборудования тыс.руб/ед.	Общая стоимость, тыс.руб	Масса, кг
1	2	3	4	5
Котел газовый	3	780	2340	8760
Горелка газовая	3	240	720	225
Шкаф общестанционный	1	24	24	

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
Насос сетевой	2	240	480	316
Насос циркуляции котловой	2	66	132	51
Бак расширительный	3	444	1332	309
Насос подпитки	2	72	144	32
Установка умягчения воды	1	192	192	255
Бак подпиточный	1	12	12	61,5
Клапан предохранительный	3	168	504	
Грязевик	1	120	120	
Приточная установка	1	60	60	
Газовая рампа	3	24	72	
Реле давления 1-бар	1	2,4	2,4	
Тепловой счетчик	1	36	36	
Расходомер ультразвуковой	2	108	216	
Термопреобразователь	2	4,8	9,6	
Тепловычислитель	1	120	120	
Дымовая труба	3	36	108	
Итого:			6624	10009,5

Проведем расчет затрат существующей газовой котельной и занесем их в таблицу 11.

Таблица 11 – Расчет текущих затрат существующей газовой котельной

Наименование статьи затрат	Единица измерения	Формула	Значение
Расход топлива (газ)	млн. м3/год	В	3,285
Тариф на газ	руб/м3	Цг	7,48
Затраты на газ	тыс. руб/год	Иг	24571,80
Расходы на воду	тыс. м3/год	Г	211,25
Тариф на воду	руб/м3	Цв	22,22
Затраты на сырую воду	тыс. руб/год	Ив	4693,98
Заработная плата рабочих ответственных за эксплуатацию, включая социальные отчисления	тыс. руб/год	Годовой фонд	2000
Затраты на текущий ремонт (1% стоимости оборудования), амортизацию (10% стоимости оборудования)	тыс. руб/год	Иа	728,64
Цеховые и производственные расходы (25% стоимости оборудования)	тыс. руб/год	Ипр	1656
Итого затрат	тыс. руб/год	Иобщ	33650,42

Капитальные затраты на модернизацию котельной рассчитаем по следующей формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{об}} + K_{\text{м/д}} + K_{\text{трансп}} - K_{\text{утил}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{об}}$ – затраты на закупку оборудования, тыс. руб.;

$K_{\text{м/д}}$ – затраты на монтаж и демонтаж оборудования, тыс. руб.;

$K_{\text{трансп}}$ – транспортные расходы, тыс. руб.;

$K_{\text{утил}}$ – компенсация полученные со сдачи старого оборудования на металлолом, тыс. руб. ($K_{\text{утил}} = \lambda m$, где λ – стоимость 1 кг чермета (11 руб/кг), m – масса оборудования для утилизации, т);

$K_{\text{проект}}$ – транспортные расходы, тыс. руб.

Отсюда по формуле (1) получаем:

$$K = 300 + 5750 + 1437,5 + 575 - 11 \cdot 10 = 7952,5 \text{ тыс. руб}$$

Распределение капиталовложение на модернизацию представлено на рисунке 31.

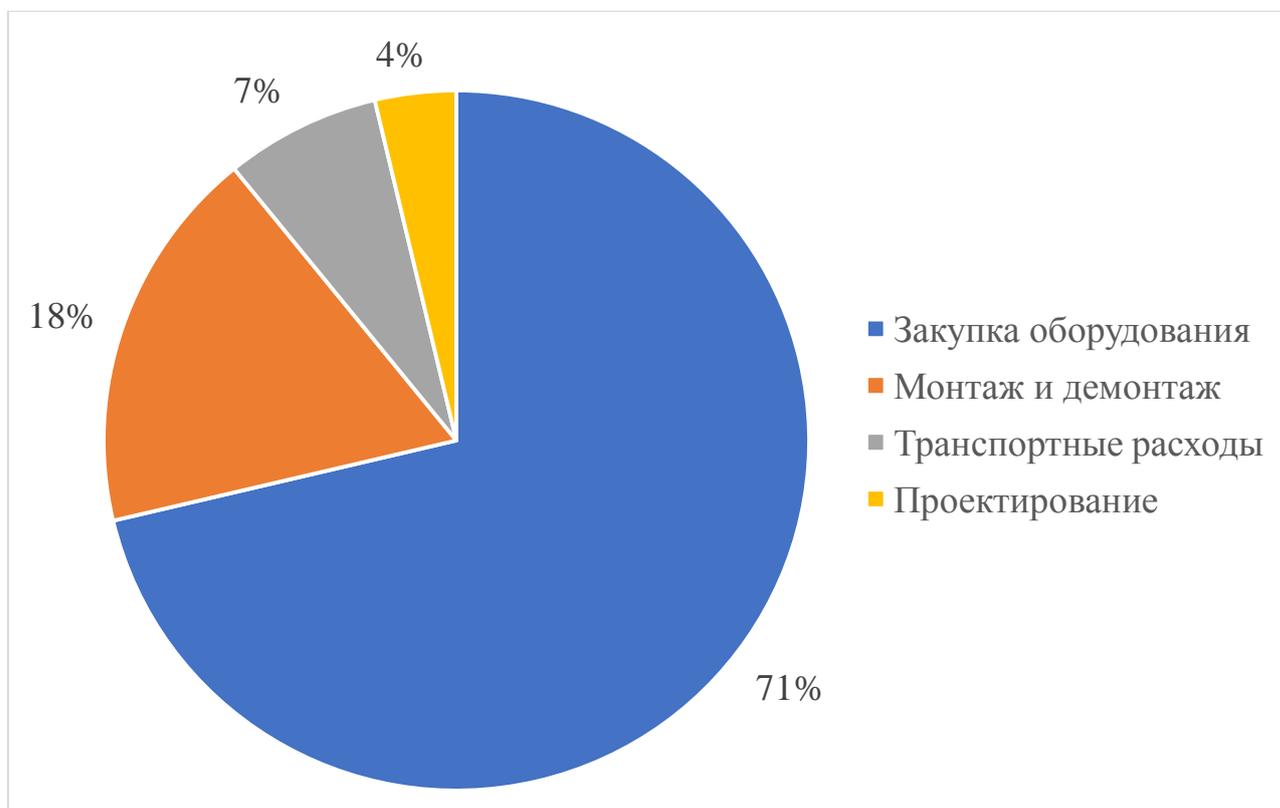


Рисунок 31 – График распределения капитальных затрат на модернизацию

Проведем расчет срока окупаемости газовой котельной по следующей формуле:

$$T = \frac{K}{I_2 - I_1}, \quad (2)$$

где I_2 – издержки модернизированной котельной, тыс. руб.;

I_1 – издержки существующей котельной, тыс. руб.

Отсюда получаем:

$$T = \frac{7952,50}{33650,42 - 24061,95} = 0,83 \text{ лет} \approx 10 \text{ мес.}$$

Исходя из полученного срока окупаемости можно сделать вывод о том, что данный срок, составляющий 10 месяцев, является благоприятным, так как он не превышает 5 лет [25].

3.3 Выводы по третьему разделу

Проведен расчет стоимости модернизации газовой котельной (замена котлов, насосных агрегатов, арматуры, оборудования фильтрации и химподготовки воды, замена средств контроля, учета и автоматического регулирования режима работы).

Исходя из расчетов, представленных таблицы 8 и 10, газовая котельная после модернизации является более энергоэффективной, чем существующая газовая котельная. За счет того, что модернизированная котельная расходует меньше газа и сырой воды, следовательно данная котельная имеет меньше финансовых затрат на получение горячей воды и теплоносителя. По результатам расчетов было получено, что срок окупаемости замены оборудования газовой котельной составляет 10 месяцев.

Проведен технико-экономический расчет монтажа тепловой изоляции. Поскольку сопротивление теплопередачи трубопроводов увеличилось за счет монтажа тепловой изоляции, то при прохождении горячей воды и теплоносителя по трубопроводам теряется меньше тепловой энергии, что приводит к экономии финансовых средств на энергоресурсы. В ходе расчетов было получено, что срок окупаемости тепловой изоляции составляет 4 месяца.

Исходя из полученных сроков окупаемости данных мероприятий можно сделать вывод о том, что сроки окупаемости мероприятий по модернизации газовой котельной являются благоприятными, поскольку они не превышают срок окупаемости, который составляет 5 лет.

Заключение

В ходе работы, мы выяснили, что основными путями энергосбережения являются: использование и внедрение актуальных норм, правил проектирования для эксплуатации котельных, повышение энергетической эффективности путем введения новейших решений и технологий.

Комплексное проведение энергосберегающих мероприятий позволяет получить наиболее крупную экономию, как в энергетическом эквиваленте, так и в экономическом, учитывая постоянно растущие цены на энергоносители.

В следствие этого мы провели исследование текущего состояние объекта исследования (водогрейной газовой котельной 2,5МВт), рассмотрели план котельной и тепловую схему. На основании данного исследования были применены следующие энергосберегающие мероприятия:

1) Проведена замена оборудования газовой котельной. Замена водогрейных котлов в следствие низких показателей энергоэффективности, замена трубопроводной арматуры по причине физического износа с соблюдением требований нормативно-технической документации.

2) Для управления работой котлов и обеспечения безопасных режимов эксплуатации была проведена автоматизация газовой котельной путем замены указателей уровня воды, манометров, термометров, запорной и регулирующей арматурой, приборов безопасности и сигнализации и других предохранительных устройств.

3) Проведена замена насосного оборудования котельной (замена циркуляционных, сетевых насосов, а также насосов подпитки) по причине низкой энергетической эффективности. Насосное оборудование модернизированной водогрейной котельной работает от частотно-регулируемых электроприводов.

4) Проведена замена оборудования системы водоподготовки для повышения стабильности работы газовой котельной. (защитного фильтра с

обратной промывкой, ступени обезжелезивания, ступени умягчения, ступени дозирования, КИП).

5) Проведение тепловой изоляции трубопроводов и дымовых труб с помощью прошивных матов для повышения теплового сопротивления, что приводит к снижению тепловых потерь. Снижение тепловых потерь позволяет повысить энергетическую эффективность и снизить финансовые издержки.

Далее было проведено технико-экономическое обоснование данных мероприятий и рассчитан срок окупаемости данных мероприятий.

Научная новизна данной работы состоит в том, что в данной работе были применены современные методики по энергосбережению газовой котельной, которые объединены и применены в одном объекте исследования.

Капитальные затраты на замену оборудования газовой котельной (затраты на проектирование, закупку оборудования, транспортировку, демонтаж и утилизация устаревшего оборудования, и монтаж нового оборудования) составили около 8 млн. руб., а срок окупаемости данного мероприятия составил около 10 месяцев. При проведении тепловой изоляции, срок окупаемости данного мероприятия составит 4 месяца. Данные мероприятия имеют хороший показатель окупаемости, поскольку срок окупаемости не превышает 5 лет.

Исходя из этого, практическая значимость работы состоит в том, что при использовании данных мероприятий можно снизить денежные издержки на энергоресурсы в газовых котельных, а также на обслуживание и эксплуатацию примерно на 30%.

Список используемой литературы и источников

1. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190/ (дата обращения: 15.03.2020).

2. Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. N 2446-р "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года" [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://www.energsovet.ru/nrb1450p1.html> (дата обращения: 15.03.2020).

3. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей : учеб. пособие. СПб. : НИУ ИТМО, 2013. 274 с.

4. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 23.11.2009 №261 (ред. от 26.01.2020). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 27.12.2019).

5. Оборудование котельных установок и принцип их работы [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://indclimat.ru/oborudovanie-kotelnyh-ustanovok-i-printsip-ih-raboty/> (дата обращения: 15.03.2020).

6. Использование частотно-регулируемого привода для насосов [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: https://knowledge.allbest.ru/physics/2c0b65635a3bc79b5d53a89421216c26_0.html (дата обращения: 15.03.2020).

7. Снижение потерь теплоснабжающей организации [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://ef-tech.ru/blog/45/> (дата обращения: 15.03.2020).

8. ГОСТ Р 50369-92. Электроприводы. Термины и определения [Электронный ресурс] : Государственный стандарт Российской Федерации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50369-92> (дата обращения: 15.03.2020).

9. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] : Строительные нормы и правила 41-02-2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095545/> (дата обращения: 15.03.2020).

10. Утепление дома. Актуальность проблемы. Цели и задачи [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://docplayer.ru/37949979-Uteplenie-doma-aktualnost-problemy-celi-i-zadachi.html> (дата обращения: 15.03.2020).

11. СТО 72746455-4.5.1-2015. Системы тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. [Электронный ресурс]: Техническое описание. Требования к проектированию, материалам, изделиям и конструкциям // Общество с ограниченной ответственностью «ТехноНИКОЛЬ — Строительные Системы». М., 2015. URL: https://nav.tn.ru/upload/iblock/887/STO_teplo_site.pdf (дата обращения: 15.03.2020).

12. Водоподготовка для паровых и водогрейных котельных [Электронный ресурс] // bwt.ru: Оборудование и технологии BWT. URL: <http://www.bwt.ru/old/pdf/cotel.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

13. СП 89.13330.2016. Котельные установки. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] : Строительные нормы и правила П-35-76. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054199/> (дата обращения: 15.03.2020).

14. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества [Электронный ресурс] : Государственный

стандарт Российской Федерации. URL:
<http://docs.cntd.ru/document/1200003120> (дата обращения: 15.03.2020).

15. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт. URL:
<http://docs.cntd.ru/document/1200001409/> (дата обращения: 15.03.2020).

16. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция [Электронный ресурс] : Строительные нормы и правила 41-03-2003 (с Изменением N 1). URL:
<http://docs.cntd.ru/document/1200091050/> (дата обращения: 15.03.2020).

17. Готовые решения автоматизации газового оборудования [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.pta-expo.ru/smarthouse/2010/doc/agava.pdf> (дата обращения: 15.03.2020).

18. Технические характеристики циркуляционных насосов для систем отопления [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL:
<https://kotel.guru/sistemy-otopleniya/cirkulyacionnye-nasosy/tehnicheskie-harakteristiki-cirkulyacionnyh-nasosov-dlya-sistem-otopleniya.html> (дата обращения: 15.03.2020).

19. Давление циркуляционного насоса [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: http://geonasos.ru/docs-view/?simple_blog_article_id=22 (дата обращения: 15.03.2020).

20. Циркуляционные насосы для систем отопления: технические характеристики и правила выбора [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <http://met-all.org/nasosy/nasos-tsirkulyatsionnyj-dlya-sistem-otopleniya-tehnicheskie-harakteristiki.html> (дата обращения: 15.03.2020).

21. Технический паспорт CronoLine-IL-E 65/210-18,5/2-R1 [Электронный ресурс] // Wilo.com: Официальный сайт компании. URL:
https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/series_finder/CronoLine-IL-E-65-210-18-5-2-R1_3733.html (дата обращения: 15.03.2020).

22. Технический паспорт TOP-S 65/10 (3~400/230 V, PN 6/10) [Электронный ресурс] // Wilo.com: Официальный сайт компании. URL: [https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/series_finder/TOP-S-65-10-\(3~400-230-V-PN-6-10\)_8585.html](https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/series_finder/TOP-S-65-10-(3~400-230-V-PN-6-10)_8585.html) (дата обращения: 15.03.2020).

23. Технический паспорт Economy MHI 206 (3~400 V, EPDM) [Электронный ресурс] // Wilo.com: Официальный сайт компании. URL: [https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/series_finder/Economy-MHI-206-\(3~400-V-EPDM\)_7350.html](https://wilo.com/ru/ru/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/series_finder/Economy-MHI-206-(3~400-V-EPDM)_7350.html) (дата обращения: 15.03.2020).

24. Технический паспорт Viessmann VITOPLEX 100 [Электронный ресурс] // Viessmann.ru: Официальный сайт компании. URL: <https://www.viessmann.ru/ru/zilye-zdania/gazovye-vodogrejnye-kotly/nizkotemperaturnye-gazovye-vodogrejnye-kotly/vitoplex-100.html> (дата обращения: 15.03.2020).

25. Срок окупаемости проекта: новый подход к расчету [Электронный ресурс] // интернет-сайт. URL: <https://www.fd.ru/articles/159098-srok-okupaemosti-proekta> (дата обращения: 15.03.2020).

26. Докукина В.А. «Автоматика погодного регулирования со смесительным клапаном» / «Молодежь. Наука. Общество» : Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция (Тольятти, 5 декабря 2018 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018. С.683-684.

27. Коровина В.А. «Выбор оптимального топлива для отопительной котельной» / «Студенческие Дни науки в ТГУ» : научно-практическая конференция (Тольятти, 1-30 апреля 2019 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019. С.181-182.

28. Коровина В.А. «Погодозависимое управление отоплением» / «Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019)» : V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов (Тольятти, 12-13 ноября 2019 года). Тольятти:

Изд-во ТГУ, 2019. С.85-86.

29. Byung-Lip Ahn, Ji-Woo Park, Seunghwan Yoo, Jonghun Kim, Seung-Bok Leigh and Cheol-Yong Jang. Savings in Cooling Energy with a Thermal Management System for LED Lighting in Office Buildings [Text] / Enrico Sciubba. - 2015. - PP. 1-14. - URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/8/7/6658/htm> (дата обращения: 27.12.2018).

30. Abdulhakim Amer A.Agl, Yousif M.Hamad, Tarek A.Hamad, John W.Sheffield. Study of energy recovery and power generation from alternative energy source [Text] / Missouri University of Science and Technology, Mechanical and Aerospace Engineering. - 2015. - PP. 1-7. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X14000227> (дата обращения: 27.12.2018).

31. H. S. Fernandes, M. B. Moura , P. C. Guadelupe, M. Z. Fortes, and N. C. Fernandes. Software to manage transformers using intelligent electronic device [Text] / Universidad Nacional de Colombia. - 2016. - PP. 1-5. - URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/48104> (дата обращения: 27.12.2018).

32. Valerio R.M. Lo Verso, Anna Pellegrino. Energy Saving Generated Through Automatic Lighting Control Systems According to the Estimation Method of the Standard EN 15193-1 [Text] / Journal of Daylighting. - 2019. - URL: <https://solarlits.com/jd/6-131> (дата обращения: 27.12.2019).

33. Binbin Zhao, Yang Chen, Yuhan Lei. Energy-saving House based on the Healthy-Housing theory in Sanjiangyuan, Qinghai [Text] / E3S Web of Conferences. - 2019. - PP. 1-4. - URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/62/e3sconf_icbte2019_03028.pdf (дата обращения: 27.12.2019).

34. Małgorzata Basińska, Halina Koczyk. Analysis of the possibilities to achieve the low energy residential buildings standards [Text] / Technological and Economic Development of Economy. - 2016. - URL:

<https://journals.vgtu.lt/index.php/TEDE/article/view/786> (дата обращения:
27.12.2019).

Приложение А

Расчет толщины тепловой изоляции по СП 61.13330.2012 по нормированной плотности теплового потока

Толщина изоляции

ISOTEC Wired mat80

Материал

92

Расчетная толщина теплоизоляции, мм

100

Закупочная толщина теплоизоляции, мм

Параметры расчета

На открытом воздухе

Характер расположения

400

Условный проход трубопровода, мм

215

Максимальная температура теплоносителя, °С

Спецификация

Цилиндрическая

Тип поверхности

1

Фланцы, шт

Вертикальная

Ориентация трубопровода

Москва и Московская область

Регион

5,4

Температура окружающей среды, °С

426

Наружный диаметр трубопровода, мм

Более 5000

Продолжительность работы в год, ч

Москва

Город

162,5

Нормированная плотность теплового потока

7

Длина поверхности, м

Изоляция трубопроводов матами минераловатными, плитами минераловатными

Состав работ: 1. Изоляция трубопроводов. 2. Изготовление и установка диафрагм (на разгружающее устройство). 3. Изготовление бандажей. 4. Изготовление пряжек. 5. Крепление изоляции.

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	ГЭСН 26-01-009-1
Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7x20-50 мм	т	0,013
Сталь оцинкованная листовая толщина листа 0,8 мм	т	0,031
Стеклопластик рулонный, шириной 50 мм	м2	2,551
Материалы теплоизоляционные	м3	1,435
Листы алюминиевые марки АД1Н, толщиной 1мм	кг	0,903
Проволока стальная низкоуглеродистая разного назначения оцинкованная диаметром 1,1 мм	т	0,001
Проволока стальная низкоуглеродистая разного назначения оцинкованная диаметром 1,6 мм	т	0,002
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0,001

Продолжение Приложения А

Изоляция арматуры и фланцевых соединений съемными полуфутлярами из матов минераловатных прошивных и листов оцинкованной стали

Состав работ: 1. Изготовление полуфутляров. 2. Установка полуфутляров. 3. Изготовление диафрагм. 4. Установка диафрагм. 5. Крепление диафрагм и полуфутляров бандажами или винтами.

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	ГЭСН 26-01-013-2
Заклепка СТД-958	кг	0,132
Маты минераловатные прошивные	м3	0,1
Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7х20-50 мм	т	0,001
Проволока стальная низкоуглеродистая разного назначения оцинкованная диаметром 1,1 мм	т	0,001
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0,001
Сталь оцинкованная, толщиной 1,6 мм	кг	0,217
Сталь оцинкованная листовая толщина листа 1,0 мм	т	0,026
Проволока стальная низкоуглеродистая разного назначения оцинкованная диаметром 3,0 мм	т	0,001

Покрытие поверхности изоляции трубопроводов листами алюминиевых сплавов, сталью оцинкованной, металлопластом

Состав работ: 1. Изготовление деталей покрытия изоляции. 2. Установка покрытий на изолированную поверхность с подгонкой и вырезами по месту. 3 Крепление покрытий.

Листами алюминиевых сплавов

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	ГЭСН 26-01-049-1
Детали покрытия из листов алюминиевых сплавов	м2	17
Лента алюминиевая АД1НЮ шириной 20мм, толщиной 0,8мм	кг	0,626
Листы алюминиевые марки АД1Н, толщиной 1мм	кг	2,576
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0

Сталью оцинкованной

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	ГЭСН 26-01-049-2
Детали покрытия из оцинкованной стали	м2	17
Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7х20-50	т	0,002
Сталь оцинкованная листовая, толщина листа 0,8 мм	т	0,006
Сталь оцинкованная листовая, толщина листа 0,5 мм	т	0
Винты самонарезающие оцинкованные	т	0

Металлопластом

Наименование элемента затрат	Ед. измер.	ГЭСН 26-01-049-3
Детали покрытия из металлопласта, толщиной 0,5 мм	м2	17
Лента стальная упаковочная, мягкая, нормальной точности 0,7х20-50 мм	т	0,002
Сталь оцинкованная листовая, толщина листа 0,8 мм	т	0,006
Сталь оцинкованная листовая, толщина листа 0,5 мм	т	0