

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ВКР МАГИСТРА
ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Майоров А.В. Директор

ООО «АДС»

_____ 2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Д.В. Ульрих

_____ 2020 г.

Модернизация водохозяйственного комплекса котельной

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА
ЮУрГУ–08.04.01.2020.305-04.029 ПЗ ВКР

Руководитель ВКР
магистра

И.А. Арканова

_____ 2020 г.

Автор ВКР

магистр группы АС-227

Н.С. Лепешкин

_____ 2020 г.

Нормоконтролер

Е.В. Николаенко

_____ 2020 г.

Челябинск
2020

РЕФЕРАТ

Лепешкин Н.С. Выпускная квалификационная работа «Модернизация водохозяйственного комплекса котельной» – Челябинск: ЮУрГУ, Архитектурно-строительный институт, 2020. – 120 с. – библи. 32 назв.

В работе магистра на тему «Модернизация водохозяйственного комплекса котельной» объектом исследования является система водоподготовки водогрейной котельной расположенной по адресу: г. Челябинск, Советский район, ул. Днепропетровская, 15А.

Цель работы - модернизация существующей системы водоподготовки котельной для уменьшения отрицательного влияния содержащихся в воде примесей, вызывающих отложения и образующих накипь и увеличения долговечности конструкций в целом.

В первом разделе рассмотрены различные виды систем водоподготовки котельных, изучены источники водоснабжения и их классификация, дана классификация водогрейных котлов.

Во втором разделе рассмотрены основные методы обработки воды для котлов, а именно: механическое фильтрование, ионообменное фильтрование, коагуляция, установки по обработке воды методами осаждения, реагентные методы, а также установки по очистки воды от растворенных газов. Приведены основные понятия, изучены фильтрующие материалы, рассмотрены опыты применения реагентных методов обработки воды.

В третьем разделе рассмотрены основные технические характеристики рассматриваемой котельной поселка АМЗ г. Челябинска. Представлены общие данные котельной, дана характеристика здания котельной, рассмотрены существующие технологические решения, тепловая схема котельной, система газоснабжения и система защиты и сигнализации котельной.

В четвертом разделе рассмотрены тепло-химические условия работы котельной поселка АМЗ г. Челябинска с 3-мя водогрейными котлами ТТ100 «ТЕРМОТЕХНИК». Изучено назначение и конструктивные особенности водогрейного котла, рассмотрены требования к качеству котловой воды, особенности физико-химических условий эксплуатации водогрейных котлов, а также причины образования отложений и накипи.

В пятом разделе рассмотрено влияние отложений воды на эффективность и долговечность трубопроводов котельной поселка АМЗ г. Челябинск, рассмотрено влияние качества воды на работу котла, изучены нормы качества питательной, сетевой, подпиточной котловой воды, методы и схемы водоподготовки котельных.

В шестом разделе рассмотрен существующий водохозяйственный комплекс котельной поселка АМЗ г. Челябинска, представлена технологическая схема, предоставлены технические данные и краткое описание оборудования. Рассмотрены существующие Na-катионитовые фильтры, а также установка обескислороживания

подпиточной и сетевой воды. Изучен технический отчет существующей водоподготовки котельной поселка АМЗ.

В седьмом разделе представлены результаты лабораторного исследования воды котельной поселка АМЗ г. Челябинска даны основные решения по технологии очистки и подготовки воды.

В восьмом разделе представлены технико-экономические показатели проектируемой модернизации котельной поселка АМЗ г. Челябинска. Представлен ориентировочный срок окупаемости проекта.

В девятом разделе дана практическая значимость рекомендаций по модернизации водохозяйственного комплекса котельных, проведено лабораторное исследование исходной воды котельной поселка Агромаш г. Челябинск.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ.....	5
ОГЛАВЛЕНИЕ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ВИДЫ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ КОТЕЛЬНЫХ.....	12
1.1 Общие данные.....	12
1.2 Вода как сырье для получения теплоносителя.....	12
1.3 Источники водоснабжения и их классификация.....	14
1.4 Требования к питательной воде для котлов.....	15
1.5 Классификация котлов.....	16
2 МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ КОТЛОВ. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ.....	20
2.1 Механическое фильтрование и типы фильтров.....	20
2.1.1 Основные понятия.....	20
2.1.2 Фильтрующие материалы.....	23
2.1.3 Основные типы фильтров.....	24
2.2 Ионообменное фильтрование и типы фильтров.....	28
2.3 Коагуляция, аппаратное оформление	32
2.4 Отстаивание воды.....	33
2.5 Комплексоны в системах теплоснабжения.....	34
2.6 Очистка воды от растворенных газов.....	39
3 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
3.1 Общие данные котельной.....	43
3.2 Характеристика здания котельной.....	43
3.3 Существующие технологические решения.....	44
3.4 Тепловая схема котельной.....	46
3.5 Газоснабжение.....	47
3.6 Система защиты и сигнализации котельной.....	48
4 ТЕПЛО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА ТЕРМОТЕХНИК ТТ100.....	49
4.1 Нормирование качества воды в теплоэнергетике.....	49
4.2 Назначение и конструктивные особенности водогрейного котла.....	49
4.3 Качество котловой воды.....	53
4.4 Особенности физико-химических условий эксплуатации водогрейных Котлов.....	54
4.5 Образование отложений накипи в водогрейных котлах.....	55
5 ВЛИЯНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ КОТЕЛЬНОЙ.....	57
5.1 Влияние качества воды на работу котла.....	57
5.2 Нормы качества питательной, сетевой, подпиточной котловой воды.....	57
5.3 Защита водогрейных котлов от накипи.....	58
5.4 Методы и схемы водоподготовки котельных.....	61
6 СУЩЕСТВУЮЩИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС КОТЕЛЬНОЙ..	75
6.1 Исходные данные существующей водоподготовки.....	75

6.2	Технологическая часть с аппаратным оформлением.....	75
6.2.1	Принцип работы насоса-дозатора.....	83
6.3	Технический отчет существующей водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск.....	85
6.3.1	Методика ведения работ.....	86
6.3.2	Определение жесткости комплексонометрическим методом.....	88
6.3.3	Правила и приемы эксплуатации водоподготовительного оборудования.....	91
7	МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ.....	93
7.1	Результаты лабораторного исследования воды.....	93
7.2	Основные решения по технологии очистки и подготовки воды.....	94
7.3	Электротехнические решения и автоматизация.....	97
7.4	Технологические трубопроводы.....	97
7.5	Требования к помещению для установки оборудования и инженерному обеспечению.....	98
7.6	Эксплуатация ВПУ. Мероприятия по охране труда и технике Безопасности.....	98
7.7	Предотвращение сброса и очистка сточных вод от водоподготовки котельных.....	102
7.7.1	Условия и нормативы сброса сточных вод от котельных в канализацию и природные водоемы.....	102
7.7.2	Ущерб от сброса в природные водоёмы неочищенных сточных вод	104
8	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА, НА ОСНОВЕ РЕВИЗИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	105
8.1	Планирование работ и их временная оценка.....	105
8.2	Затраты на проектирование.....	105
8.3	Затраты на реализацию рекомендаций по модернизации водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск.....	109
8.4	Расчет ежегодных эксплуатационных издержек на содержание системы водоподготовки.....	109
8.5	Расчет затрат на приобретение реагентов.....	112
9	ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КОТЕЛЬНЫХ... ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	115
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	118

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения комплекса мер по уменьшению потребления воды, повышению эффективности ее использования и увеличению экономической эффективности в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, разработаны нормативные материалы литературы [1-6].

В энергетике понятие модернизации относится к оборудованию, которое находится в эксплуатации и требует по разным причинам изменения первоначальных конструктивных решений. Модернизация предусматривает изменение схемы или узлов действующего оборудования в соответствии с новыми требованиями, обеспечивающими улучшение показателей работы, повышение надежности, снижение энергетических и материальных затрат и трудовых ресурсов при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте. Модернизацию проводят также при моральном износе, или переводе котельных на другие (недефицитные) виды топлива, сырья и материалов [7].

При существующей тенденции к повсеместному использованию водогрейных котлов предварительная очистка воды становится ключевым фактором для успешной работы оборудования. Содержащиеся в воде примеси вызывают отложения, образуют накипь. По мере испарения воды в котле, содержащиеся в питательной воде примеси накапливаются. Вода приводит к коррозии металла котла. Это очень сложный процесс, который принимает множество форм: общая коррозия, локальная точечная коррозия и различные типы образования трещин под действием напряжений. В целом основным фактором, вызывающим коррозию котла, являются растворенные в воде газы, в первую очередь кислород и экстремальные условия по показателю pH.

В настоящей работе рассматривается вопрос модернизации системы водоподготовки водогрейной котельной с 3-мя водогрейными котлами ТТ100 «ТЕРМОТЕХНИК» фирмы «Энтророс» (Россия) мощностью 10 МВт каждый, г. Челябинск, Советский район, ул. Днепропетровская, 15А. Котельная предназначена для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и сооружений поселка АМЗ в Советском районе г. Челябинска. Проблема данной котельной в том, что тепловые сети, проложенные по поселку АМЗ, находятся в ограничено-работоспособном состоянии, нуждаются в капитальном ремонте. Причины частых повреждений – физический износ трубопроводов, а также накопления внутренних отложений и внутренней коррозии, которые только усиливаются в результате неполной водоочистки, подпиточной воды.

В качестве топлива котельной, используется природный газ. Основным источником водоснабжения установки химводоочистки является городской водопровод. Исходная вода проходит через 2 фильтра механической очистки ARKFLDF 2, где проходит очистку от механических примесей, затем подается на установку умягчения воды непрерывного действия типа «2850 DX» с электронным клапаном 3230/3240, состоящую из двух идентичных натрий - катионитовых фильтров (умягчителей) \varnothing 600 мм. В работе находятся два фильтра одновременно. Натрий - катионитовые фильтры в настоящее время морально и физически устарели

и в неполном объеме справляются со своей задачей, требуется капитальный ремонт либо их замена.

Актуальность работы заключается в необходимости научного, комплексного и современного подхода в создании систем водоподготовки котельных.

Цель работы - модернизация существующей системы водоподготовки котельной для уменьшения отрицательного влияния образуемых отложений и увеличения долговечности конструкции в целом.

Объектом исследования является система водоподготовки водогрейной котельной расположенной по адресу: г. Челябинск, Советский район, ул. Днепропетровская, 15А, требующая модернизации из-за отрицательных факторов, работы котлов и тепловой сети.

Научная новизна заключается в:

1. Комплексном подходе проблем водоподготовки котельных;
2. Теоретическом обосновании существующих схем водоподготовки, применяющих на водогрейных котельных;
3. Анализе работы имеющейся системы водоподготовки и поиске возникающих при процессе обработки воды проблем.

Задачи исследования:

1. Проанализировать систему водоподготовки на котельной;
2. Ознакомиться с существующими методами подготовки воды и их анализ;
3. Провести анализ, ревизию водо-водного баланса типовых котельных на примере котельной поселка АМЗ, г. Челябинска;
4. Исследовать метод ингибирования подающей воды;
5. Провести сбор материалов и литературы;
6. Разработать рекомендации для внедрения эффективной технологии водоподготовки воды котельных (при реконструкции, строительстве).

Методы исследования:

1. Поиск, сбор и анализ информации по выбранной теме;
2. Изучение и рассмотрение опыта по эксплуатации систем водоподготовки котельных с целью борьбы с отрицательными факторами, описанных в статьях академических журналов и периодической печати;
3. По результатам проведенного анализа, выбор ключевых мероприятий и применение их в отношении объекта исследования;
4. Проведение расчетов основных технических параметров системы водоподготовки питательной и сетевой воды и выбор подходящего оборудования;
5. Разработка требований по производственной, экологической безопасности эксплуатации объекта исследования и безопасности при возникновении чрезвычайных ситуаций на основе нормативно-технической документации;

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемые конструктивные решения позволят оптимизировать работу водоподготовки и сократить финансовые затраты.

Материалы данной работы представлены впервые.

В данной работе были рассмотрены физико-химические процессы работы

тепловых сетей, водогрейных котлов, а также их влияние на надежность работы и ресурс котельных агрегатов.

В процессе исследования проводился анализ работы системы водоподготовки оказывающий влияние на работу оборудования котельной поселка АМЗ, г. Челябинска.

При написании были использованы нормативно-технические документы, научная и учебно-методическая литература.

В результате исследования было выявлено влияние отложений и коррозии, водогрейных котлов, тепловых сетей, были найдены способы их максимального снижения.

Основными источниками информации являлся: ряд статей, посвященных модернизации теплоэнергетического оборудования, опубликованных до 2018 года; Рихтер Л.А. и др. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов; Копылов А.С. Водоподготовка в энергетике; Чебанов С.Н. Водоподготовка и водный режим электрических станций; Ларин Б.М., Бушуев Е.Н. Основы математического моделирования химико-технологических процессов обработки теплоносителя на ТЭС и АЭС.

Определения, обозначения, сокращения:

Ключевые слова: водоподготовка, фильтры, отложения, теплоноситель, водогрейный котел, долговечность.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Модернизация - обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества.

Водоподготовка - обработка воды, поступающей из водоисточника, для приведения её качества в соответствие с требованиями технологических потребителей. Водоподготовка заключается в освобождении воды от грубодисперсных и коллоидных примесей и содержащихся в ней солей, тем самым предотвращая отложение накипи, уноса солей, коррозии металлов, а также загрязнение обрабатываемых материалов при использовании воды в технологических процессах.

ВК - водогрейный котел;

ВП - водоподготовка;

КА - котельный агрегат;

КУ - котельная установка;

ОК - отопительный котел;

ТН - теплоноситель;

ТС - тепловая сеть;

ПТЭ - правила технической эксплуатации;

РД - руководящий документ;

ХВО - химводоочистка;

ВПУ - водоподготовительная установка;

ОТ - охрана труда;

ПБ - промышленная безопасность.

1 ВИДЫ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ КОТЕЛЬНЫХ

1.1 Общие данные

Вода является единственным широко распространенным в природе веществом, применяющимся в различных областях промышленности в качестве теплоносителя или сырья в технологическом процессе.

Любая природная вода содержит множество растворенных и взвешенных твердых веществ и растворенных газов в различных концентрациях. Тип и количество, содержащихся в пресной воде примесей, меняется в зависимости от источника (озеро, река, скважина) и от района страны.

При существующей тенденции к применению котлов предварительная очистка воды становится ключевым фактором для успешной работы оборудования. Содержащиеся в воде примеси вызывают отложения, образуют накипь. По мере испарения воды в котле, содержащиеся в питательной воде примеси накапливаются. Вода приводит к коррозии металла котла. Это очень сложный процесс, который принимает множество форм: общая коррозия, локальная точечная коррозия и различные типы образования трещин под действием напряжений. В целом основным фактором, вызывающим коррозию котла, являются растворенные в воде газы, в первую очередь кислород и экстремальные условия по показателю pH.

Плохое качество воды приводит к плохому качеству пара. Для производства высококачественного пара важно иметь должный контроль за показателями качества воды.

1.2 Вода как сырье для получения теплоносителя

Вода в чистом состоянии является бесцветной жидкостью без вкуса и запаха. Это единственное неорганическое вещество, которое в условиях естественного диапазона температур на Земле, существует в трех формах (лед, вода, пар). При равном приращении температуры она поглощает теплоты больше, чем любое другое распространенное в природе неорганическое вещество. Во время испарения при атмосферном давлении вода увеличивается в объеме в 1600 раз, образуя пар, способный переносить большие количества теплоты. Эти уникальные свойства воды делают ее идеальным сырьевым материалом для процессов нагревания и получения энергии.

Чистая вода является простым соединением водорода и кислорода. Общей формулой воды является H_2O . Однако, в потоках воды существуют формы, содержащие несколько разнородных веществ. Вода содержит окись дейтерия (D_2O) или «тяжелую воду». Такая вода не утоляет жажду и не способствует росту растительности, но в чистом виде такая форма нашла применение в атомных реакторах с замедлением. Воздействие космических лучей приводит к образованию другой формы воды, окиси трития (T_2O), являющейся радиоактивной. Хотя в этой форме существует лишь незначительная часть воды, ее радиоактивность служит в качестве средства измерения возраста подаваемой воды. Для всех обычных целей в котлах используется

обыкновенная вода (H₂O).

Точка кипения воды напрямую зависит от давления. При атмосферном давлении вода кипит при 100°C. При избыточном давлении вода закипает при 197,8°C. В условиях, близких к абсолютному вакууму, вода будет кипеть при низких температурах порядка 1,7°C.

Абсолютно чистой воды не существует. Любая природная вода содержит множество растворенных и взвешенных твердых веществ и растворенных газов в различных концентрациях. Тип и количество содержащихся примесей в пресной воде меняется в зависимости от источника (озеро, река, скважина) и от района страны. Поскольку при работе котла примеси создают проблемы, качество воды, используемой для получения пара, является критическим фактором.

Растворенные твердые вещества, газы и взвешенные твердые вещества образуют присутствующие в природной воде примеси. Вода является сильным растворителем: камни и почва, находящиеся в контакте с водой, постепенно растворяются. Она захватывает частицы вещества из земли. Она также подвержена загрязнению промышленными сточными водами, маслами и веществами из охлаждаемых процессов. Примеси, содержащиеся в воде, зависят от того, с чем эта вода контактирует. Количество примесей зависит от продолжительности контакта.

Обычно вода растворяет множество солей на основе кальция, магния и натрия, кремнезем, железо, марганец, фторосодержащие вещества и алюминий. Отходы от горнодобывающей деятельности и определенных промышленных процессов придают поверхностным водам некоторую степень кислотности, а содержащиеся в земле минералы придают подземным водам щелочной характер. Иногда свой вклад в загрязнение нитратами и фосфатами вносят канализационные стоки.

Соединение кальция и магния вступают в реакцию с мылом и образуют в воде сгустки. Эти соединения создают жесткость воды и делают воду «жесткой для мытья и стирки». Концентрация частиц, создающих жесткость воды, может варьироваться до 500 мг/л. Поскольку соединения кальция и магния в воде малорастворимы, они имеют тенденцию осаждаться, вызывая образование накипи и отложений. Жесткость воды, забираемой из источника, является важным фактором при определении пригодности воды для получения пара.

Вода содержит различные количества растворенного воздуха, который состоит из 21% кислорода, 78% азота и 1% прочих газов (включая 0,03-0,06% углекислого газа). Кислород растворим в воде при комнатной температуре и нормальном давлении до концентрации 9 мг/л. Растворимость кислорода снижается по мере увеличения температуры воды, но под давлением вода способна удерживать большие количества растворенного кислорода. Хотя азот и присутствует в природной воде, он является инертным газом и оказывает малое влияние на используемую в котлах воду. Обычно вода принимает из воздуха не более 10 мг/л углекислого газа. Углекислый газ присутствует в воде в значительно большей степени обычно в результате разложения органических веществ в почве. Сероводород и метан обычно менее распространены. Однако эти газы могут причинять беспокойство.

1.3 Источники водоснабжения и их классификация

Источником водообеспечения централизованных систем водоснабжения являются подземные и поверхностные воды и атмосферные осадки. К подземным водам относят: подрусловые, грунтовые, межпластовые, артезианские, карстовые, шахтные. Состав подземных вод определяется условиями их образования и залегания.

К поверхностным относят воды рек, озер, водохранилищ, прудов, каналов, морей. Их состав определяет почвенно-геологические условия; климатические, геоморфологические и антропогенные факторы.

К атмосферным водам относят осадки, выпадающие в виде дождя и снега, аккумулирующиеся в естественных или искусственных емкостях. Их состав определяется чистотой атмосферы, гидрогеологическими свойствами грунтов бассейна водосбора, способом их накопления и хранения, условиями, сопутствующими их выпадению.

Подземные воды характеризуются постоянством состава и температуры, значительной минерализацией, отсутствием минеральной взвесей, низким содержанием органических веществ, присутствием растворенных газов, значительной жесткостью, повышенным содержанием железа и марганца, высокой санитарной надежностью.

Часто подземные воды имеют гидравлическую связь с поверхностными, что влечет за собой изменение их химического состава: повышается концентрация органических веществ, кремниевой кислоты; изменяется минерализация, появляется растворенный кислород.

С возрастанием глубины залегания увеличивается степень минерализации воды по О.А. Алекину подземные воды подразделяют:

- по степени минерализации: пресные - до 1 г/л; солоноватые - 1-3 г/л; соленые - 10-50 г/л;
- по величине рН: щелочные - 11-14; слабощелочные - 8-10; нейтральные - 7; слабокислые - 4-6; кислые - 1-3;
- по общей жесткости (мг-экв/л): очень мягкие - до 1,5; мягкие — 1,5-3; умеренно жесткие - 3-6; жесткие - 6-9; очень жесткие — свыше 9;

Пресные поверхностные воды отличаются значительными колебаниями их состава и температуры в течение года, что объясняется характером их питания. Они характеризуются наличием диспергированных минеральных коллоидных и растворенных веществ. СП 31.13330.2012 дает следующие классификации поверхностных вод:

- по минерализации: очень малой - до 100 мг/л; малой — 100-200 мг/л; средней - 200-500 мг/л; повышенной - 500-1000 мг/л и высокой - свыше 1000 мг/л;
- по наличию гумусовых (в том числе фульвокислот): малоцветные — до 35 град; средней цветности — 35-120 град и высокой — свыше 121 град;
- по количеству взвешенных веществ: маломутные - до 50 мг/л; средней мутности - 50-250 мг/л; мутные - 250-1500 мг/л; высокомутные - свыше 1500 мг/л;
- по степени бактериальной загрязненности (коли-индекс): сильно

загрязненные - свыше 10000; загрязненные - более 1000; слабо загрязненные - свыше 100; удовлетворительные - более 10; хорошие - до 3.

1.4 Требования к питательной воде для котлов

Питательная вода - это вода, добавляемая в тепловую сеть и котел, чтобы восполнить потери воды, связанные с аварийными ситуациями, парообразованием и продувкой. Во многих случаях поток конденсированной воды возвращается обратно в котел через конденсатную систему, и составляют основную часть питательной воды. Подпиточная вода является водой, необходимой в некотором количестве для добавления к возвращенному конденсату.

Подпиточная вода обычно является природной водой в ее первоначальном состоянии или водой, каким-либо образом предварительно очищенная перед использованием. Состав питательной воды, следовательно, зависит от качества подпиточной воды и количества возвращенного конденсата.

За исключением того, что загрязнения, содержащиеся в канализационных сточных водах, вредны как для людей, так и для питания котлов, между требованиями к питьевой воде и воде для питания котлов мало общего.

Человеческое тело поглощает минералы, растворенные в питьевой воде. Многие так называемые «лечебные воды» содержат большое количество минералов. Со своей стороны, котлы плохо реагируют на содержащиеся в воде примеси. Хотя котел изготавливается из стали, он, в целом, более чувствителен к содержащимся в воде примесям, чем человеческий желудок. По этой причине выбор системы предварительной обработки является критическим фактором.

Чистота питательной воды является вопросом, как количества содержащихся примесей, так и природы примесей. Некоторые примеси, такие как создающие жесткость кальций и магний, железо и кремнезем, например, создают больше забот, чем соли натрия. Требования к чистоте питательной воды зависят от давления, конструкции и применения котла. Требования к чистоте питательной воды могут варьироваться в очень широких пределах. Котлы низкого давления требуют менее строгого контроля качества питательной воды, чем современные котлы высокого давления.

Чтобы обеспечить приемлемую чистоту пара Американская Ассоциация производителей котлов (ABMA) определила предельные значения по составу воды котлов в зависимости от рабочего давления. Требования к составу воды становятся более жесткими по мере повышения рабочего давления.

Внешняя обработка является снижением уровня или удалением примесей из воды и выполняется за границами котла. Внешняя обработка снижает содержание примесей до уровней, допустимых для системы котла.

Внутренняя обработка является доведением числа примесей до определенного уровня внутри системы котла. Реакции происходят либо в питающих трубопроводах, либо в самом котле. Цель внутренней обработки состоит в должном реагировании с образующими жесткость веществами в питательной воде, управлении коррозией, удалении кислорода и предотвращении переноса примесей водой котла. [8]

1.5 Классификация котлов

Объединим все многообразие типов и конструкций котлов в девять отдельных групп, характеризующихся примерно одинаковыми требованиями к водно-химическому режиму. Подобная классификация до известной степени условна, так как не учитывает таких порой решающих в этом вопросе факторов, как род топлива, способ его сжигания и других. В ней объединены водогрейные, паровые котлы и системы испарительного охлаждения. Для каждой из групп приведены предельные значения рабочих давлений, производительности и температуры теплоносителя. В первую, наиболее многочисленную группу включены чугунные секционные котлы малой производительности, работающие при температуре носителя до 115 °С. Эти котлы весьма просты по конструкции, не подвержены кислородной коррозии, однако имеют сложную конфигурацию внутренних поверхностей, препятствующую выполнению механической их очистки от отложений. Конструкция этих котлов не приспособлена к отводу шлама, а поэтому в них не могут применяться антинакипины. Наиболее целесообразно использование котлов первой группы в качестве водогрейных для систем без непосредственного разбора воды из сети. [13]

Вертикальные цилиндрические паровые котлы, характерными представителями, которых являются котлы типа ММЗ, ВГД, составляют вторую, также многочисленную группу мелких котлов производительностью до 1 т/ч. при работе их с невысокими форсировками топки и при питании водой с умеренным содержанием накипеобразователей в них допустимо осуществление режима внутрикотловой обработки воды с периодической механической очисткой поверхностей нагрева.

Жаротрубные паровые котлы и котлы с дымогарными трубами (локомобильного и паровозного типов), включенные в третью группу, отличаются достаточно большим осадительным водяным объемом. Эта группа котлов и в первую очередь ее жаротрубные представители наименее требовательны к качеству питательной воды и могут эксплуатироваться при режиме внутрикотловой обработки воды с применением антинакипинов. Характерная особенность этих котлов - высокая аккумулирующая способность по теплу. Вследствие жесткости конструкции и большого диаметра барабанов для котлов этого типа весьма опасны быстрые изменения температуры металла (быстрые растопки и расхолаживания, местные охлаждения).

Неэкранированные вертикально-водотрубные котлы, а также горизонтально – водотрубные объединены в четвертую группу. В конструкцию этих котлов предусматривались элементы, которые должны были приспособить их к питанию водой низкого качества - нижние осадительные барабаны или грязевики, по преимуществу прямые или слабоизогнутые кипятельные трубы большого диаметра, допускающие возможность их периодической механической очистки, лючки в коллекторах для удобного доступа к каждой трубе в котлах секционного типа. Чугунный экономайзер имеет достаточно высокую стойкость против кислородной коррозии. Длительный опыт эксплуатации этих котлов с режимом внутрикотловой обработки воды указал,

однако, на целесообразность перевода их на питание умягченной водой. Одновременно с этим была выявлена необходимость предварительного удаления из воды агрессивных газов, так как от коррозионного износа страдали элементы питательного тракта на участке между водяным экономайзером и барабаном котла. Барабаны и грязевики котлов этой группы выполнялись преимущественно клепанными. С переводом котлов на безнакипный режим возникла для них опасность так называемой щелочной хрупкости металла. Наличие обогреваемых опускных труб в ряде случаев приводило к их повреждению из-за местных нарушений нормальной циркуляции воды, в котлах этой группы наиболее часты повреждения грязевиков, барабанов и секционных коробок из-за ненормальностей термического режима эксплуатации металла. Наиболее уязвимыми элементами оказались при этом нижние барабаны. Наличие нескольких верхних барабанов достаточного размера обуславливает возможность получения из котлов данной группы пара высокого качества.

В основу пятой группы входят двухбарабанные экранированные котлы типов ДКВ и ДКВР. Предполагалось, что наличие нижнего барабана и относительно высокое среднее теплонапряжение поверхностей нагрева позволят эксплуатировать котлы без докотловой обработки воды. Практика эксплуатации, однако, не подтвердила этого. Сильно изогнутые трубы малого диаметра при отсутствии индивидуальных лючков в нижних коллекторах экранов требуют глубокого умягчения питательной воды, обеспечение сохранности элементов питательного тракта и, в частности, устойчивой работы клапанов регуляторов питания приводят к необходимости тщательного деаэрировать воду. Организация пароперегрева требует усовершенствованных сепарационных устройств. Эти котлы имеют сварные барабаны и достаточно хорошо приспособлены к температурным деформациям трубных контуров. Поэтому необходимость в организации специальных щелочебезопасных режимов для данной группы котлов отпадает, что подтверждено и практикой их эксплуатации. Специфической особенностью этих котлов является частичный обогрев топочными газами верхних барабанов. При организации сжигания под данными котлами высококалорийных топлив, то есть мазута или природного газа, следует обязательно осуществлять полную термоизоляцию этих барабанов.

Шестую группу составляют котлы среднего давления с необогреваемыми барабанами, предназначенные для выработки перегретого пара. Эти котлы, оснащенные стальными змеевиковыми экономайзерами кипящего типа, требуют глубокого удаления агрессивных газов. Сложные трубные контуры циркуляции, практически не доступны для механической очистки, вынуждают применять тщательно умягченную и дегазированную воду. Котлы этой группы оснащены устройствами для ступенчатого испарения и достаточно совершенными паросепарационными схемами, обеспечивающими получение пара высокого качества. Ряд неполадок в процессе освоения этих схем происходил из-за недостаточного внимания к плотности сочленения и точности выполнения, отдельных их элементов. В отдельных случаях из-за конкретных особенностей солевого состава питательной воды приходится выполнять

реконструктивные работы по изменению мощности солевых отсеков. Поверхностные пароохладители, устанавливаемые в коллекторе насыщенного пара или в специальном промежуточном коллекторе, требуют тщательного наблюдения за качеством перегретого пара, по которому приходится определять степень гидравлической плотности пароохладителя.

Специфической особенностью котлов - утилизаторов, составивших седьмую группу, является зависимость их паровой нагрузки, от особенностей протекания теплового процесса в соответствующем технологическом агрегате. Паровая нагрузка этих котлов претерпевает обычно значительные изменения в течение одного производственного цикла. Особенно резко изменяется интенсивность тепловыделения в конвертерах с кислородным дутьем. В течение 20 - минутной плавки паропроизводительность агрегата возрастает более, чем в 10 раз, а уровень воды в барабане увеличивается на 400 - 500 мм. Организация надежного питания, аккумуляция тепла и получение пара кондиционного качества являются наиболее сложными задачами в эксплуатации котлов этого типа.

В связи с резкими изменениями гидравлической нагрузки в целях достижения необходимой надежности циркуляции подавляющее большинство котлов - утилизаторов выполняется с принудительной циркуляцией. Для равномерной раздачи воды по отдельным трубам пучкам на входных колокольчиках обычно устанавливаются ограничительные диафрагмы относительно небольшого типа, которые требуют обязательного наличия в циркуляционном контуре на общем потоке сетчатого фильтра.

Включенную в восьмую группу водогрейные котлы большой производительности сравнительно недавно начали применяться в промышленной энергетике. Имея стальные змеевиковые экономайзеры, они предъявляют высокие требования к качеству воды, в особенности в отношении содержания агрессивных газов. Что касается допустимой концентрации накипеобразователей, то она во многом зависит от температурного режима, рода топлива и размера подпиточной воды.

Трудно решаемой проблемой для данной группы котлов является предотвращение коррозии внешних поверхностей нагрева при использовании топлив с высоким содержанием серы. В связи с этим следует по возможности избегать применения водогрейных котлов высокой производительности в качестве базовых, при использовании высокосернистого топлива.

В котельных, оборудованных исключительно водогрейными котлами, возникают некоторые трудности при организации деаэрации воды. Для установок, обслуживающих системы с непосредственным разбором горячей воды из сети, и при отсутствии исходной воды питьевого качества, целесообразна специальная установка одного парового котла для снабжения паром деаэратора атмосферного типа, который выполняет две функции: удаляет из воды агрессивные газы и осуществляет ее дезинфекцию.

Отличительной особенностью этих парогенераторов, выделенных нами в десятую группу, является еще более тесная связь с технологическими агрегатами, нежели у котлов утилизаторов. Важной особенностью эксплуатации таких систем является выделение и предупреждение нарушений

циркуляции и сопутствующего им процесса пароводяной коррозии. Другой особенностью эксплуатации СИО является необходимость крайне высокой степени надежности эксплуатации системы.

По требованиям к качеству питательной воды СИО близки к котлам четвертой группы.

Типы и конструкции котлов, девяти первых групп представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Типы и конструкции котлов [26]

№	Общая характеристика группы котлов	Пример данного типа котла	Давление пара до Мн/м ² (ат)	Паропроизводительность, т/ч	Температура теплоносителя, °С
1	Чугунные водогрейные и паровые котлы малой производительности	«Универсал» «Луч»	0,17(1,7)	1	Темп-ра насыщения
2	Вертикальные цилиндрические котлы для выработки насыщенного пара	ММЗ	0,8 (8)	1	То же
3	Жаротрубные и дымогарные паровые котлы. Котлы локомотивного и паровозного типов	Ланкаширский котел	0,8 (8)	2	250
4	Водотрубные неэкранированные котлы с чугунными экономайзерами	Стерлинг Гарбе Шухова	2,0 (20)	15	250
5	Водотрубные экранированные котлы с чугунными экономайзерами	ДКВ, ДКВР	2,0 (20)	25	300
6	Водотрубные экранированные котлы со стальными экономайзерами	ТП-35 БКЗ-75-39Ф	4,0 (40)	75	440
7	Паровые котлы-утилизаторы	КУ-80, ОКГ-ЮО	4,5 (45)	200	350
8	Водогрейные котлы большой производительности	ПТВМ-50, ЭЧМ-20	-	*	150
9	Системы испарительного металлургических печей и других технологических агрегатов	СИО мартеновских печей	4,5 (45)	40	440 в ЦДЛ

Выводы по разделу один

1. При существующей тенденции к применению котлов предварительная очистка воды становится ключевым фактором для успешной работы промышленной работы котельных.

2. Состав питательной воды для котлов должен быть таким, чтобы примеси, накапливающиеся в котле в течение определенного периода времени, не превышали допустимых пределов, определяемых конструкцией котла.

3. Если требования к поступающей воде не удовлетворяют требованиям РД 24.031.120-91, то перед тем, как она будет подана в котел, необходимо провести ее предварительную очистку, чтобы удалить примеси. Все не полностью удаленные примеси проходят химическую обработку, чтобы управлять их осаждением, переносом и коррозией в системе котла.

2 МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ДЛЯ КОТЛОВ. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

2.1 Механическое фильтрование и типы фильтров

2.1.1 Основные понятия

Одной из наиболее широко применяемых операций на водоподготовительных установках является механическое фильтрование воды, имеющее целью удаление содержащихся в ней взвешенных веществ, при этом имеется в виду взвесь, попадающая в природные воды, в процессе их круговорота в природе, так и нерастворимые твердые вещества, образующиеся при обработке воды методом осаждения.

Термин «механическое фильтрование» не совсем полно отображает сущность этой операции, поскольку ей могут сопутствовать различные физико-химические процессы, в частности, сорбция при наличии развитой поверхности фильтрующей среды. Однако в основном она сводится все же к чисто механическому задержанию присутствующей в обрабатываемой воде взвеси. Такой термин удобно отличает этот процесс от ионообменного фильтрования воды. Примеры механических фильтров представлены на рисунке 2.1.1.



Рисунок 2.1.1 - Фильтры для механической очистки воды

Механическое фильтрование воды осуществляется путем пропускания ее через какое-либо пористое вещество, называемое фильтрующим материалом, который загружают в резервуары, называемые механическими фильтрами. Поступающая на такой фильтр под некоторым напором мутная вода просачивается через поры фильтрующего материала, а содержащиеся в воде взвешенные вещества задерживаются на поверхности и в порах фильтрующего

материала.

При движении воды сквозь поры фильтрующего материала отдельные струйки ее совершают различный зигзагообразный путь через лабиринты пористой среды. При этом вода преодолевает сопротивление этому движению, возникающая в результате трения воды о поверхность зерен фильтрующего материала и характеризующееся так называемой величиной потери напора. Поэтому поступающая на фильтр вода подается под определенным давлением, величина которого должна превышать потерю напора в фильтре.

Потеря напора воды в фильтре является основным показателем механического фильтрования воды. Эта величина определяется и изменяется в основном в зависимости от следующих четырех факторов:

1. Размер зерен фильтрующего материала. Чем меньше размеры зерен, тем мельче будут поры в фильтрующем материале и тем извилистее и длиннее будет путь, необходимый для отдельных струек воды, а, следовательно, тем более будет величина потери напора. Кроме того, величина сопротивления фильтра связана также с формой частиц материала и неоднородностью их размера.

2. Высота слоя фильтрующего материала. Очевидно, что с увеличением высоты слоя фильтрующего материала длиннее становится проходимый водой путь и соответственно растет величина потери напора.

3. Скорость фильтрования. При увеличении скорости фильтрования будут возрастать силы трения, действующие со стороны поверхности зерен фильтрующего материала на соприкасающуюся с ней воду, поэтому с увеличением скорости фильтрования величина потери напора в фильтре также увеличивается.

4. Степень засорения фильтрующего материала. По мере этого, как взвешенные вещества задерживаются в порах и на поверхности фильтрующего материала, его пористость будет уменьшаться, что повлечет за собой, во-первых, удлинение пути отдельных струек воды и, во-вторых, увеличение скорости их движения в порах фильтрующего материала. Оба эти обстоятельства будут вызывать рост потери напора в фильтре.

Из перечисленных четырех факторов первые три - характеристика, высота загрузки фильтрующего материала и скорость фильтрования являются для каждой конкретной водоподготовительной установки заданными, более или менее постоянными и поэтому вызываемая этими факторами величина потери напора воды в фильтре также будет определенной и постоянной. Что же касается четвертого фактора - степени засорения фильтрующего материала, то он является величиной переменной. Степень засорения фильтрующего материала непрерывно возрастает по мере работы фильтра и соответственно вызывает рост величины потери напора.

Увеличение потери напора в фильтре допустимо до некоторой конечной максимальной величины, определяемой для каждой водоподготовительной установки в зависимости от давления поступающей на фильтр воды, так как чрезмерное загрязнение фильтрующей среды может настолько увеличить ее сопротивление проходу воды, что располагаемый напор воды будет недостаточен для обеспечения заданной скорости фильтрования. Последняя

снижается вплоть до полного прекращения процесса фильтрования.

Когда величина потери напора достигает конечной, максимально-допустимой в данных условиях величины, фильтрование воды прекращают и приступают к удалению задержанных фильтрующим материалом взвешенных веществ, что осуществляют путем промывки фильтра обратным током воды снизу вверх, в результате которой фильтрующий материал приходит во взвешенное состояние, и вследствие взаимного трения отдельных зерен и обмывания их водой (последняя выносит из фильтра задержанную им взвесь). После этого фильтр может быть вновь включен в работу.

Продолжительность работы фильтра между промывками определяется скоростью прироста потери напора. Величина потери напора измеряется обычно метрами или миллиметрами водяного столба, и обозначаются соответственно: м вод. ст. и мм вод. ст.

Продолжительность рабочего цикла фильтра, в конечном итоге, будет тем больше, чем больше при прочих равных условиях он способен задерживать взвешенные вещества. Эту способность называют грязеемкостью фильтра.

Грязеемкость фильтра выражают количеством задержанных в течение рабочего цикла фильтра взвешенных веществ в килограммах, отнесенным к 1 м загруженного фильтрующего материала ($\text{кг}/\text{м}^3$) или на 1 м^2 площади фильтрования, т.е. площади поперечного сечения фильтра ($\text{кг}/\text{м}^2$).

При осуществлении взрыхляющей промывки фильтрующего материала наиболее мелкие частицы его располагаются преимущественно в верхней части, а наиболее крупные - в нижней части загрузки фильтра. Происходит как бы естественная гидравлическая сортировка фильтрующего материала, в результате которой размеры зерен материала постепенно уменьшаются в направлении от низа к верху загрузки фильтра. Таким образом, при последующем обычном фильтровании мутной воды сверху вниз последняя встречает на своем пути, прежде всего самые мелкие зерна материала и вследствие этого значительная часть содержащихся в воде относительно крупных взвешенных веществ задерживается на поверхности этого тонкого слоя мелочи; при этом образуется грязевая пленка с более мелкими пораками, чем находящийся под ней фильтрующий материал, что придает ей свойство задерживать относительно мелко раздробленные взвешенные вещества. После образования такой пленки основная масса присутствующей в воде взвеси задерживается ею, и лишь незначительная часть - в порах фильтрующего материала. Поэтому эта пленка получила название фильтрующей пленки, а организованный таким образом процесс осветления воды - пленочным фильтрованием. Как видно из описания такого пленочного фильтрования, значительная часть фильтрующего материала остается неиспользованной для целей осветления воды и является своего рода основанием для поддержания фильтрующей пленки, что приводит к снижению грязеемкости фильтра и, следовательно, к снижению продолжительности его рабочего цикла. В целях повышения грязеемкости механических фильтров были предложены и получили промышленное применение схемы проведения процесса механического фильтрования воды, при которых принимает участие в задержании взвешенных веществ не только верхний тонкий слой

фильтрующего материала, но также значительная часть или даже вся толща загрузки фильтра. Это так называемое двухпоточное фильтрование и двухслойное фильтрование. [9].

2.1.2 Фильтрующие материалы

Из рассмотренных выше назначения и условий проведения механического фильтрования воды вытекают и технические требования, предъявляемые к фильтрующим материалам. Эти требования могут быть сведены к следующим двум основным показателям: зернистость фильтрующего материала и его прочность.

Зернистость фильтрующего материала. Фильтрующий материал должен обеспечивать оптимальные условия как для фильтрования через него воды, так и для его промывки, что зависит, прежде всего, от размеров частиц материала, а также однородности размеров частиц: чем мельче зерна фильтрующего материала, тем меньше размеры пор в нем и, следовательно, тем лучше будет осветляться вода. С другой стороны, чрезмерно крупный фильтрующий материал, помимо того, что может оказаться неспособным достаточно полно задерживать присутствующую в воде взвесь, может потребовать для его расширения повышенную интенсивность промывки и расход воды на нее.

Неоднородность размеров частиц фильтрующего материала приводит к увеличению потери напора, так как мелкие зерна частично могут располагаться между крупными и тем самым уменьшать размеры пор. При промывке фильтра значительная часть наиболее мелких зерен будет располагаться в верхних слоях загрузки, способствуя затем быстрому образованию плотной пленки, увеличению скорости роста потери напора и сокращению длительности рабочего цикла фильтра между промывками. Кроме того, недостаточная однородность фильтрующего материала затрудняет осуществление удовлетворительной промывки, так как не позволяет привести во взвешенное состояние весь фильтрующий материал из-за опасности выноса мелких зерен при достаточной интенсивности промывки. При снижении интенсивности промывка крупных зерен может быть неудовлетворительной. Последнее обстоятельство приводит к постепенному загрязнению части загрузки фильтра, вплоть до полной его цементации, что связано с необходимостью перезагрузки (ревизии) фильтра.

Таким образом, характеристика фильтрующего материала по крупности и однородности его частиц имеет существенное значение для нормальной работы механических фильтров.

Зернистость фильтрующих материалов определяется количественными показателями. Для этого выполняют так называемый ситовый анализ фильтрующего материала путем рассева его через ряд калиброванных сит. На основании ситового анализа определяют: средний диаметр зерен материала (в пределах 0,6 до 1,0 мм); количество пылевидных частиц, к которым относят частицы менее 0,25 мм, т.е. проходящие через сито калибра 0,25 мм (не должно превышать 10%); коэффициент неоднородности фильтрующего материала (рекомендуется иметь по возможности не более 2).

Прочность фильтрующего материала. Различают механическую и химическую прочность фильтрующего материала. Под механической прочностью следует понимать сопротивление фильтрующего материала износу вследствие трения зерен друг о друга, а также растрескивания зерен при колебании температуры воды или из-за выщелачивания водой отдельных составляющих фильтрующего материала при его недостаточной химической прочности. В результате всего этого происходит измельчение материала, т.е. появление в нем повышенного количества пылевидных и мелких зерен.

О прочности судят преимущественно по данным эксплуатации промышленных фильтров, определяя за некоторые промежутки времени (3-6 мес. и более) снижение высоты слоя загрузки фильтра, а также изменение его зернистости по данным ситового анализа, и выражая потерю материала так называемой величиной годового износа в процентах от первоначального веса загрузки. Для применяемых фильтрующих материалов эта величина колеблется в пределах 2-5% при условии нормальной эксплуатации, т.е. когда отсутствует вынос рабочих фракций фильтрующего материала вследствие недопустимо большой интенсивности промывки.

Под химической прочностью фильтрующего материала следует понимать его стойкость против воздействия на него фильтруемой воды как путем частичного растворения водой отдельных составляющих зерен, так и химического взаимодействия их с водой, в результате чего может происходить ухудшение ее качества. Для определения химической прочности фильтрующих материалов пробы их подвергают в лабораторных условиях воздействию воды различного состава (нейтральной, щелочной, кислой) при заданной температуре и на основе химического анализа воды до и после опыта определяют происшедшие изменения в составе растворенных в ней веществ [9].

2.1.3 Основные типы фильтров

Осветлением воды называется процесс освобождения ее от взвешенных веществ. Осветление является первой технологической операцией обработки воды. Оно необходимо обязательно почти во всех случаях, поскольку взвешенные вещества в воде вредны при использовании ее в цикле паросиловой установки.

В настоящее время на водоподготовительных станциях промышленных котельных применяются следующие типы фильтров:

- **Открытый механический фильтр.** Открытый механический фильтр представляет собой прямоугольный железобетонный фильтр, являющейся частью железобетонной ячейки, состоящей из отстойника, фильтра, и резервуара обработанной воды. Такие ячейки являлись в свое время (1935-1940 гг.) типовым решением для предварительной обработки воды (по схеме — коагуляция, известкование, осветление) в комбинированных катионитных водоподготовительных установках промышленных предприятий (Гуревич).

Нижнее распределительное устройство этого фильтра представляет собой трубчатую систему из перфорированных труб с отверстиями, расположенными

вниз под углом 45° к вертикали и тремя поддерживающими слоями гравия над ней. Скорость фильтрования регулируется при помощи дроссельной заслонки на трубопроводе осветленной воды, механически связанной с поплавком. После промывки фильтра, когда потеря напора воды в слое загрузки минимальная, соответственно минимальный и уровень воды над ней (положение поплавка наинизшее), при этом дроссельная заслонка устанавливается в положении, максимально прикрывающем свободное сечение трубопровода, создавая дополнительное сопротивление, необходимое для поддержания заданной скорости фильтрования. По мере работы фильтра и роста потери напора в слое загрузки уровень воды над ней в фильтре повышается, при этом поплавок, поднимаясь, постепенно поворачивает дроссельную заслонку, увеличивая проходное сечение трубопровода, и тем самым поддерживает установленную в начале цикла скорость фильтрования. Верхнее распределительное устройство фильтра состоит из кармана, куда поступает обрабатываемая вода из отстойника, и трех желобов, предназначенных также для отвода промывной воды.

Опыт эксплуатации железобетонных ячеек показал недостаточную их прочность: через 3-4 года эксплуатации обычно появляются неплотности, течи, требующие частого ремонта. В настоящее время такие конструкции на водоподготовительных установках электростанций не применяют.

- **Напорный однопоточный механический фильтр.** Вертикальный однопоточный механический фильтр, изготавливается нашими заводами шести типоразмеров диаметром от 1,0 до 3,4 м. Высота слоя зернистой загрузки 900 мм. Имеет дополнительное распределительное устройство для подвода сжатого воздуха, выполненное в виде трубчатой системы со щелевыми фарфоровыми колпачками. Фильтр снабжен вантузом для автоматического удаления воздуха, выделяющегося из обрабатываемой воды в течение рабочего цикла фильтра. Нижнее днище не бетонируется, а заполняется зернистой загрузкой фильтра, которая в этой своей части не выполняет никаких технологических функций. Общая высота фильтра колеблется в пределах 3,0-3,5 м, вес металла 1,0-5,0 т. На рисунке 2.1.2 представлен напорный однопоточный механический фильтр.



Рисунок 2.1.2 - Напорный однопоточный механический фильтр

Однопоточный механический фильтр горизонтального типа выполняется двух типоразмеров с длиной корпуса 5,5 и 10,0 м и площадью фильтрования соответственно 15 и 30 м². Фильтры предназначены для водоподготовительных установок большой производительности (800-4000 мг/ч и выше), где применение таких фильтров позволяет значительно уменьшить количество фильтровальных агрегатов. Верхнее распределительное устройство фильтра выполнено в виде двух продольно расположенных перфорированных труб с расположением отверстий вверх под углом к вертикали. Фильтр снабжен задвижками с гидроприводом и имеет щит с ручными распределительными кранами для управления гидрозадвижками. Вес металла фильтра длиной 5,5 м - 12 т., а длиной 10,0 м - 20 т.

- **Двухпоточный механический фильтр.** Как указывает название этого фильтра, сущность его заключается в том, что подлежащая осветлению мутная вода подается одновременно двумя потоками через два распределительных устройства, расположенных в верхней и нижней частях фильтра, а осветленная вода отводится из фильтра через среднее распределительное устройство, размещенное в толще фильтрующего материала и разделяющее всю загрузку на два слоя: верхний — высотой 600-700 мм и нижний — высотой 1500-1700 мм. Работа каждого из этих слоев протекает различно. Верхний слой принимает мутную воду, поступающую в фильтр сверху и, следовательно, работает как однопоточный механический фильтр, т. е. с образованием фильтрующей пленки. Поэтому высота этого слоя предусмотрена небольшая. В нижний слой мутная вода поступает снизу вверх, при этом вода встречается в первую очередь с наиболее крупными частицами фильтрующего материала, размеры которых постепенно уменьшаются кверху в результате их гидравлической сортировки, при взрыхляющей промывке. Вследствие этого содержащиеся в воде взвешенные вещества задерживаются не только в лобовой части загрузки, как это имеет место в однопоточных фильтрах (а также в верхнем слое данного двухпоточного фильтра), а проникают на значительную глубину загрузки, отлагаясь в толще фильтрующего материала. Поэтому высота нижнего слоя фильтра предусматривается относительно большой. Благодаря такой организации потоков осветляемой воды двухпоточный фильтр задерживает значительно большее количество взвешенных веществ в течение рабочего цикла, чем однопоточный фильтр такого же диаметра. Грязеёмкость таких фильтров в 3-4 раза превышает грязеёмкость однопоточных фильтров.

Фронт фильтра имеет дополнительные задвижки, позволяющие регулировать расход воды в верхнюю и нижнюю части фильтра, и подавать отдельно или одновременно промывную воду в нижнее и среднее распределительные устройства.

Опыт эксплуатации двухпоточных механических фильтров показал, что они требуют строгого соблюдения необходимой характеристики зернистости фильтрующего материала (средний размер частиц 0,8-9 мм) и коэффициента его неоднородности (порядка 2,5), а также установленного режима промывки. Нарушение этих требований приводило в ряде случаев к неудовлетворительной работе фильтров.

- **Двухслойный механический фильтр**, Идея такого фильтра, так же как и двухпоточного, имеет целью повышение его грязеемкости путем организации вместо пленочного фильтрования работы всей толщи фильтрующего материала, но решается эта идея проще, чем у двухпоточного фильтра, позволяя осуществить ее без изменения конструкции фильтра. Для этого, у однопоточного механического фильтра, загруженного кварцевым песком, удаляют верхний 200-300-мм слой наиболее мелкого песка, оставляя нижний слой загрузки с размером зёрен порядка 0,65-0,75 мм. На него загружают слой дробленого антрацита с крупностью зерен 1,0-1,25 мм. В результате такой замены фильтрующая плёнка образовываться не будет, а содержащиеся в поступающей воде взвешенные вещества будут проникать в поры слоя дробленого антрацита и частью отлагаться на поверхности его частиц, а частью задерживаться в нижележащем слое кварцевого песка. При взрыхляющей промывке слой песка и антрацита не будут перемешиваться и сохранят свое расположение благодаря тому, что антрацит имеет вдвое меньший удельный вес, чем песок. Такие фильтры могут иметь применение в тех случаях, когда допустимо использование кварцевого песка в качестве фильтрующего материала. Отсутствие достаточно длительного опыта эксплуатации двухслойных фильтров не позволяет сделать окончательные выводы о целесообразности и области их применения.

Для обеспечения нормальной работы механических фильтров необходимо выполнение следующих трех основных условий: 1) хорошо сконструированные и выполненные распределительные устройства фильтра; 2) загрузка фильтра материалом требуемой зернистости и однородности; 3) выполнение надлежащего режима взрыхляющей промывки фильтрующего материала:

Правильная работа распределительных устройств фильтра заключается в том, чтобы обеспечивать равномерное распределение по площади фильтрования потоков воды, т.е. чтобы в любой точке поперечного сечения фильтра скорость прохождения воды была бы по возможности одинаковой.

Это условие удовлетворительной работы распределительных устройств не является существенным для рабочего цикла механического фильтра, обладающего свойством автоматически выравнивать распределение поступающей на него мутной воды. Объясняется это следующим образом. Если в результате плохой работы распределительных устройств фильтров или по каким-либо другим причинам через некоторый участок площади фильтрования будет проходить мутной воды больше, чем через остальную площадь, то в этом участке фильтрующего материала будет задерживаться взвешенных веществ больше, чем на остальных, и, следовательно, он будет оказывать большее сопротивление проходу воды. Рост сопротивления соответственно снизит скорость прохода вода через этот участок, пока она не сравняется со скоростью фильтрования на остальной площади фильтра.

Совсем иначе сказывается неправильная работа распределительных устройств при взрыхляющей промывке механического фильтра. В этом случае увеличение скорости движения промывной воды через некоторый участок фильтрующего материала будет приводить к соответственно лучшему по сравнению с другими участками отмыванию зерен от налипших взвешенных

веществ, Такая неравномерная промывка будет неизбежно приводить к постепенному накоплению в фильтре недостаточно отмытых частиц фильтрующего материала. Это обстоятельство будет уменьшать грязеемкость фильтра и, следовательно, сокращать длительность его рабочего цикла, а также вызовет постепенное, нарастающее загрязнение фильтрующего материала, которое, в конечном итоге, приведет к перерождению и так называемой цементации загрузки и к необходимости ее замены или химической очистке. Поэтому конструкций распределительных устройств механических фильтров рассчитывают только на условия взрыхляющей промывки фильтрующего материала.

Обеспечение характеристик фильтрующего материала (зернистость, однородность и прочность) являются нередко трудновыполнимым, так как у нас пока отсутствуют специализированные предприятия для централизованного дробления и надлежащего отсева загрузочных материалов для механических фильтров. На строительномонтажных площадках часто не располагают надлежащим оборудованием (дробилки, комплекты сит) для приготовления загрузки для фильтров из речного, карьерного песка или кускового антрацита. При отсутствии подходящего набора сит приходится иногда ограничиваться отсевом пылевидных и чрезмерно крупных частиц фильтрующего материала, а также отмывкой от грязи и пыли этого материала непосредственно в фильтрах. Для этого рекомендуется, осуществлять взрыхляющую промывку путем вывода промывной воды через верхний боковой лаз и приставленный к нему деревянный лоток, что позволяет быстро удалить мелкие нерабочие фракции загрузки.

2.2 Ионообменное фильтрование и типы фильтров

Основные понятия

Ионообменное фильтрование воды является обязательной и основной стадией химической обработки воды для различных котлов, независимо от качества исходной сырой воды. Этот метод позволяет получать обработанную воду высокого качества, удовлетворяющую требованиям паровых котлов любых давлений.

В отличие от механического фильтрования воды, при котором состав растворенных в обрабатываемой воде веществ не претерпевает никаких изменений, ионообменное фильтрование воды имеет цели изменение в желаемом направлении ионного состава воды путем пропускания ее через специальные мелкозернистые вещества, называемые ионообменными материалами, или ионитами, которые загружаются в резервуары, называемые ионитными фильтрами. Поступающая на такой фильтр под некоторым напором обрабатываемая вода просачивается через поры, образуемые зернами ионообменного материала, оставляя в нем часть своих ионов, взамен которых ионит отдает фильтруемой воде эквивалентное количество других ионов. Таким образом, в результате такого своеобразного обмена ионами происходит химическое изменение состава как фильтруемой воды, так и самого ионита.

Несмотря на столь существенное различие между механическим и ионообменным фильтрованием воды, эти два процесса имеют много общих, в основном равнозначных элементов и понятий: просачивание обрабатываемой воды под некоторым напором через зернистый материал, зернистость тех и других материалов имеет весьма близкие характеристики; аналогично механическим фильтрам длительность рабочего цикла ионитных фильтров определяется способностью загруженного в них материала осуществлять заданную полезную работу. У механических фильтров эта способность определяется грязеемкостью фильтрующего материала, а для ионитных: фильтров она заключается в возможности осуществлять требуемый обмен ионов между ионитом и фильтрующей водой и называется обменной емкостью ионитового материала. Подобно механическому фильтру рабочий цикл ионного фильтра прекращается после использования его обменной емкости, т.е. после того, как практически все способные к обмену ионы ионита будут заменены соответствующими ионами фильтрующей воды.

По окончании рабочего цикла ионитного фильтра необходимо проведение цикла регенерации, имеющего целью восстановления рабочей способности загруженных в фильтры материалов, при этом у ионитных фильтров удаляются задержанные ионы из фильтруемой воды. Но у них, помимо удаления задержанных ионов, необходимо ввести взамен их новые ионы, которые ионитный фильтр отдавал бы фильтруемой воде в период рабочего цикла. Таким образом, регенерация ионитного фильтра сводится тоже к проведению ионного обмена, но в обратном порядке по сравнению с рабочим циклом. [10].

Пример ионно обменного фильтра представлен на рисунке 2.2.1.

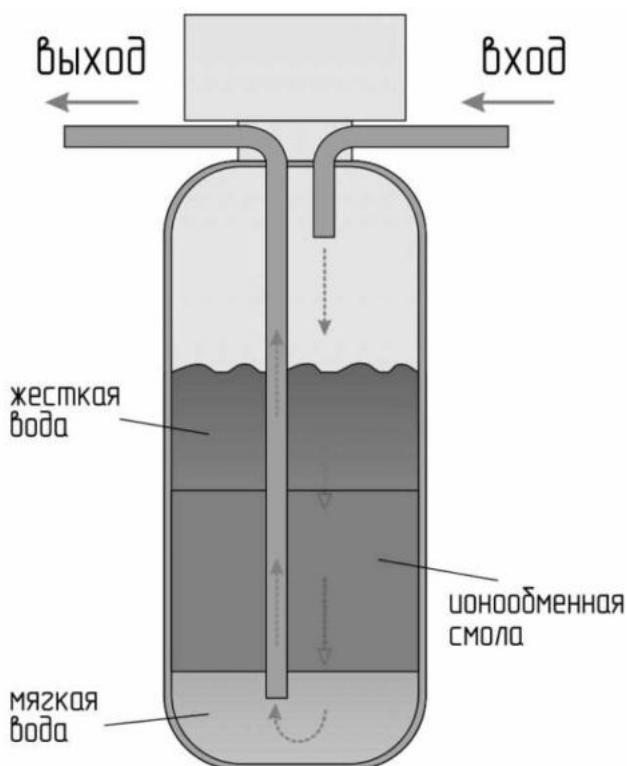


Рисунок 2.2.1 - Схема ионно обменного фильтра

Ионно обменные материалы

Подавляющее большинство применяемых в настоящее время ионообменных материалов относится к разряду веществ, называемых пластическими массами, типа синтетических смол. Отличительным признаком таких веществ являются размеры и структура их молекул. Молекулы синтетических смол состоят обычно из тысячи, а иногда и десятков тысяч прочно связанных между собой атомов. Состоящие из таких молекул «гигантов» вещества получили название высокомолекулярных веществ. Из природных соединений к ним относят белки, клетчатку и др.

Ионообменные смолы, относящиеся к высокомолекулярным веществам, имеют некоторые специфические свойства, отличающие их от обычных пластмасс и вытекающие из предъявляемых к ним требований. К этим отличительным свойствам ионитов относятся их нерастворимость и способность к реакциям ионного обмена. [10].

- Вертикальные катионитные фильтры первой ступени. По конструкции эти фильтры бывают двух видов: натрий - катионитные и водород - катионитные. Последние отличаются тем, что имеют противокоррозионное защитное покрытие внутренней поверхности корпуса и фронтального трубопровода (перхлорвиниловые лаки, гуммирование), а распределительные устройства и арматура изготавливаются из нержавеющей стали. Верхнее распределительное устройство выполняется в виде звезды из перфорированных труб и предназначается как для воды, так и регенерационного раствора. Фильтры первой ступени изготавливают с нормальной высотой слоя катионита (2,0-2,5 м), и с повышенной высотой слоя 3,0-3,5 м, предназначенных для обработки сильно минерализованных вод.

Вертикальные катионитные фильтры второй ступени. Катионитные фильтры второй ступени предназначаются для улавливания остатков катионов, «проскочивших» через катионитные фильтры первой ступени, а также для обработки слабо минерализованных вод, в частности конденсатов. Исходя из этого, фильтры рассчитаны на повышенные скорости фильтрования (до 60-80 м/ч), а высота слоя катионита предусматривается пониженной (1,5 м), что позволяет иметь достаточную продолжительность рабочего цикла и в то же время уменьшить потерю напора в загрузке. Эти фильтры выпускаются также двух видов: натрий-катионитные и водород-катионитные.

Нижнее распределительное устройство у натрий-катионитных фильтров выполнено в виде ложного днища со щелевыми фарфоровыми колпачками, количество которых (максимально возможное) составляет около 85 шт. на квадратный метр площади фильтрования. Это позволяет иметь незначительную потерю напора в распределительном устройстве даже при повышенных скоростях фильтрования. У водород-катионитных фильтров нижнее распределительное устройство выполнено в виде трубчатой системы с повышенным количеством щелевых колпачков. Изготовление в этих условиях ложного днища вызывает затруднения в выполнении противокоррозийной защиты междудонного пространства.

Подача воды и регенерационного раствора у фильтров второй ступени осуществляется отдельно из-за значительного различия их секундных расходов. Подача обрабатываемой воды и отвод промывной воды производятся по трубопроводу, присоединенному к центру верхнего днища и снабженному отбойным диском. Регенерационный раствор подается через распределительное устройство типа звезды из перфорированных труб с отверстиями, направленными вниз под углом к вертикали.

- **Горизонтальные катионитные фильтры.** Горизонтальные катионитные фильтры, предназначены в качестве фильтров первой ступени для водоподготовительных установок большой производительности. Для второй ступени в этих случаях могут использоваться вертикальные фильтры второй ступени диаметром 3,4 м, которые при скоростях фильтрования 60-80 м/ч могут иметь производительность порядка 500-700 т/ч.

Горизонтальные катионитные фильтры выпускаются двух видов: натрий-катионитные и водород-катионитные, каждый из которых имеет два типоразмера с длиной корпуса 5,5 м (площадь фильтрования 15,0 м²) и 10,0 м (площадь фильтрования 30,0 м²). Верхние распределительные системы этих фильтров выполнены в виде продольных перфорированных труб: одна (верхняя) для воды и другая (нижняя) для регенерационного раствора. Фронт трубопроводов с арматурой и контрольно-измерительными приборами вынесен в торец фильтра.

- **Противоточные катионитные фильтры.** В этих фильтрах регенерационный раствор и вода для отмывки катионита направляются, как обычно, сверху вниз, а «обрабатываемая вода — снизу вверх. Однако при фильтровании воды снизу вверх со скоростью более 5 м/ч для современных ионообменных материалов, имеющих небольшой удельный вес, неизбежно некоторое перемешивание загрузки и, следовательно, нарушение ее благоприятного расположения, при котором наиболее хорошо отрегенированные слои ионита находятся в верхней части фильтра. Осуществлять же противоточное фильтрование со скоростью менее 5 м/ч было бы не экономично, так как потребовало бы значительного увеличения числа устанавливаемых фильтров. Для устранения этого затруднения предложено осуществление фильтрования воды снизу вверх при гидравлически зажатом слое ионита. При этом направляемая снизу вверх обрабатываемая вода отводится из фильтра через распределительное устройство, размещенное в верхнем 200-300-мм слое ионита. В результате такого гидравлического зажатия материала представляется возможным работать без ограничения скорости фильтрования снизу вверх, не опасаясь расширения при этом загрузки фильтра. Верхнее и нижнее распределительные устройства противоточного фильтра выполнены в виде трубчатых систем из нержавеющей стали со щелями шириной 0,4 мм.

2.3 Коагуляция, аппаратное оформление

Коагуляция воды

Слово «коагуляция» латинского происхождения и означает свертывание. При коагуляции происходит укрупнение мелкодисперсных и коллоидных частиц, в результате чего увеличивается скорость их осаждения, а также способность задерживаться пористыми фильтрующими материалами.

Коллоидные частицы, обладая электрическим зарядом, взаимно отталкиваются, что препятствует их укрупнению. Для устранения этого препятствия в обрабатываемую воду, содержащую обычно отрицательно заряженные коллоидные частицы, вводят искусственно созданные коллоидные частицы, имеющие положительный заряд. Взаимодействие тех и других коллоидных частиц приводит к их взаимному притяжению, нейтрализации зарядов и укрупнению частиц.

К положительно заряженным коллоидам относятся гидраты окисей металлов. Для получения этих коллоидов в обрабатываемую воду вводят хорошо растворимые сернокислые или хлористые соли этих металлов, которые в результате гидролиза образуют малорастворимые гидраты окисей этих металлов, выпадающие в виде коллоидных частиц с положительным зарядом.

Процесс коагуляции необходим во всех случаях присутствия в воде коллоидных примесей, которые вследствие чрезвычайно малой величины их частиц не могут быть удалены осаждением и фильтрованием. Помимо этой основной задачи, процесс коагуляции позволяет одновременно удалить из воды тонкодисперсные вещества, которые хотя и не обладают электрическим зарядом и устойчивостью, как коллоиды, но все же из-за незначительности своих размеров имеют малую скорость осаждения. Образующиеся в процессе коагуляции хлопья коагулянта, попадая в отстойник и опускаясь вниз навстречу поднимающейся воде, захватывают находящиеся в ней частички взвеси. Происходит своеобразный процесс фильтрования, при котором вода и фильтрующие хлопья коагулянта двигаются навстречу друг другу.

Осветление воды при помощи коагуляции осуществляются не только путем осаждения хлопьев коагулянта в отстойнике, но и путем пропускания воды с хлопьями через фильтры. В этом случае образующаяся на фильтре пленка из хлопьев коагулянта помогает задержанию присутствующей в воде тонкой взвеси. Обычно эти два пути сочетают вместе, осуществляя дополнительно после отстаивания фильтрование воды. [6].

Наиболее распространенными коагулянтами являются соли железа и алюминия, такие как сернокислое железо, хлорид железа, сульфат алюминия (квасцы) и алюминат натрия. Ионы окиси железа и окиси алюминия эффективно коагулируют отрицательно заряженные коллоидные частицы, поскольку они обладают большими положительными зарядами. При правильном использовании коагулянты образуют в воде хлопья, которые служат в качестве некоторого рода сетки для собирания осажденного вещества. Специально для целей коагуляции были разработаны синтетические материалы, называемые полиэлектролитами. Они состоят из положительно заряженных

молекул, имеющих вид длинных цепочек. Для оказания помощи при проведении коагуляции в некоторых случаях используются органические полимеры и специальные типы глины. Они способствуют коагуляции, создавая более тяжелые хлопья и заставляя их осаждаться более быстро. [6].

2.4 Отстаивание воды

Сущность методов осаждения заключается в том, что присутствующие в обрабатываемой воде в растворенном состоянии вредные примеси в результате химического взаимодействия их с вводимыми в воду реагентами или вследствие термического их разложения образуют новые вещества, малорастворимые в воде и поэтому выделяемые из воды в твердом состоянии. Образованные таким образом соединения удаляются затем из воды путем ее отстаивания и фильтрования, как это осуществляется при осветлении воды, т.е. при удалении из нее взвешенных веществ, к которым в равной степени могут быть отнесены и образованные указанным методом твердые соединения.

Основной задачей при обработке воды методом осаждения является максимально возможное освобождение обрабатываемой воды от содержащихся в ней катионов кальция и магния, поскольку именно эти катионы образуют малорастворимые в воде соединения в сочетании с анионами CO_3^{2-} и OH^- . К ним относятся: карбонат кальция CaCO_3 и гидрат окиси магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Произведение растворимости таких соединений есть величина постоянная и, следовательно, увеличении концентрации ионов этих соединений вызывает выделение их из раствора в твердом состоянии. Отсюда вытекает решение: необходимо искусственно увеличить в обрабатываемой воде концентрацию тех анионов, с которыми эти катионы образуют малорастворимые соединения. В данном случае такими анионами являются CO_3^{2-} и OH^- .

Для этого в обрабатываемую воду дозируют растворы извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCO_3 и едкого натра NaOH . Эти реагенты также являются электролитами и, следовательно, в растворе распадаются на ионы. В результате динамическое равновесие насыщенного раствора нарушается в сторону образования и выпадения в осадок малорастворимых соединений CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Поскольку растворимость CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ находится в обратной зависимости от концентрации в воде ионов CO_3^{2-} и OH^- , то конечная остаточная концентрация ионов кальция и магния в обработанной воде, определяющая ее жесткость, будет тем меньше, чем больше избыток ионов CO_3^{2-} и OH^- , а так как содержание в воде ионов CO_3^{2-} и OH^- определяет величину ее щелочности, то можно сказать, что умягчение воды методом осаждения будет тем глубже, чем больше избыток щелочности в обработанной воде. Но методом осаждения не удается получить достаточно глубокого умягчения воды.

Помимо коагуляции и умягчения воды методом осаждения, такого рода установки используются также для обескремнивания воды. Обескремнивание воды становится необходимым при обработке воды для питания котлов высокого и сверхвысокого давлений, когда образующийся в котлах насыщенный пар обладает способностью растворять присутствующие в котловой воде соединения. При этом в относительно больших размерах по

сравнению с другими веществами способна растворяться в паре высокого давления кремнекислота, попадающая с паром в турбину и образующая на лопатках трудноудаляемые силикатные отложения.

При коагуляции и известковании воды происходит некоторое незначительное (на 30-40%) обескремнивание воды. Для более глубокого удаления кремнекислоты одновременно с известью дозируют окись магния в виде каустического магнезита или обожженного доломита. Окись магния, а также образующиеся хлопья окиси магния адсорбируют на своей поверхности кремниевую кислоту. При этом удается довести остаточное содержание кремнекислоты в обработанной воде до 0,8-1,5 мг/л.

При обработке воды методом осаждения несколько снижается концентрация растворенных в ней веществ за счет выделения части из них в осадок. Происходит, следовательно, как бы частичное обессоливание воды. [11].

2.5 Комплексоны в системах теплоснабжения

Комплексонами называют фосфоорганические соединения (фосфонаты), которые способны образовывать прочные комплексы с кальцием и магнием, а также с железом и некоторыми другими элементами. При нагревании воды эти комплексы остаются в растворенном состоянии, в результате соединения кальция и магния не откладываются на поверхностях нагрева в виде накипи. Важной особенностью фосфонатов является проявление эффекта субстехиометрии, когда микродоза комплексонов - 1-3 г на 1 м³ сетевой воды - ингибирует (подавляет) образование отложений кальция и магния. При этом для растворения уже имеющихся отложений расход комплексона (по стехиометрическому соотношению) составит примерно 3 кг на 1 кг отложений. Другим практически очень важным свойством комплексонов является их ограниченная термическая стойкость в жесткой воде - при температуре выше 120-125 °С комплексы распадаются. Эти свойства комплексонов определяют возможности и ограничения их использования в системах теплоснабжения. [25]

На рисунке 2.5.1 представлен ассортимент органофосфонатов – ингибиторов солеотложений.

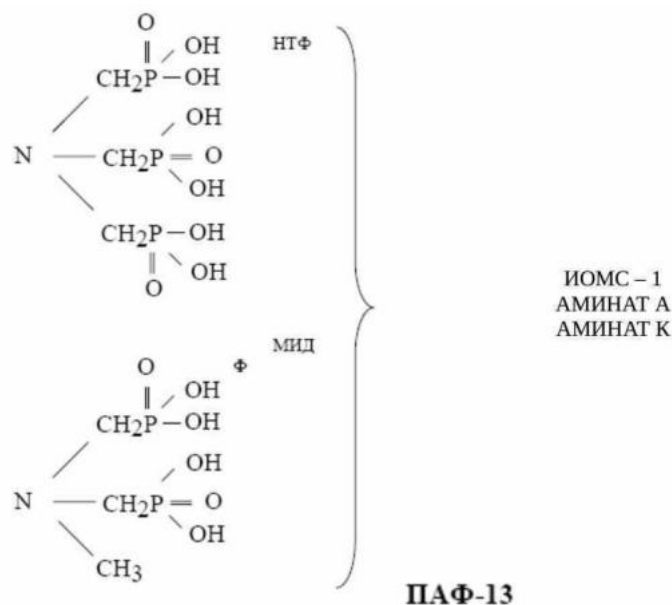


Рисунок 2.5.1 - Ассортимент органофосфонатов – ингибиторов солеотложений

В настоящее время в котельных чаще применяют следующие вещества:

1. ИОМС (ингибитор отложения минеральных солей);
2. ОЭДФ (оксиэтилендифосфоновая кислота);
3. Zn – ОЭЖФ (цинковый комплексон ОЭДФ);
4. ОДА (октадециламин);
5. ПАФ 13А (водный раствор полиаминометилен-фосонатов).
6. АМИНАТ

ИОМС - аминоксодержащая жидкость от желто-зеленого до коричневого цвета, представляет собой водный раствор нитрилотриметилфосфоновой кислоты (НТФ) и фосфорилированных полиаминов, содержащий не менее 25% действующего вещества.

Химическая формула: $N((CH_2PO(OH)_2)_3$. Водный раствор ИОМС имеет плотность 1,3 г/см³, рН 5,5 - 5,7 и температуру кипения 105°С, температура замерзания - 10°С. Суммарное содержание фосфитов и фосфатов - не более 3% (по весу).

По данным литературы [12] при использовании ИОМС можно достичь эффективности ингибирования солеотложений по сульфату кальция не выше 98%, а по карбонату кальция - 95%. Тем не менее, из практики известно, что при высокой карбонатной жесткости воды ИОМС не обеспечит надежную защиту котлов и бойлеров от накипных образований. Рассматриваемый реагент применяют для подготовки воды, используемой в водогрейных котлах, температурный режим работы которых не превышает 95°С.

ОЭДФ - является α - оксизамещенным производным метилендифосфоновой кислоты.

Химическая формула: $CH_3C(OH)(PO_3H_2)_2$.

Оксиэтилиденди - фосфоновая кислота (ОЭДФ) - белый кристаллический порошок без запаха, мало токсичен хорошо растворим в воде (до 60 грамм на 100 грамм воды при 20°С). Суммарное содержание фосфитов и фосфатов – не

более 1% (по весу).

ОЭДФ способна предотвращать выпадение нерастворимых солей кальция (CaCO_3 , CaSO_4) даже из пресыщенных растворов. Тем не менее, ОДЭФ не является универсальным реагентом, и также, как для других, требуется полная проверка его ингибирующей способности для конкретной воды. Перед применением в качестве ингибитора солеотложения ОЭДФ растворяют в воде и вводят в виде раствора, концентрация которого зависит от содержания карбонатных соединений в подпиточной воде, ОДЭФ исключает образование накипи на теплопередающих поверхностях котлов при нагреве воды до 120 +130°C.

В настоящее время Zn-ый комплексонат ОЭДФ часто рекомендуют применять в качестве ингибитора коррозии и отложений минеральных солей.

Zn-ОДЭФ - жидкость светло - коричневого цвета, представляет собой 25%-ый водный раствор натриевой соли цинкового комплекса оксиэтилиденди - фосфоновой кислоты. Zn-ОДЭФ имеет плотность 1,2 + 1,3 г/см³, а pH 6,5 + 10. Температура замерзания -7°C.

По результатам исследований, приведенным в работе [14], следует, что эффективность Zn-ОДЭФ в качестве ингибитора коррозии и солеотложения возрастает с увеличением содержания комплексона в воде. При концентрации 30 мг/л ингибирующие свойства Zn- ОДЭФ достигают предела, обеспечивая защиту от коррозии на уровне 81%, а солеотложения - 99%. И в данном случае - практический опыт не подтверждает лабораторные исследования: при высокой карбонатной жесткости воды Zn- ОДЭФ не обеспечит надежную защиту котлов и бойлеров от накипных образований. При этом нет четких представлений о том, за счет каких химических процессов и какая защитная пленка образуется на поверхности металла в теплоагрегатах и трубопроводах. Полагают, что пассивация железа цинкофосфонатами связана с образованием на его поверхности пленок, отличных от оксидных.

ИОМС, ОЭДФ и Zn-ОЭДФ включены в “Перечень материалов, реагентов и малогабаритных очистных устройств, разрешенных Санитарно-эпидемиологическим надзором РФ для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения”. Этим же документом установлены нормы остаточного содержания в воде каждого из них. Так, для ИОМС эта величина равна 4,0 мг/л, для Zn-ОЭДФ - 5,0 мг/л, а для ОЭДФ - 0,6 мг/л. В качестве ингибиторов соле - отложений эти реагенты вводят в подпиточную воду в количествах, не превышающих норм ПДК, поэтому в некоторых тепловых сетях их применяют даже при открытом водоразборе.

Октадециламин (ОДА) является поверхностно-активным веществом (ПАВ), относится к классу высших алифатических аминов и имеет химическую формулу $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{NH}_2$. ОДА - белое воскообразное вещество с температурой плавления 52,5°C, слабо растворимое в воде. Так, только при температуре 90°C возможно получить устойчивую эмульсию ОДА в воде за счет интенсивного перемешивания.

Изучены и проверены такие свойства ОДА, как защита металла от коррозии

и отмывка поверхностей нагрева от отложений. Нам не известны свойства ОДА как ингибитора солеотложений. За счет ориентированной адсорбции ОДА на поверхности металлов, при которой углеводородный радикал обращен в водную фазу, а аминная группа в сторону металла, на защищаемой поверхности образуется пленка, препятствующая воздействию кислорода и углекислоты. Для достижения защитных свойств достаточно октадециламин вводить в количествах 0,8 - 1,2 мг/л. При низких температурах, менее 100°C, пленка ОДА недостаточно устойчивая. Однако с ростом температуры теплоносителя прочность пленки возрастает и при 250°C она наиболее устойчива. Такое свойство ОДА целесообразно использовать для консервации оборудования. Отмывка теплопередающих поверхностей котлов и трубопроводов тепловых сетей от отложений происходит при тех же концентрациях ОДА, что при ингибировании коррозии. Эффект отмывки более существенный при больших отложениях. При этом имеет место некоторая избирательность ОДА к составу отложений; в меньшей степени разрушаются железо-окисные отложения, более энергично идет реакция с медью и достаточно высокая реакционная активность по отношению к кальциевым отложениям. Последнее обстоятельство способно вызывать в тепловых сетях вымывание многолетних кальциевых образований со стен трубопроводов, что может приводить к фильтрации воды через неплотности в соединениях.

Из всех ингибиторов солеотложений, внедряемых в теплоэнергетике, ПАФ 13А менее известен и менее применяем. Этот препарат был разработан для нефтедобывающей промышленности с целью предотвращения или ограничения отложений карбонатов в процессе добычи и транспортировки нефти. Поставка ведется в двух видах: летняя и зимняя формы. Отличие последней состоит в том, что для снижения температуры замерзания (до -40°C) в препарат введен этиленгликоль.

ПАФ 13А - водный раствор моносодиевой соли полиэтиленполиамин - N - метилфосфоновой кислоты. Химическая формула: $R_2N\{CH_2\}_2NR\}_nR$, где $R=CH_2P(O)(OH)(ONa)$ и $n=1-3$.

Массовая доля основного вещества 25-28%. Это жидкость светлорыжевого цвета с рН 4-6, имеет плотность 1,30 - 1,35 г/см³. Ингибирующая эффективность ПАФ 13А к карбонатам кальция - не менее 65%. Проведенные исследования и результаты первых внедрений показали возможность применения этого препарата в системах горячего водоснабжения при температурном режиме до 120 - 130°C. Пороговой концентрацией по влиянию ПАФ 13А на общий санитарный режим водоемов является 5 мг/л. Изучение ПАФ 13А в НИИ Экологии человека и гигиены окружающей Среды им. А.Н. Сысина РАМН выявило возможность применения рассматриваемого материала в системах горячего водоснабжения закрытого и открытого типа. К недостаткам препарата ПАФ 13 А следует отнести высокое суммарное содержание в нем фосфитов и фосфатов - до 15% (по весу).

Технические условия на препарат АМИНТ объединяют четыре марки, три из которых - А, - К и -ОД относятся к числу ингибиторов солеотложений, а четвертая - Д - эффективный отмывочный препарат. Центр Государственного

санитарно-эпидемиологического надзора в г. Москве выдал Гигиенический сертификат, позволяющий применять АМИНАТЫ -А, - К и - ОД в системах водоснабжения.

АМИНАТ - А - базовый препарат - жидкость желтого цвета, представляет собой композицию водных растворов натриевых солей метилиминодиметил - фосфонофой (МИДФ) и нитрилотример-тилфосфоновой кислот (НТФ). Этот препарат является аналогом ИОМС, но обладает более высокой реакционной способностью.

АМИНАТ - А содержит 25% основного вещества (в пересчете на НТФ), имеет плотность 1,25 г/см³, а рН 6,0 7,0. Суммарное содержание фосфитов и фосфатов - не более 1 ч- 3% (по весу). Норма остаточного содержания АМИНАТ - А в воде не должна превышать 4 мг/л. Препарат допустимо использовать при нагреве воды - в котлах до 130°С, а в бойлерах до 150°С. Температура замерзания 8°С. Замерзший препарат после отмораживания и перемешивания восстанавливает свои свойства, АМИНАТ - А успешно применяют в промышленно-отопительных котельных и в малых котельных установках. Его высокие реакционные свойства привлекают внимание специалистов, занимающихся регенерацией воды, ее очисткой в мембранных установках и в некоторых других случаях. АМИНАТ - А обеспечивает полное предотвращение отложений солей кальция и магния - карбонатов сульфатов и фосфатов.

АМИНАТ - К - жидкость светло - желтого цвета, имеет плотность 1,20 + 1,25 г/см³, а остальные физические характеристики находятся в тех же пределах, какие имеет АМИНАТ -А. Отличаются они между собой тем, что в процессе изготовления химический состав АМИНАТа - К корректируется в зависимости от состава воды, используемой в котельной, т.е. технологические свойства АМИНАТа - К изменяют для конкретного заказчика в силу специфики применяемой воды.

АМИНАТ - ОД обладает наиболее высокой реакционной способностью среди препаратов марок - А и - К, имеет плотность 1,16 + 1,26 г/см³. Суммарное содержание фосфитов и фосфатов - не более 1% (по весу). Его оправдано применять при жесткости воды до 10 мг- экв/л и содержании железа до 0,5 мг/л. Предельно допустимая концентрация АМИНАТа - ОД в воде хозяйственно-бытового назначения -1,0 мг/л.

АМИНАТЫ (-А, -К и -ОД) поставляются в готовом к употреблению виде и количество препарата, вводимого в подпиточную воду, находится в пределах 10-5-40 мл/м³.

Различные организации в меру познаний комплексонов и опыта работы с ними имеют свои “фирменные” приемы в организации и проведении внедрения комплексонной водоподготовки. При внедрении в котельной новой технологии подготовки воды следует требовать проводить обучение обслуживающего персонала. Нет никаких сложностей в познании технологических особенностей комплексонов и работы с ними. Это доступно работникам сельских и городских тепловых сетей. В качестве примеров, подтверждающих изложенное, можно

назвать ГП “Сергиевский” и с. Черкизово (Коломенский р-н), котельную 20-го детского кардиологического санатория (п. Ватутинки), котельную МУП ГХ г. Солнечногорска. Это не единичные примеры успешного применения комплексонов, заменивших натрий - катионирование. Для исключения случайностей и неудач при запуске новой технологии необходимо провести тщательный анализ воды, поступающей в котельную. Если вода подается из закольцованной системы от ряда артезианских колодцев, то анализ воды следует выполнить отдельно для каждого источника. Перед внедрением новой технологии водоподготовки целесообразно отмыть котлы (бойлеры) от накипных и железистых отложений, что устраняет в последующем все сомнения в ее эффективности. Следует ожидать от внедренческих организаций, что ее служащие осуществят оптимальный выбор комплексона, установят необходимую дозу его введения и подтвердят это данными лабораторных исследований. Особенности применения комплексонной водоподготовки затрагивают химические службы, которым необходимо отслеживать содержание солей жесткости на входе и выходе из котла (бойлера). Ее работники должны освоить методику определения в котловой воде фосфорсодержащих комплексонов.

Большинство комплексонов изготавливают и поставляют в жидком виде и ввод их определенными дозами увязан с поступлением в котел подпиточной воды. Для дозирования комплексона необходимы какие-либо дозирующие устройства. Простейшим дозирующим устройством может явиться труба, установленная вертикально и заглушенная с одного торца, в который врезаны два патрубка с вентилями. Такой дозатор устанавливают чаще всего над подпиточным трубопроводом, осуществив врезку в него одного из патрубков, который является сливным и через него за счет эжекции выносятся реагент. Второй патрубок - промывочный, необходимость в нем - эпизодическая. Вентиль сливного патрубка открывает и закрывает оператор. В этом случае затраты на оборудование - минимальные, т.к. такой дозатор изготавливают рабочие котельных.

Автоматизированные устройства, исключая участие человека при дозировках комплексона, изготавливаются несколькими фирмами. Такие дозаторы имеют конструктивные отличия, связанные с организацией задаваемого сигнала подачи препарата. Надежность таких устройств достаточно высокая. Тем не менее, целесообразно продублировать автоматический дозатор ручным. Простейшие расчеты экономической эффективности выявляют существенную экономию средств, получаемую с переходом на комплексонную водоподготовку. Новая технология подготовки котловой воды защищает котлы от накипи даже в аварийных ситуациях, например, в момент больших утечек воды при прорывах в системе теплоснабжения.

2.6 Очистка воды от растворенных газов

Заключительной стадией технологического процесса приготовления питательной воды для котлов является удаление растворенных в ней

агрессивных газов, в первую очередь кислорода, а также углекислоты, являющихся основным фактором, вызывающим коррозию металла теплосиловых установок.

Даже самая незначительная концентрация растворенного в питательной воде кислорода может быть причиной нарушения работы паровых котлов и выхода из строя их отдельных элементов, из которых в первую очередь обычно подвергается кислородной коррозии водяной экономайзер, с которого начинается путь питательной воды в паровых котлах. Поэтому необходимо стремиться к практически полному отсутствию в питательной воде растворенного кислорода.

Столь глубокое удаление из воды растворенного в ней кислорода достигается на мощных электростанциях высокого и сверхвысокого давления в две ступени. Сначала питательную воду подвергают термической дегазации, сущность которой заключается в доведении воды до температуры кипения, при которой в создаваемой над водой атмосфере водяных паров парциальное давление удаляемых газов приближается к нулю, а затем, для удаления остатков кислорода применяют так называемое химическое обескислороживание воды путем присадки в нее реагентов, вступающих во взаимодействие с растворенным в воде кислородом.

Термическая дегазация осуществляется на электрических станциях в специальных аппаратах - дегазаторах, или, как их чаще называют, деаэраторах.

В деаэрационной колонке расположены дырчатые тарелки, по которым стекают вниз тонкими струйками питательная вода, а на встречу ей подается греющий пар. Выделяющиеся при этом растворенные в воде газы (кислород, азот, углекислота) и часть неконденсировавшихся паров воды поступают в охладитель, где пары воды конденсируются, а газы удаляются в атмосферу.

Растворимость газов в воде зависит от их давления в пространстве над водой, поскольку при этом устанавливается динамическое равновесие двух противоположных друг другу процессов: проникновение молекул газов в воду. т.е. растворение газа, и обратный процесс выхода молекул газа из воды. При термической аэрации это динамическое равновесие нарушается благодаря появлению над водой ее паров, которые тем самым снижают парциальной давление всех остальных газов. В результате начинается бурное выделение из воды молекул растворенных в ней газов, при этом молекулам приходится преодолевать силы притяжения (сорбцию) их к молекулам воды.

Важным условием удовлетворительным условием работы деаэрационной колонки является максимально полное и быстрое удаление из нее выделившихся из воды газов, так как в противном случае из-за повышения их парциального давления будет ухудшен процесс деаэрации.

В этих целях предусматривается непрерывный отвод из деаэрационной колонки так называемого выпара (смеси выделившихся газов и части неконденсировавшихся паров воды).

Таким образом, даже при самых оптимальных условиях термического деаэратора остаточное содержание растворенного кислорода, выходящий из сборного бака деаэрированной воде удается довести до величины не ниже 0,02-0,03 мг/л. [13].

Существуют потребители, которые требуют воду с $t < 373\text{K}$. К ним относятся, например, котельные агрегаты низкого давления и малой мощности, системы горячего водоснабжения и др. в этом случае приемлемым способом может оказаться дегазация воды под вакуумом. Сущность этого метода состоит в том, что в деаэраторе создается и постоянно поддерживается вакуум. Величина его зависит от температуры деаэрированной воды, которую желают получить: чем ниже температура, тем больше вакуум, поддерживать который на заданном уровне не совсем просто. Тем не менее вакуум-деаэраторы находят широкое применение. Конструкция их в общем аналогична рассмотренной выше.

Мощными вакуумными деаэраторами на электростанциях являются конденсаторы турбин, вакуум в которых поддерживается на уровне 95-97%.

Для удаления остатков растворенного кислорода, а также для связывания кислорода, могущего проникнуть извне в питательную воду по пути ее движения от деаэратора до котла через неплотности трубопроводов, на электростанциях высокого и сверхвысокого давлений применяют химическое обескислороживание воды. [13]

Химическое обескислороживание воды реагентным способом основано на связывании растворенного в ней кислорода веществами, способными вступать с ним в интенсивное химическое взаимодействие в условиях водного раствора. К числу таких веществ, относят сульфит натрия Na_2SO_3 и гидразин N_2H_4 .

В основе обработки воды сульфитом натрия (сульфитирование воды) находится реакция окисления сульфита растворенным в воде кислородом

$$2 \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 - 2\text{Na}_2\text{SO}_4$$

При этом важно, чтобы такая реакция была завершена за время прохода воды от места ввода сульфита до защищаемого оборудования, в частности экономайзера котельного агрегата. Для этого необходимо температуру воды поддерживать не ниже 353K и избыток сульфита не меньше 2 мг/л. Сульфит натрия подают в воду в виде 3-6% раствора при помощи разного рода дозаторов. Сульфитирование обладает рядом достоинств: оно просто в осуществлении, доступно для многих мелких потребителей и не требует громоздкой и дорогой аппаратуры. Недостатком сульфитирования является то, что оно увеличивает сухой остаток питательной воды примерно на 12 мг на 1 мг растворенного кислорода.

Для предупреждения коррозии теплосилового оборудования высоких и критических параметров широкое применение нашел гидразин, который является сильным восстановителем. Он выпускается в виде гидразингидрата $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и гидразинсульфата $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$.

Первый реагент - бесцветная жидкость легко поглощающая из воздуха CO_2 , O_2 и влагу, имеет слабощелочные свойства; второй является твердым веществом, плохо растворим в холодной воде, обладает кислыми свойствами.

Гидразин связывает растворенный в воде кислород по реакции $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Эта реакция идет с заметной скоростью только при $t = 373\text{K}$, этому способствует повышенное значение рН.

Гидразингидрат не увеличивает сухого остатка питательной воды и не дает вредных летучих продуктов распада, что позволяет применить его для прямоточных котельных агрегатов. Гидразинсульфат может использоваться только для барабанных котельных агрегатов.

Обработка воды гидразином заключается в непрерывном дозировании в обескислороживаемую воду необходимого количества гидразина. При этом происходит не только связывание кислорода по приведенному выше уравнению, но и восстановление присутствующих в воде окислов металла.

Наличие в воде наряду с кислородом и окислов металлов усложняет механизм взаимодействия гидразина с этими веществами. [14]

Выводы по разделу два

1) Основные методы обработки воды для котлов, а именно: механическое фильтрование, ионообменное фильтрование, коагуляция, установки по обработке воды методами осаждения, реагентные методы, а также установки по очистке воды от растворенных газов.

2) Приведены основные понятия, изучены фильтрующие материалы, рассмотрены опыты применения реагентных методов обработки воды.

3) Перспективным методом борьбы с отложениями в системах теплоснабжения является применение комплексонов.

4) Для водоподготовки обязательным этапом является обработка от растворенных газов

3 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Котельная с 3-мя водогрейными котлами ТТ100 «ТЕРМОТЕХНИК» фирмы «Энтророс» (Россия) мощностью 10 МВт каждый, г. Челябинск, Советский район, ул. Днепропетровская, 15А, предназначена для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и сооружений поселка АМЗ в Советском районе г. Челябинска.

3.1 Общие данные котельной

Категория потребителей по надежности теплоснабжения - II категория. Котельная по надежности отпуска тепла - II категории. Система теплоснабжения - закрытая двухтрубная. Категория производств - «Г»; Котельная отдельно стоящая; Степень огнестойкости здания - II; Уровень ответственности II.

3.2 Характеристика здания котельной

Существующее здание котельной имеет в плане Г-образную форму с общими размерами в плане 60х12 м и пристроем 11х21м. Котельный зал - одноэтажный с высотой до низа балок 6 метров, пристрой и бытовые помещения - двухэтажные. В пристрое расположены вспомогательные и административные помещения. Работа котельной предусмотрена с постоянным обслуживающим персоналом. Бытовое обслуживание работающих в котельной осуществляется в существующих бытовых помещениях.

Общая карта расположения котельной представлена на рисунке 3.2.1, снимок произведен через навигационную программу SAS_Planet.



Рисунок 3.2.1 - Карта расположения котельной г. Челябинск, Советский район, ул. Днепропетровская, 15А

SAS_Planet — бесплатно распространяемая навигационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности большого количества картографических online-сервисов. Распространяется на условиях GNU General Public License.

3.3 Существующие технологические решения

Основное топливо - природный газ с теплотворной способностью 33,5 МДж/м³ (8000 ккал/м³). Резервное топливо – предусмотрено устройство резервного дизельного топлива с установкой в помещении котельной бака запаса топлива V=1000л. Предусмотрен подвоз топлива автотопливозаправщиком. Параметры теплоносителя: 95-70°С.

В котельной установлены 3 водогрейных котла ТТ 100 «ТЕРМОТЕХНИК» фирмы «Энтророс» (Россия) единичной мощностью 10,0 МВт. Два котла ТТ100, оборудованы газовыми горелками R1040 A-MG-PR.S.Ru.A.8.80 фирмы C.I.B. UNIGAS» (Италия). Один котел ТТ100, оборудован комбинированной горелкой для работы газ/дизель HR1040 A-MG-PR.S.Ru.A.8.80 фирмы C.I.B. UNIGAS» (Италия). Горелки котлов прогрессивного типа, что позволяет управлять ими в модуляционном режиме. Основные параметры котлоагрегатов представлены в таблице 3.1.

Автоматическое регулирование работы котлов предусматривается системой автоматики котельной. Предусмотрено качественное регулирование тепла с помощью модулируемых горелок.

Котлы подключаются по двухконтурной схеме с разделением контуров, с установкой пластинчатых теплообменников НН №65 ф. «Ридан» (Россия).

Таблица 3.1 – Основные параметры котлоагрегатов и горелок [31]

№ п/п	Наименование	Единицы измерения	Котел К1.1-К1.3
1	Марка котла	-	ТТ 100
2	Теплопроизводительность котла	МВт (Гкал/ч)	10.0 (8.6)
3	Коэффициент полезного действия	%	94,2
4	Максимальная температура воды на выходе из котла	°С	115
5	Мин. температура воды на входе в котёл	°С	60
6	Расход газа на один котел	м ³ /ч	1198
7	Аэродинамическое сопротивление котла	Па	1355
8	Давление теплоносителя не более	бар	6,0
9	Гидравлическое сопротивление котла	кПа	6,11
10	Тип горелочного устройства:		
11	Горелка газовая/комбинированная		R 1040-A-MG-PR.S/HR
12	Производительность горелки max/min	кВт	2550-13000
13	Мощность электродвигателя горелки	кВт	30/36
14	Размеры котла: длина	мм	6280
15	ширина	мм	2680
16	высота	мм	2920
17	Масса котлоагрегата (без воды)	кг	19357

Управление водогрейными котлами осуществляется с помощью пультов управления "Энтроматик-101" и "Энтроматик-100М", поставляемых комплектно с котлами.

Сигналы аварии котлов передаются на шкаф ША.

Каскадное управление котлами осуществляется комплексом автоматики "Энтроматик-101" в зависимости от наружной температуры.

Забор воздуха для горения осуществляется из котельного зала. Предусмотрена вентиляция котельной с естественным побуждением. Приточно-вытяжная вентиляция рассчитана на обеспечение трехкратного воздухообмена в котельной без учета расхода воздуха на горение (возмещение воздуха, расходуемого на горение, производится через два приточных отверстия размером 1600x1400).

Отвод продуктов сгорания от котлов предусматривается по газоходам от каждого котла через отдельностоящие дымовые трубы $\varnothing 800$, высотой 40 м от отметки 0.000 котельной, за счет самотяги дымовой трубы. Для уменьшения конденсации влаги из продуктов сгорания газоходы теплоизолируются. Отвод конденсата из дымового тракта предусматривается через гидрозатвор. В нижней части дымовых труб (существующих) предусмотрены люки для осмотра, очистки и устройства для отвода конденсата в систему канализации.

Для циркуляции сетевой воды установлены насосы сетевой воды. В котельной существует два выхода теплосети. Для циркуляции сетевой воды предусмотрены две группы сетевых насосов, установленные на подающих трубопроводах. На линии теплосети, идущей к кварталу №16 установлены 3 насоса НК 200-400 (два насоса рабочих, один резервный).

На линии теплосети, идущей к кварталу №14 установлены 2 насоса НК 125-400 (один насос рабочий, один резервный).

Для коммерческого учета тепла отпускаемого котельной, установлены теплосчетчики на 2-х выходах теплосети из котельной, на трубопроводах собственных нужд котельной.

Подпитка системы теплоснабжения осуществляется из бака запаса воды емкостью 25 м³. Бак установлен в здании котельной.

На каждом котле установлены трехходовики фирмы «Honeywell», которые поддерживают температуру воды на входе в котел не менее 60°C для защиты котлов. Для циркуляции сетевой воды внутрикотельного контура устанавливаются насосы IL 200-240-15/4 фирмы «Wilo» (Германия) у каждого котла. Для циркуляции сетевой воды используются существующие насосы. Регулирование теплоносителя по температуре наружного воздуха предусмотрено:

- каскадным включением котлоагрегатов;
- установкой на электродвигателях сетевых существующих насосов частотных преобразователей.

Установка частотных преобразователей позволяет использование данных сетевых насосов для летнего режима.

Компоновка котельной разработана с применением комплектных узлов заводского изготовления, состоящих из котлов, насосов и регулирующих устройств.

Все импортные материалы и оборудование сертифицированы для применения на территории России.

В соответствии с требованиями «Инструкции по контролю за содержанием окиси углерода в помещениях котельных» и требованиями безопасности для автоматизированных котельных по загазованности метаном в котельной устанавливаются датчики контроля окиси углерода и метана. Предусмотрена необходимая сигнализация с отключением подачи газа при аварийных ситуациях

3.4 Тепловая схема котельной

Тепловая схема котельной - двухтрубная тупиковая, закрытая.

Тепловая схема котельной предусматривает получение горячей воды с параметрами 105-80°C / 95-70°C (график внутрикотельного контура 105-80°C, сетевого контура 95-70°C.) идущей на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Схема получения теплоносителя двухконтурная с нагревом сетевой воды в пластинчатых водоводяных подогревателях НН № 65 ф. «Ридан» (Россия).

Регулирование температуры воды, поступающей в тепловую сеть, происходит в зависимости от температуры наружного воздуха на основе графика температурной компенсации. При этом в зависимости от нагрузки и температуры обратного теплоносителя, включается необходимое число котлов, и обеспечивается требуемый режим горения для обеспечения расчетной температуры подачи наружного контура теплоснабжения. Порядок включения котлов зависит от времени наработки. Котлами, частотными преобразователями и насосами управляет контроллер фирмы "SIEMSENS" S7-300.

Заполнение системы теплоснабжения и восполнение потерь теплоносителя предусматривается подпиточной водой, которая получается после водоподготовки, работающей по схеме одноступенчатого Na- катионирования с включением на регенерацию по расходу. Для сетевого контура используется существующая водоподготовка с существующей установкой химической деаэрации.

Хранение подпиточной воды предусмотрено в баке запаса воды $V = 25 \text{ м}^3$ в здании котельной.

Данные полученные от производственного отдела котельной представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расходы воды по котельной

Наименование	Расход воды м ³ /сут	Расход воды м ³ /ч	Расход воды л/с
Подпитка системы:	292,8	20,0	3,39
Хозяйственно-бытовые нужды:	3,85	1,23	0,62
Итого:	296,65	21,23	4,01

Избыток воды от температурного расширения теплоносителя в сетевом контуре сбрасывается в открытый расширительно-подпиточный бак емкостью

25 м³, из которого, в случае необходимости подпитки, вода насосом закачивается обратно в сетевой контур.

Избыток воды от температурного расширения теплоносителя в котловом контуре компенсируется мембранными баками.

Предусмотрено использование существующей установки умягчения воды непрерывного действия производительностью 20 м³/ч,

Для предотвращения попадания кислорода в воду открытым баке запаса V=25м³ - добавляется герметик АГ-4И, образующий воздухонепроницаемую пленку на поверхности воды. Для предотвращения попадания в сеть герметика, в баках на присоединительных патрубках и патрубках слива установлены гидрозатворы. На рисунке 3.4.1 представлен план трубопроводов котельной поселка АМЗ г. Челябинск.

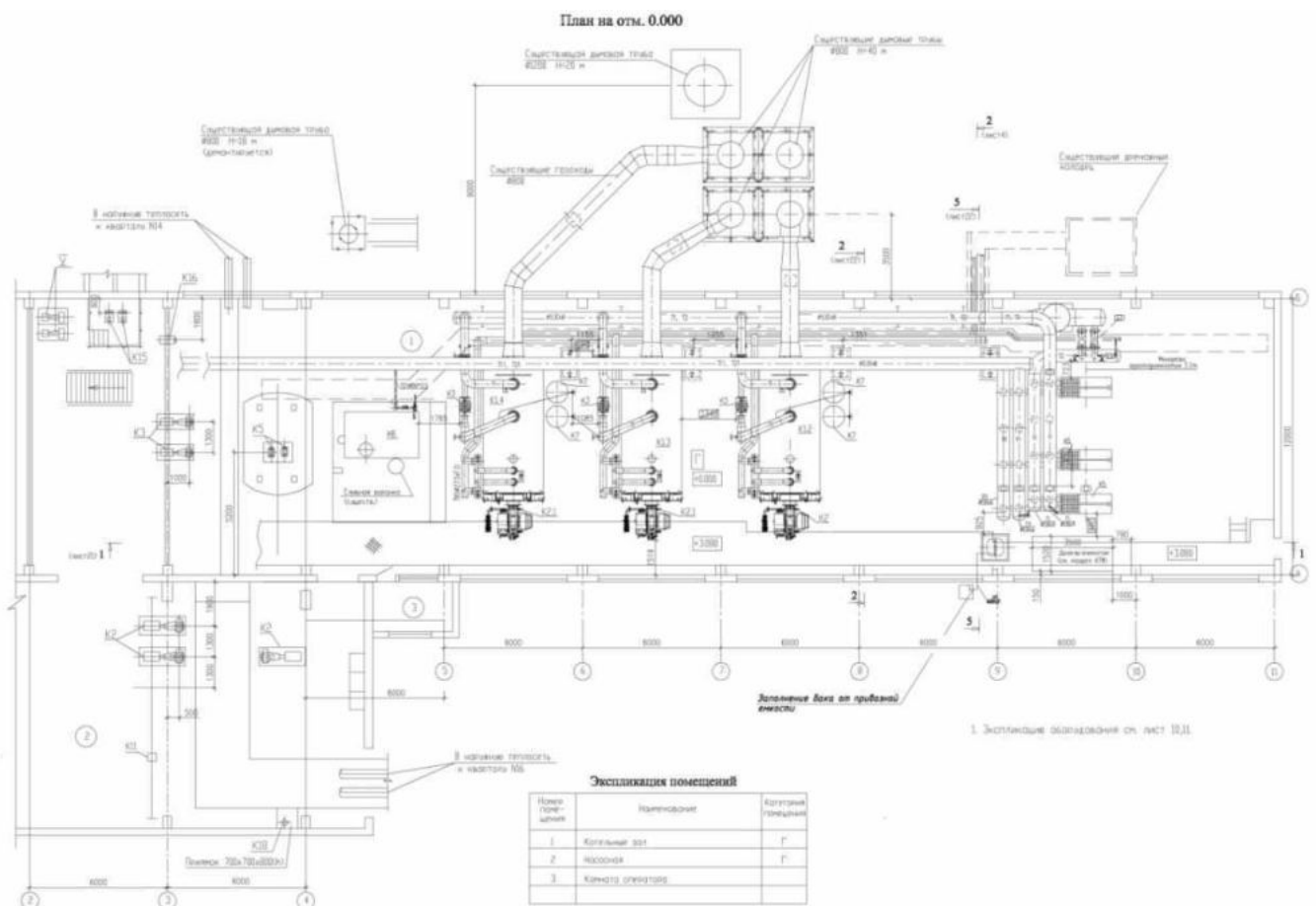


Рисунок 3.4.1 - План трубопроводов котельной

3.5 Газоснабжение

Газ, предусматриваемый для газоснабжения, должен соответствовать требованиям ГОСТ 5542-87. Давление газа на вводе в здание котельной составляет < 0,25 МПа.

На вводе газа в котельную устанавливается клапан термозапорный, фильтр, клапан электромагнитный нормально закрытый фланцевый с питанием от сети переменного тока 220V, запорный кран с электроприводом.

Снижение давления газа со среднего входного (<0.25 МПа) до рабочего (30 кПа) осуществляется в проектируемой рампе у каждого котла (в соответствии с заданием на проектирование).

Газопроводы внутри котельной оборудованы продувочными трубопроводами. На продувочном трубопроводе установлен штуцер с краном для отбора проб.

Давление газа перед горелками составляет 30 кПа.

Диаметры газопроводов определены из условий соблюдения бесшумности и стабильной работы газового оборудования.

Работа газоиспользующего оборудования предусмотрена без обслуживающего персонала.

3.6 Система защиты и сигнализации котельной

В котельной предусматривается система контроля загазованности по угарному газу и по метану на базе датчиков RGDCOOMP1 и RGDМЕТMP1, производства фирмы "Seitron", Италия. При увеличении концентрации угарного газа или метана и достижении порога срабатывания датчика, подается команда закрытия отсечного электромагнитного клапана на вводе газа в ГРУ - подача газа к котлам прекращается. При поступлении сигнала "Пожар" от системы охранно-пожарной сигнализации, также подается команда на закрытие отсечного газового клапана.

Авария и превышение концентрации СО и СН извещается звуковым и световым сигналом в помещении оператора котельной.

Системы приточной и вытяжной вентиляции при пожаре выключаются.

Установлено рабочее (220В), ремонтное (12В) и аварийное освещение. Для аварийного освещения предусмотрена установка светильника со встроенным аккумулятором.

Расстояние от концевых участков продувочных и сбросных трубопроводов до заборного устройства приточной вентиляции предусмотрено документацией не менее 3м по вертикали.

Остекление оконных переплетов (ПВХ) в соответствии с документацией принято одинарным из стекла толщиной 3 мм.

Выводы по разделу три

1) Рассмотрены основные технические характеристики рассматриваемой котельной поселка АМЗ г. Челябинска.

2) Представлены общие данные котельной, дана характеристика здания котельной, рассмотрены существующие технологические решения, тепловая схема котельной, система газоснабжения и система защиты и сигнализации котельной.

4 ТЕПЛО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА ТЕРМОТЕХНИК ТТ100

4.1 Нормирование качества воды в теплоэнергетике

Нормирование качества воды преследует две цели: во-первых, обеспечение нормальной эксплуатации оборудования - предотвращение его разрушения и обеспечение безопасности людей и, во-вторых, достижение экономически оптимальных параметров эксплуатации оборудования.

Чем интенсивнее факторы риска (давление пара и воды в котлах, например), чем опаснее ожидаемые показатели (например, загрязнение исходной воды вредными для человека примесями), тем большее значение приобретает при нормировании качества воды первая из указанных целей. В предельных случаях, к примеру, для котлов высокого давления или для воды горячего водоснабжения (т.е. для питьевой воды) нормирование качества потребляемой воды производится жестко - без оглядки на экономические параметры.

И, напротив, там, где опасность факторов риска слабее или их вообще нет, экономические показатели - прежде всего - оказываются в поле внимания специалистов - разработчиков норм качества воды.

Следует отметить, что в зарубежных странах общегосударственные нормативы содержат только показатели, определяющие работу оборудования, исключаящую возникновение опасности здоровью или жизни людей. Все остальное отдано на усмотрение фирм - производителей оборудования.

В нашей стране издавна сложились практика: нормированием качества воды, в частности, для оборудования низких параметров занимались разные ведомства и даже отдельные организации, что и привело к парадоксальному положению: для одного и того же типа оборудования существуют два и более нормативных документа, и при выборе конкретного документа для проектирования или эксплуатации господствуют вкусовщина и конъюнктуризм.

4.2 Назначение и конструктивные особенности водогрейного котла

Котлы серии ТЕРМОТЕХНИК тип ТТ100 — это трехходовые водогрейные газотрубные котлы мощностью от 1,0 до 20,0 МВт. [30]

Котлы ТТ100 изготавливаются в соответствии с требованиями Технических регламентов Таможенного союза: «О безопасности машин и оборудования»; «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»; «О безопасности аппаратов, работающих на газообразном топливе».

Общий вид котла представлен на рисунке 4.2.1.

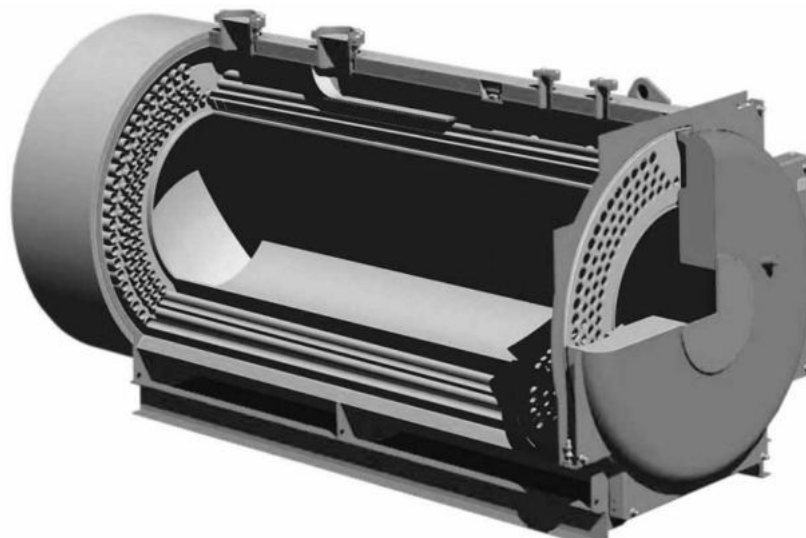


Рисунок 4.2.1 - Общий вид котла ТЕРМОТЕХНИК тип ТТ100

Котлы предназначены для обеспечения технологических процессов различного назначения. Область применения: стационарные, блочно-модульные и транспортабельные котельные, используемые в закрытых и открытых системах теплоснабжения.

Котел ТЕРМОТЕХНИК тип ТТ100 является газотрубным трехходовым котлом.

Принципиальная схема работы котла ТТ100 представлена на рисунке 4.2.2.

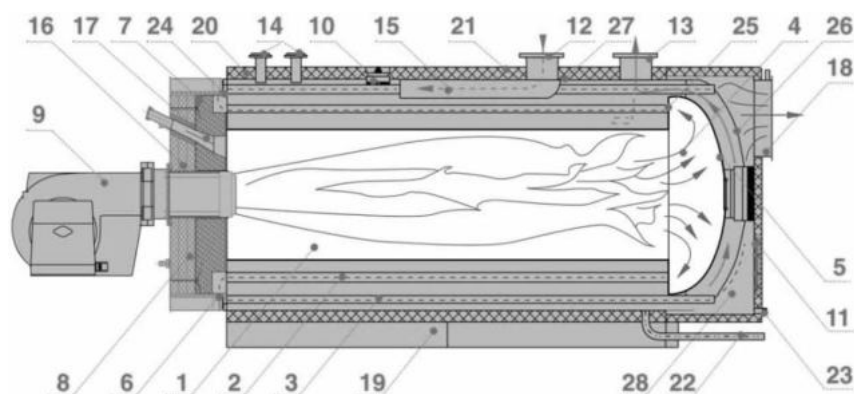


Рисунок 4.2.2 - Схема котла ТТ100: 1 - жаровая труба, 2 - дымогарные трубы второго хода, 3 - дымогарные трубы третьего хода, 4 - первая поворотная камера, 5 - торосферическое днище поворотной камеры, 6 - вторая поворотная камера, 7 - футеровка фронтальной дверцы, 8 - фронтальная дверца котла, 9 - горелочное устройство, 10 - смотровой люк водяной полости котла, 11 - смотровой люк дымовой коробки, 12 - патрубок входа теплоносителя, 13 - патрубок выхода теплоносителя, 14 - патрубки аварийной линии, 15 - водонаправляющий элемент, 16 - горелочная плита, 17 - смотровой глазок, 18 - патрубок отвода уходящих газов, 19 - стальные несущие опоры, 20 - теплоизоляция котла, 21 - тисненое алюминиевое покрытие, 22 - дренажный патрубок котла, 23 - дренажный патрубок дымовой коробки, 24 - передний фронт (трубная доска), 25 - задний фронт (трубная доска), 26 - торосферическое днище корпуса котла, 27 - обечайка наружного кожуха котла, 28 - дымовая коробка

Сгорание топлива происходит в камере сгорания, образованной жаровой трубой 1, задним фронтом 25 и торосферическим днищем поворотной камеры 5. Дымовые газы, образовавшиеся в камере сгорания, разворачиваются в первой поворотной камере 4, образованной задним фронтом 25 и торосферическим днищем поворотной камеры 5, и попадают в дымогарные трубы второго хода 2, по которым перемещаются в область переднего фронта 24 при этом отдавая часть своей энергии теплоносителю, циркулирующему в объеме котла, ограниченном жаровой трубой 1, передним фронтом 24, задним фронтом 25, торосферическим днищем поворотной камеры 5, дымогарными трубами второго хода 2, дымогарными трубами третьего хода 3, обечайкой наружного корпуса котла 27 и торосферическим днищем корпуса котла 26.

После выхода из дымогарных труб второго хода 2 отдавшие часть своей энергии газы разворачиваются во Второй поворотной камере 6, образованной футеровкой фронтальной дверцы 7 и лицевой стороной переднего фронта 24, и через дымогарные трубы третьего хода 3 двигаются в обратном направлении в сторону торосферического днища корпуса котла 26, также отдавая при этом часть своей тепловой энергии теплоносителю, циркулирующему в объеме котла. После выхода из дымогарных труб третьего хода 3 газы поступают в дымовую коробку 28, откуда через патрубок отвода уходящих газов 18 покидают пределы котла.

При сгорании топлива в камере сгорания эффективно работает излучение факела, передающее тепло стенкам жаровой трубы 1 и далее теплоносителю, циркулирующему в объеме котла. При движении газа по трубам второго хода 2 и трубам третьего хода 3 передача тепла теплоносителю осуществляется конвекцией.

Визуальный осмотр факела, развернутого в жаровой трубе, осуществляется через смотровой глазок 17, расположенный на передней стенке фронтальной дверцы котла 8.

Фронтальная дверца котла 8 может полностью открываться с установленным на ней горелочным устройством 9 в любом направлении. При открытой фронтальной дверце обеспечивается доступ для осмотра и чистки внутренних теплообменных поверхностей котла по газовой стороне, таких как Дымогарные трубы второго хода 2, дымогарные трубы третьего хода 3, жаровая труба 1, передний фронт 24.

Для очистки дымогарных труб второго хода 2 и дымогарных труб третьего хода 3 должны использоваться специальные комплекты для чистки. При очистке дымогарных труб второго хода 2 отложения продуктов сгорания выталкиваются в первую поворотную камеру 4, откуда удаляются через жаровую трубу 1, внутренняя поверхность которой становится доступна для осмотра и чистки при открывании фронтальной дверцы котла 8. При чистке дымогарных труб третьего хода 3 отложения продуктов сгорания выталкиваются в дымовую коробку 28, откуда удаляются через смотровой люк дымовой коробки 11.

В верхней части котла расположен смотровой люк водяной полости 10. Данный люк предназначен для осмотра внутренних теплообменных поверхностей котла по водяной стороне.

Патрубки входа теплоносителя 12, выхода теплоносителя 13 и патрубки аварийной линии 14 располагаются сверху котла. На патрубках входа и выхода теплоносителя имеются специальные штуцеры для установки датчиков температуры.

На обечайке наружного кожуха котла 27, с водяной стороны, в области расположения патрубка входа теплоносителя 12, располагается водонаправляющий элемент 15. Данный элемент позволяет эффективно организовать движение теплоносителя в объеме котла.

Для монтажа горелочного устройства 9 на фронтальной дверце котла 8 используется переходной элемент — горелочная плита 16 или, при необходимости, фланец-удлинитель. горелочная плита (фланец-удлинитель). По умолчанию котлы оснащаются глухой горелочной плитой.

Для равномерного распределения весовой нагрузки котла, заполненного теплоносителем, в конструкции применяются стальные несущие опоры 19. Котел на данных опорах может быть размещен на ровном, прочном полу без устройства дополнительного фундамента. Фиксация опор к закладным пола не требуется, за исключением случаев установки котла в модульных котельных, подлежащих транспортировке в собранном виде.

Для теплоизоляции котла 20 применяются ламельные минеральные маты с низким значением коэффициента теплопроводности, что позволяет значительно уменьшить коэффициент q_5 (потери тепла в окружающую среду через обшивку котла) ниже нормативного значения (0,5 %O). Снаружи котел облицован тисненым алюминиевым покрытием 21, что позволяет сохранить эффектный внешний вид на протяжении всего срока службы.

Дренажный патрубок котла 22 расположен в нижней его части и служит для полного или частичного удаления теплоносителя из внутренней полости. Дренажный патрубок дымовой коробки 23 расположен в нижней ее части и служит для удаления конденсата, образовавшегося в котле при пусках из холодного состояния.

В верхней части котла на обечайке наружного кожуха 27 имеются специальные грузоподъемные проушины, являющиеся местами строповки при перемещении котлов, их погрузке и выгрузке. Трехходовая схема газового тракта котла с низкой теплонапряженностью камеры сгорания обеспечивает удобную настройку режимов горения котла и минимизирует содержание NO_x в уходящих дымовых газах.

Низкое аэродинамическое сопротивление котла и соответствующие габариты жаровой трубы позволяют наиболее оптимально подобрать горелочное устройство.

Крепление первой поворотной камеры котла на едином опорно-скользящем или жестком (для котлов свыше 8,0 МВт) анкере обеспечивает компенсацию циклических тепловых напряжений и, следовательно, большой срок службы котлов. Технические характеристики котлов ТЕРМОТЕХНИК тип ТТ100 представлена в таблице 4.1. Зависимость расхода воды котлов ТЕРМОТЕХНИК ТТ100 представлена на рисунке 4.2.3.

Таблица 4.1 – Технические характеристики котлов ТТ100 [30]

Наименование параметра	Значение
Максимальная температура на выходе из котла, °С	115
Минимальная температура на входе в котел, °С	60
Максимальное рабочее избыточное давление, МПа	0,6
Минимальный расход воды, м ³ /ч	Не регламентируется
Минимальная мощность первой ступени горелки, %	10
Назначенный срок службы, лет, не менее	25
Назначенный ресурс, ч, не менее	200000
Номинальный расход воды в зависимости от Δt , м ³ /ч	см. график
Гидравлическое сопротивление водяного тракта при расходе теплоносителя в зависимости от Δt , Па	см. график
Эксплуатационный КПД, %	не менее 94
КПД на максимальной нагрузке, %	94,2
КПД при использовании теплообменника, %	95,6
Температура уходящих газов, °С	158
Температура уходящих газов при наличии теплообменника, °С	118
Расход уходящих газов, кг/с	3,73
Аэродинамическое сопротивление газового тракта для максимальной мощности, Па	1415
Объем топки, м ³	6,55
Водяной объем котла, м ³	9,00
Масса сухого котла (допуск на массу 4,5 %), кг	16376

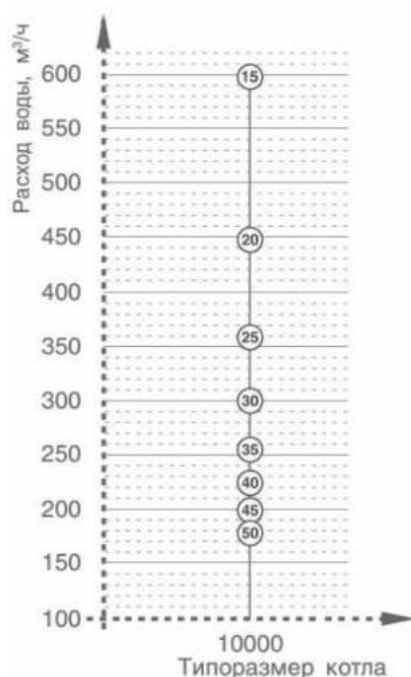


Рисунок 4.2.3 - Зависимость расхода воды котлов ТТ100 от Δt

4.3 Качество котловой воды

Эксплуатация котлов без докотловой или внутрикотловой обработки воды запрещается. Особое внимание необходимо уделять качеству котловой воды, которое в большинстве случаев является определяющим фактором, влияющим

на срок службы котла и всего котельного оборудования. Водный режим должен обеспечивать работу котла без повреждения его элементов вследствие отложений накипи и шлама или в результате коррозии металла.

Состав воды на входе в котел должен соответствовать указанным величинам показателей. Меры по достижению нормативных показателей воды изложены в РД 24.031.120—91.

В помещении котельной должен постоянно находиться журнал по водоподготовке, в который необходимо регулярно заносить информацию по водно-химическому режиму котла. В качестве теплоносителя допускается использование незамерзающих жидкостей по согласованию с заводом-изготовителем. Показатели качества сетевой воды приведены в таблице 4.2. [3]

Таблица 4.2 – Показатели качества сетевой и подпиточной воды для водогрейных котлов

Наименование показателя	Значение
Прозрачность по шрифту, см, не менее	30
Карбонатная жесткость, мкг-экв/кг, не более	700
Содержание растворенного кислорода, мкг/кг, не более	50
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe), мкг/кг, не более	500
Значение рН при 25 °С	7,0–11,0
Свободная углекислота, мг/кг	Отсутствует
Содержание нефтепродуктов, мг/кг, не более	1,0

4.4 Особенности физико-химических условий эксплуатации водогрейных котлов

При изучении опыта эксплуатации ВК был выявлен ряд присущих им конструктивных недостатков и нарушений режима эксплуатации, что особенно заметно при использовании мазута в качестве основного топлива.

Важное значение при совершенствовании конструкций и разработке способов повышения надежности оборудования имеют данные о структуре и составе внутренних отложений, позволяющие получить информацию об особенностях теплохимических условий их эксплуатации.

Для получения информации о структуре отложений был проведен анализ внутренних отложений из труб внутри котельной и наружных тепловых сетей.

Конструктивные недостатки котлов и не строгое соблюдение норм ПТЭ создают благоприятные условия для возникновения поверхностного кипения на отдельных участках и способствуют накоплению солей и продуктов коррозии на участках температурной разверки, особенно в зонах с повышенной тепловой нагрузкой. Обычно оксиды железа присутствуют в воде при низкой температуре в форме гематита Fe_2O_3 , но при повышенных тепловых нагрузках возможны возникновение микропары и образование магнетита Fe_3O_4 .

В реальных условиях внутренняя поверхность труб изначально покрыта слоем железооксидных отложений, образовавшихся в результате стояночной

коррозии. В процессе эксплуатации котла происходит увеличение толщины слоя из-за поступающих с теплоносителем продуктов коррозии и местной коррозии.

Увеличение толщины слоя, снижение пористости и размеров паровых и жидкостных каналов способствуют при данных теплогидравлических условиях концентрированию примесей на границе раздела металл – отложения. Высокие концентрации агрессивных примесей стимулируют местную коррозию и развитие повреждений. Поступающие продукты коррозии и кристаллизующиеся из теплоносителя (ТН) соли приводят к уменьшению проходных сечений каналов, их закупорке и, в конечном счете, к уплотнению слоя. Последующие слои отличаются меньшей плотностью и большим количеством солевых компонентов. Одновременно происходит повышение термического сопротивления слоя, особенно резко проявляющееся при парообразовании и заполнении пор паровой фазой. При этом возрастает температура стенки и намечается тенденция к увеличению деформации стенки и последующему разрушению трубы, как правило, на ослабленных участках [18].

Основной причиной повреждаемости труб ВК и тепловых сетей являются теплогидродинамические разверки, обусловленные, с одной стороны, конструктивными особенностями, а с другой – значительными отложениями на внутренних поверхностях труб, что в свою очередь вызвано неудовлетворительной промывкой последних и стояночной коррозией. Поэтому даже улучшение качества ТН путем глубокого умягчения не способно привести к повышению долговечности работы теплообменных поверхностей, так как этому мешает процесс концентрирования отложений в пористой структуре.

4.5 Образование отложений накипи в водогрейных котлах

Образование отложений накипи в ВК Основной причиной частых разрушений котельных секций, вызывающих аварийный выход котлов, являются отложения (накипеобразование) солей жесткости на внутренней поверхности секций, приводящие к значительному повышению температур радиационной поверхности и термических напряжений до предельных величин. Для выработки практических путей снижения накипеобразования были проведены исследования в стендовых и промышленных условиях [12]. Было установлено, что образование твердой фазы на поверхности теплообмена является результатом кристаллизация из раствора при достижении пересыщения его в пристенном слое, т.е. при $C > Pt_{ст}$, где C – концентрация раствора в потоке, $Pt_{ст}$ – растворимость при температуре стенки $t_{ст}$ В обогреваемых каналах это условие достигается для растворов, растворимость которых снижается с ростом температуры. Выражение для удельного потока вещества, направленного к стенке j , кг/ (м²), определяется по формуле (1):

$$J = A \cdot (C - Pt_{ст}) - j_{сн}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, характеризующий интенсивность массообмена в канале, кг/(м²);

$C - Pt_{cm}$ – концентрационный напор;

$j_{сн}$ – поток сноса вещества, отложившегося на поверхности, кг/(м²), определяется гидродинамическим воздействием потока и адгезией слоев накипи.

Зависимость интенсивности процесса от условий теплообмена следует из того, что Pt_{cm} – зависит от $t_{cm}^{6н}$, которая определяется теплообменом (q , α , t_b). Трудность расчета и прогнозирования процесса связана с тем, что величина характеристики процесса A , определяемая гидродинамикой в секции, зависит от многих условий (геометрии и размеров канала, скорости потока, положения канала в поле сил тяжести). Котловые воды и воды тепловых сетей (ТС) представляют собой многокомпонентные растворы, содержащие множество солей, что вносит определенные особенности.

Вывод: для повышения долговечной работы теплообменных поверхностей ВК необходима разработка конструкций, обеспечивающих полное отсутствие или минимальные теплогидродинамические разверки, а также соответствующих горелочных устройств и т.д. В процессе эксплуатации оборудования целесообразно осуществлять мероприятия по снижению стояночной коррозии, его качественные промывки, особенно перед началом эксплуатации, контроль качества ТН. Одним из альтернативных решений может быть двухконтурная схема подогрева сетевой воды в промежуточном теплообменнике.

Выводы по разделу четыре

1) Рассмотрены тепло-химические условия работы котельной с 3-мя водогрейными котлами ТТ100 «ТЕРМОТЕХНИК» фирмы «Энтророс» мощностью 10 МВт каждый, предназначенные для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и сооружений поселка АМЗ в Советском районе г. Челябинска.

2) Изучено назначение и конструктивные особенности водогрейного котла, рассмотрены требования к качеству котловой воды, особенности физико-химических условий эксплуатации водогрейных котлов, а также причины образования отложений и накипи.

5 ВЛИЯНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ КОТЕЛЬНОЙ

5.1 Влияние качества воды на работу котла

Наличие примесей в питательной воде приводит к явлениям, существенно усложняющим работу КА и тепловых сетей. В первую очередь следует выделить накипеобразование, загрязнение и внутреннюю коррозию в трубах. Накипеобразование на внутренней поверхности обогреваемых труб относится к наиболее нежелательным явлениям. При появлении накипи толщиной δ_n на внутренней поверхности труб повышается температура стенки $t_{ст}$ на наружной обогреваемой поверхности металла по причине низкой теплопроводности λ_n . Даже весьма небольшой слой накипи приводит к весьма существенному повышению температуры металла труб и их разрыву из-за потери механической прочности, что считается тяжелой аварией в КА. Растворение веществ в воде приводит к полной или частичной их диссоциации с образованием соответствующих ионов. Питательная вода содержит в основном следующие ионы: катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионы OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , $HSiO_3^-$. Ион натрия Na^+ легко образуется при растворении в воде многих природных соединений, в их числе соли – хлорид натрия (поваренная соль) $NaCl$, сульфат натрия (глауберова соль) Na_2SO_4 , карбонат натрия (кальцинированная сода) Na_2CO_3 , гидроксид натрия (каустическая сода, натровый щелок) $NaOH$ и другие [11].

При соприкосновении воды с горячей стенкой трубы в поверхностном слое вследствие испарения воды достигается состояние насыщения, и избыток вещества выпадает из раствора в осадок, образуя на стенке трубы твердые и плотные отложения – накипь. Очень твердую накипь дают силикаты $CaSiO_3$ и сульфаты $CaSO_4$ кальция.

Часто встречается кислородная коррозия. Свободный кислород, содержащийся в воде, электрохимически взаимодействует с металлом и вызывает его разрушение. Наиболее подвержены кислородной коррозии внутренние поверхности труб экономайзеров.

5.2 Нормы качества питательной, сетевой, подпиточной котловой воды

Водно – химический режим работы котла должен обеспечивать надежность всей системы, включая питательный тракт, без повреждения элементов из-за отложений накипи и шлама, повышения относительной щелочности (т.е. доли свободного едкого натра $NaOH$ в общем солевом составе котловой воды) до опасных пределов или коррозии металла [13].

Все ВК должны быть оборудованы установками для докотловой обработки воды. Выбор способа обработки воды для питания котлов осуществляет проектная организация.

На основании теплотехнических испытаний котлов и длительного опыта их эксплуатации установлены нормы качества сетевой и подпиточной воды для ВК таблица 5.1. [3].

Качество подпиточной и сетевой воды ВК должно удовлетворять требованиям, указанным в таблице 5.1.

Нормы качества котловой воды, необходимый режим ее коррекционный обработки, режимы непрерывной и периодической продувок принимаются на основании инструкции предприятия – изготовителя котла, типовых инструкций по введению водно – химического режима и других ведомственных нормативных документов или на основании результатов теплотехнических испытаний [17].

Таблица 5.1 – Нормы качества сетевой и подпиточной воды ВК [3]

Показатель	Система теплоснабжения					
	открытая			закрытая		
	Температура сетевой воды, °С					
	115	150	200	115	150	200
Прозрачность по шрифту, см, не менее	40	40	40	30	30	30
Карбонатная жесткость, мкг - экв/кг, при рН не более 8,5	800/700	750/600	375/300	800/700	750/600	375/300
Карбонатная жесткость, мкг - экв/кг, при рН более 8,5	Не допускается			По расчету ОСТ 108.030.47-81		
Содержание растворенного кислорода	50	30	20	50	30	20
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe) мкг/кг	300/-	200/250	250/200	600/500	500/400	375/300
Значение рН при 25 ⁰ С	7...8,5			7...11		
Содержание нефтепродуктов, мг/кг	1,0					

5.3 Защита водогрейных котлов от накипи

В процессе эксплуатации водогрейных котлов на внутренних поверхностях нагрева образуются отложения, которые в конечном счете ведут к повреждению металла котлов. Отложения обычно представляют собой соединения содержащихся в циркулирующей воде кальция и магния, а также железа. Традиционно воду умягчают по способу натрий-катионирования. При этом на 1 м³ обрабатываемой воды расходуется 1-1,5 кг натрий хлорида, образуется 0,15-0,20 м³ сточных вод, причем в сбросах может содержаться до 60-80% израсходованной соли. По экологическим ограничениям такие установки включать в проекты новых котельных уже не всегда возможно. Кроме того, при производительности более 3-4 м³/ч натрий-катионитные установки требуют значительных капитальных затрат и постоянного ответственного обслуживания, что для современных котельных становится затруднительным.

Эффективная защита водогрейных котлов с температурой подогрева воды до 115°С в закрытых системах теплоснабжения как с водогрейными котлами, так и с пароводяными подогревателями может быть достигнута путем дозировки комплексонов. Расход реагентов — 2-4 г на 1 м³ подпиточной воды, сточные воды не образуются. Объем обслуживания водоподготовки, особенно при большой производительности, существенно сокращается. Многолетний

опыт работы водогрейных котлов с дозировкой комплексонов вместо традиционной натрий - катионитовой водоподготовки в коммунальных предприятиях теплоснабжения и отдельных котельных Московской, Ярославской, Тульской, Тверской, Брянской, Белгородской, Челябинской и ряда других областей подтверждает надежность этой водоподготовки.

Для дозирования реагентов в настоящее время используются дозаторы с подачей раствора реагента с помощью насосов или различных клапанных или эжекторных систем. Часто используются автоматические дозаторы со специальными химическими насосами. Дозатор поставляется в виде металлического шкафа, внутри которого размещены винипластовая емкость для реагента с датчиком уровня и дозировочный насос. На шкафу или на стене монтируется электронный блок управления. В комплект поставки входит также расходомер подпитки с электрическим выходом, который подключается к блоку управления. Дозировку можно установить либо по расходу подпитки, когда на каждый сигнал счетчика-расходомера в систему подается заранее заданное количество раствора, либо периодически по времени. Дозатор размером в плане 210x410 мм и высотой 800мм с баком на 30 л может быть размещен на стене, дозатор размером в плане 540x540 и высотой 1300 мм с баком на 200 л устанавливается на полу. Перед включением в работу новой котельной необходима промывка тепловых сетей и систем теплоснабжения повышенным расходом воды. Вода должна циркулировать помимо котлов. Часть воды сбрасывается из системы и компенсируется подпиткой из водопровода. Промывка производится до осветления циркулирующей воды. При подключении к новой котельной старых тепловых сетей и систем теплоснабжения водной промывки, как правило, недостаточно, и в проекте целесообразно предусмотреть реагентную промывку тепловых сетей и систем отопления. В качестве реагентов используют обычно композиции из органических и неорганических кислот и фосфонатов. В крайнем случае, следует провести хотя бы обычную гидропневматическую промывку.

Промывка старых тепловых сетей и систем отопления заметно повышает эффективность теплоснабжения от новой котельной. Кроме того, следует учитывать, что применяемые для ингибирования накипеобразования комплексоны связывают не только растворенные в воде соединения кальция, магния и железа, но и старые коррозионные и накипные отложения в системах отопления. Поэтому в первый период работы котельной с дозировкой комплексонов идет отмывка систем теплоснабжения, необходим сброс части воды, расход реагентов повышен, требуется химический контроль за процессом. Если не проводить предварительную промывку теплосетей и систем отопления, то этот период может растянуться на длительное время, поскольку дать на отмывку слишком большое количество реагента при работающих котлах нельзя из-за опасности сильного загрязнения сетевой воды отмытыми отложениями.

Особенно опасно загрязнение сетевой воды для жаротрубных котлов. Они более чувствительны к качеству воды, чем водотрубные, из-за низкой скорости воды вокруг жаровой трубы, особенно на верхней и нижней образующей, и из-за более высоких тепловых напряжений топочного объема. Из-за большого

водяного объема и малой скорости воды к интенсивно нагреваемой жаровой трубе могут прикипать отложения, вынесенные водой из тепловых сетей и систем отопления.

Известны аварии жаротрубных котлов по этим причинам. Могут также сказываться конструктивные особенности котлов, например, неудачный выбор горелок с концентрацией факела во фронтальной части жаровой трубы. В связи с этим для жаротрубных котлов использовать комплексоны можно только под руководством специализированной организации и при организации химконтроля на первый период эксплуатации котельной. После отмывки тепловой сети и систем отопления особых проблем не возникает, дозирование комплексонов обеспечивает надежную работу котлов. Можно организовать дозирование комплексонов только для защиты котлов практически без отмывки систем отопления. Можно отметить, что с водотрубными котлами проблем при отмывке систем отопления не было.

Защита систем горячего водоснабжения от накипи и коррозии.

Для защиты систем горячего водоснабжения следует использовать разрешенные санитарными нормами реагенты. Кроме того, необходимо использовать только автоматическое дозирование комплексона, чтобы не допускать повышения его концентрации в воде при пониженном водоразборе. Такой способ обработки воды для горячего водоснабжения в настоящее время начал использоваться в ЦТП Белгорода, Курска и других городов. При использовании цинкового комплекса можно обеспечить защиту систем горячего водоснабжения от коррозии. В системах ГВС при начале дозирования комплексонов также требуется предварительная отмывка систем от накипи и продуктов коррозии.

Для открытых систем теплоснабжения, как и для закрытых, ограничением по применению комплексонов является температура подогрева воды - до 115°C. Другое важнейшее ограничение связано с использованием только реагентов, разрешенных к применению в системах горячего водоснабжения. При этом концентрация реагентов в сетевой воде не должна превышать ПДК. В связи с этим для каждой конкретной системы теплоснабжения необходимо в лабораторных условиях проверить эффективность обработки воды различными комплексонами или композициями. Например, для открытой системы теплоснабжения с расходом подпитки 100-180 м³/ч с жесткостью исходной воды около 18 ммоль/кг и температурой подогрева воды в бойлерах до 90°C удалось подобрать режим обработки и композицию реагентов, обеспечивающие практически безнакипный режим. Предложенная система обработки воды работает уже больше года, проектная схема водород - катионирования подпиточной воды теплосети отключена.

Отмывка систем отопления это обязательная операция, во всех теплосетях при дозировке комплексонов на первом этапе (от 3 до 8 недель, иногда и больше) идет отмывка систем отопления от железоокисных и кальциевых отложений. Обычно за этот срок отмываются даже старые системы, в которых ежегодная промывка не проводилась в течение многих лет. Практически во всех случаях обслуживающий персонал систем отопления и жители отмечали существенное улучшение работы систем отопления и отопительных приборов в

квартирах. В некоторых случаях, как уже указывалось, при отмывке систем отопления с жаротрубными котлами были случаи выхода из строя котлов из-за осаждения на горизонтальных поверхностях нагрева отмытых из систем отопления отложений. Это отмечалось только на жаротрубных котлах, которые в отмываемых сетях являются фактически грязевиками-отстойниками. Аналогичные проблемы с водотрубными котлами отсутствовали.

В целом опыт показывает, что за несколько недель во время отопительного сезона можно провести отмывку систем отопления, подключенных к котельной. Это относится только к котельным с водотрубными котлами. Эту промывку можно вести независимо от обработки воды для защиты котлов от накипи, например, при работающих системах натрий-катионирования. После окончания отопительного сезона можно провести дополнительно простую гидропневматическую промывку отдельных систем.

На период промывки потребуется установка специального оборудования или доработка существующего практически без останова котельной. В частности необходимо обеспечить фильтрацию части, сетевой воды через специальные небольшие фильтры, которые необходимо изготовить и подключить к тепловой сети - (на часть расхода). В некоторых котельных может потребоваться установка дополнительных баков подпитки тепловой сети вместимостью 1-2 м³ если они отсутствуют. Необходима также установка автоматических дозаторов комплексонов и пробоотборников, а также организация периодической продувки из котлов и из теплосети. В каждом случае следует разработать схемы дополнительного оборудования, Тем не менее объем работ по монтажу дополнительного оборудования практически невелик и при относительно небольших затратах может быть выполнен за несколько дней. На период промывки требуется организация периодического химического контроля.

В некоторых случаях можно провести на ходу и отмывку котлов комплексоном при относительно небольшом расходе реагента.

Таким образом, использование комплексонов в котельных и системах теплоснабжения дает значительный эффект. В частности, в паровых котельных можно разгрузить водоподготовку путем перевода котельной на дозировку комплексонов. В отопительных котельных с температурой воды до 115°С можно использовать дозировку комплексонов в качестве водоподготовки. С их помощью вести на ходу промывку тепловых сетей и систем отопления, а в некоторых случаях и водогрейных котлов. Однако при всех применениях следует учитывать указанные ограничения — по температуре воды, по санитарным требованиям для горячего водоснабжения, по использованию в котельных с жаротрубными котлами.

5.4 Методы и схемы водоподготовки котельных

Долговечность поверхностей нагрева КА и систем теплоснабжения зависит от качества питательной и подпиточной воды. Показателями качества воды являются: прозрачность, т.е. содержание взвешенных веществ, легко удаляемых при механическом фильтровании; сухой остаток – содержание минеральных и

органических примесей после выпаривания; жесткость – содержание солей кальция и магния; щелочность – содержание в воде анионов HCO_3^- (бикарбонатов), CO_3^{2-} (карбонатов) и OH^- (гидратов); содержание агрессивных газов (O_2 и CO_2) [8].

Основной задачей подготовки воды в котельных является борьба с коррозией и накипью. Коррозия поверхностей нагрева котлов, подогревателей и трубопроводов ТС вызывается кислородом и углекислотой, которые проникают в систему вместе с питательной и подпиточной водой. При нагреве и испарении воды из нее выпадают различные растворенные соли, часть из которых осаждается на поверхностях нагрева в виде плотного слоя с низкой теплопроводностью, называемого накипью. Требования, предъявляемые к воде, используемой в паровых и ВК различны, т.к. в паровых котлах вода испаряется, а в ВК – только нагревается [22].

Наиболее важным показателем качества воды является ее жесткость. Различается жесткость постоянная (некарбонатная), обуславливаемая наличием в воде хлоридов, сульфатов и других некарбонатных солей кальция и магния, и временная (карбонатная), обуславливаемая присутствием в воде бикарбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и магния $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ [22].

Общая жесткость воды J_0 равна сумме концентраций в ней катионитов кальция (J_{Ca}) и магния (J_{Mg}) и выражается в миллиграмм – эквивалентах на килограмм (мг-экв/кг).

Для перерасчета концентраций кальция и магния, выраженных в мг/кг, в мг-экв/кг их делят на эквивалентные массы этих катионитов, по формуле (2):

$$J_{\text{Ca}} = \text{Ca}^2 + /20,04; J_{\text{Mg}} = \text{Mg}^2 + /12,16, \quad (2)$$

где Ca^{2+} и Mg^{2+} - концентрация в воде катионитов кальция и магния, мг/кг; 20,04 и 12,16 – эквивалентные массы кальция и магния [24].

Общей щелочностью воды Щ_0 называется выраженная в мг – экв/кг суммарная концентрация содержащихся в воде анионов OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , HSiO_3^- и SiO_3^{2-} .

Необходимое качество воды зависит от типа котла и вида топлива.

Общая щелочность и сухой остаток питательной воды не нормируются, а обуславливаются выбранными в соответствии с нормами и методами обработки воды. Щелочность питательной воды, мг-экв/кг, можно определить по формуле (3):

$$\text{Щ}_{н.в} = \alpha_{о.в} \text{Щ}_{о.в} + (1 - \alpha_{о.в}) \cdot \text{Щ}_к, \quad (3)$$

где $\alpha_{о.в}$ – доля химически обработанной воды;

$\text{Щ}_{о.в}$ – щелочность очищенной воды, мг-экв/кг;

$\text{Щ}_к$ – щелочность конденсата, мг-экв/кг. (При отсутствии данных о качестве конденсата $\text{Щ}_к = 0,05$ мг-экв/кг.)

Сухой остаток питательной воды, мг/кг определяется по формуле (4):

$$S = \alpha_{o.в} \cdot S_{o.в} + (1 - \alpha_{o.в}) S_k, \quad (4)$$

где $S_{o.в}$ – сухой остаток очищенной воды;

S_k – сухой остаток конденсата, мг/кг (при отсутствии данных сухой остаток принимается равным 5 мг/кг).

Источниками водоснабжения производственных и ОК могут служить поверхностные воды рек, озер и искусственных водохранилищ, а также центральный водопровод и подземные воды из артезианских скважин. Поверхностные воды всегда содержат растворенные вещества и нерастворенные механические примеси.

Подземные воды обычно бывают прозрачными и практически не содержащими механических примесей. Солеосодержание подземных вод, как правило, выше, чем поверхностных. Наибольшее значение для водоснабжения установок имеют поверхностные воды рек и озер. Расход воды в реках и качество речной воды изменяется циклично не только по времени года, но и в многолетнем разрезе. В связи с этим нельзя проектировать водоподготовительные установки (ВПУ) для обработки поверхностных вод на основании случайных анализов воды. Необходимо пользоваться полными и достаточно точными анализами, выполненными в химических лабораториях не только по сезонам года, но и за ряд лет.

Пригодность воды для энергетических целей и выбор соответствующих методов обработки решаются только после определения следующих показателей: содержание взвешенных веществ, сухого остатка, жесткости, щелочности, содержания хлоридов, сульфатов и агрессивных газов.

При использовании в котельной вод из открытых источников для удаления взвешенных и органических веществ рекомендуются следующие методы обработки воды: 1) фильтрование через однослойные механические фильтры с загрузкой антрацита крупностью 0,5-1,2 мм для вод с содержанием взвешенных веществ до 50 мг/кг; 2) фильтрование воды через двухслойные механические фильтры с загрузкой кварцевого песка крупностью 0,5 – 1,2 мм и антрацита крупностью 0,8 – 1,8 мм для вод с содержанием взвешенных веществ до 100 мг/кг; 3) осветление с последующим фильтрованием через механические фильтры при содержании в воде взвешенных веществ более 100 мг/кг; 4) известкование с коагуляцией с последующим осветлением или фильтрованием при окисляемости более 15 мг/кг O_2 , концентрации железа более 1 мг/кг и необходимости снижения щелочности исходной воды [19].

Для умягчения и снижения щелочности исходной воды могут быть применены следующие методы обработки: Na – катионирование; Na – NH_4 – катионирование; H – катионирование с последующим удалением углекислоты (декарбонизацией); NaCl – ионирование; известкование с коагуляцией.

Выбор метода обработки воды для ТС определяется требованиями к качеству подпиточной воды и зависит от системы теплоснабжения – открытая

или закрытая и от качества исходной воды. При подогреве сетевой воды в ВК для открытых или закрытых систем теплоснабжения необходимо снизить карбонатную жесткость подпиточной воды до 0,7 мг – экв /кг.

Для подпитки ТС, где не требуется удаления солей постоянной жесткости (карбонатная жесткость допускается до 0,7 – 1,5 мг – экв /кг – при подогреве воды в теплообменниках и до 0,4 мг – экв / кг – при установке ВК) широко применяется Н – катионирование с «голодной» регенерацией. Na – NH₄ – катионитный метод обработки воды применяется, когда требуется снизить щелочность и солесодержание котловой воды и защитить пароконденсатный тракт от коррозии. Этот метод не следует применять, если имеется опасность аммиачной коррозии оборудования, изготовленного из латуни и других медных сплавов, если в паре не допускается содержание аммиака (например, в пищевой промышленности) и если ТН используется для открытых систем теплоснабжения.

Наибольшее распространение получило последовательное Н – Na – катионирование с так называемой «голодной» регенерацией Н – катионитных фильтров.

Метод NaCl – катионирования воды применяется, когда необходимо одновременно с умягчением снижать щелочность исходной воды.

Обрабатываемая вода после первой ступени Na – катионирования фильтруется через фильтр, загруженный анионитом и катионитом, т.е. вторая ступень катионирования проходит в Na – катионитном фильтре совместно с Cl – анионированием. Методом NaCl – ионирования воды можно получить жесткость до 0,01 мг – экв /кг и снижение щелочности до 0,2 – 0,6 мг – экв /кг.

Метод известкования с коагуляцией исходной воды представлен на рисунке 5.4.1, обычно используемый для обработки вод поверхностных источников, относится к методам осаждения. В процессе обработки воды удаляются связанная и свободная углекислота, достигается обезжелезивание, снижение сухого остатка и щелочности и удаление органических веществ.

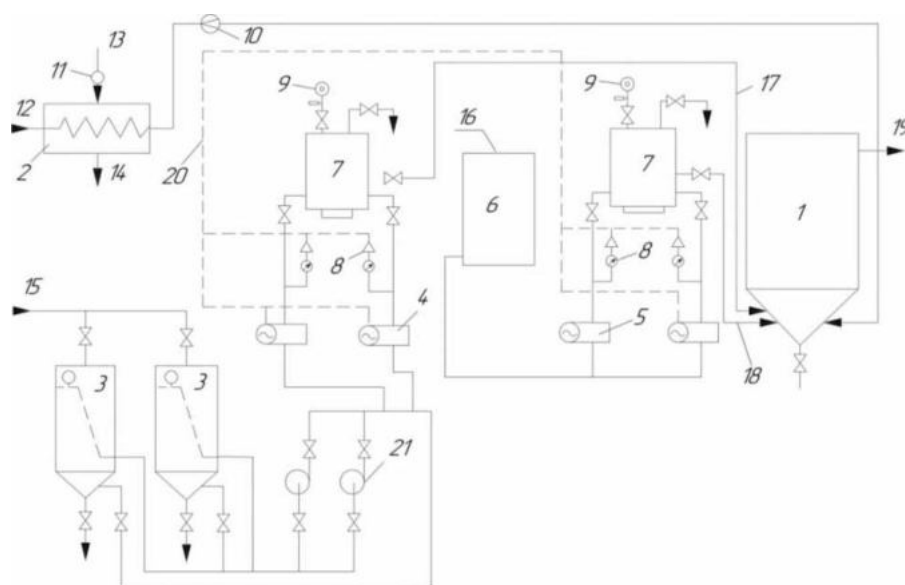


Рисунок 5.4.1 - Схема коагуляции и известкования воды в осветителе: 1 – осветитель; 2 - паровой подогреватель; 3 - мешалка известковая; 4 - насос-

дозатор известкового молока; 5 - насос-дозатор раствора коагулянта; 6 - бак раствора коагулянта; 7 - колпак воздушный; 8 - манометр электро-контактный; 9 - манометр пружинный; 10 - расходомер показывающий; 11 - регулятор температуры подаваемой воды; 12 - трубопровод обрабатываемой воды; 13 - паропровод; 14 - конденсатопровод; 15 - трубопровод известкового молока; 16 - трубопровод осветленного раствора коагулянта; 17 - трубопровод дозируемого известкового молока; 18 - трубопровод раствора коагулянта; 19 - трубопровод осветленной воды; 20 - линия импульсная; 21 - насос циркуляционный.

Известкование основано на связывании ионов, подлежащих удалению, в малорастворимые соединения, осаждаемые в виде шлама. Вода после отстойников – осветлителей обрабатывается на механических На – катионитных фильтрах и направляется в деаэрационную установку котельной. Подогрев воды перед известкованием должен проводиться до температуры 40 °С.

Магнитный метод обработки воды основан на явлении, что вода после воздействия на нее магнитного поля при последующем ее нагреве в котле не дает накипных отложений на поверхности нагрева. Соли жесткости выпадают в виде шлама и должны непрерывно удаляться из нижних точек котла.

Магнитную обработку воды для систем теплоснабжения следует предусматривать при соблюдении следующих условий: подогрев воды – не выше 95 °С; карбонатная жесткость исходной воды – не более 9 мг – экв/кг; содержание железа в исходной воде – не более 0,3 мг/кг.

При этом следует предусматривать вакуумную деаэрацию, если содержание кислорода в исходной воде более 3 мг/кг и содержание хлоридов и сульфатов более 50 мг/кг (независимо от содержания кислорода) [13].

Наиболее широкое применение в ВПУ котельных получили вертикальные напорные однопоточные фильтры, загруженные дробленным антрацитом или кварцевым песком.

Для загрузки фильтров требуется песок с размерами зерен от 0,35 до 2,0 мм. Скорость фильтрования воды в напорных осветлительных фильтрах принимается 5 – 6,5 м/ч (и до 10 м/ч, если фильтры включены после осветлителей). Продолжительность фильтроцикла должна быть не меньше 8 ч, количество установленных фильтров при производительности установки о 100 м³/ч следует принимать не менее двух (при G_ф>100 м³/ч устанавливается не менее трех фильтров).

Общая площадь фильтрования, м², определяется, исходя из производительности установки, по формуле (5):

$$F = G_f \cdot \alpha / \omega_{f0}, \quad (5)$$

где G_ф – производительность фильтров, м³/ч;

α – коэффициент, учитывающий расход осветленной воды на собственные нужды, для расчетов принимают 1,03 – 1,10;

ω_{f0} – скорость фильтрования, при нормальном режиме $\omega_{f0} = 6,0$ м/ч.

Для выбора стандартного диаметра фильтров ниже приводится таблица площадей фильтрования таких фильтров (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Площадь фильтрования стандартных фильтров

Диаметр фильтра, мм	700	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площадь фильтрования, м ²	0,38	0,78	1,78	3,14	5,3	7,10	9,10

При приготовлении воды для котельных и тепловых сетей получил распространение катионитный метод обработки воды. Na – катионитная установка является наиболее простой и дешевой установкой для умягчения воды. Умягчение воды можно осуществлять по одноступенчатой либо двухступенчатой схеме.

Приготовление воды для паровых экранированных котлов, требующих глубокого умягчения, осуществляется двухступенчатым Na-катионированием; для тепловых сетей, требующих снижения карбонатной жесткости подпиточной воды до 0,4 – 0,7 мг – экв /кг, достаточно одноступенчатого Na-катионирования. Na-катионитная установка может быть использована лишь при отсутствии в обрабатываемой воде грубодисперсных и коллоидных примесей.

В котельных установках для приготовления воды большое распространение получило H – катионирование с «голодной» регенерацией фильтров. Кроме того, существуют три различные схемы – параллельного, совместного и последовательного H-Na - катионирования.

При схеме параллельного H-Na – катионирования (рисунок 5.4.2) умягчаемая вода двумя параллельными потоками направляется на H – и Na – катионитные фильтры, после чего вода поступает в общий трубопровод. H-Na – катионированную воду пропускают через декарбонизатор для удаления свободной углекислоты и через Na – катионитный фильтр второй ступени.

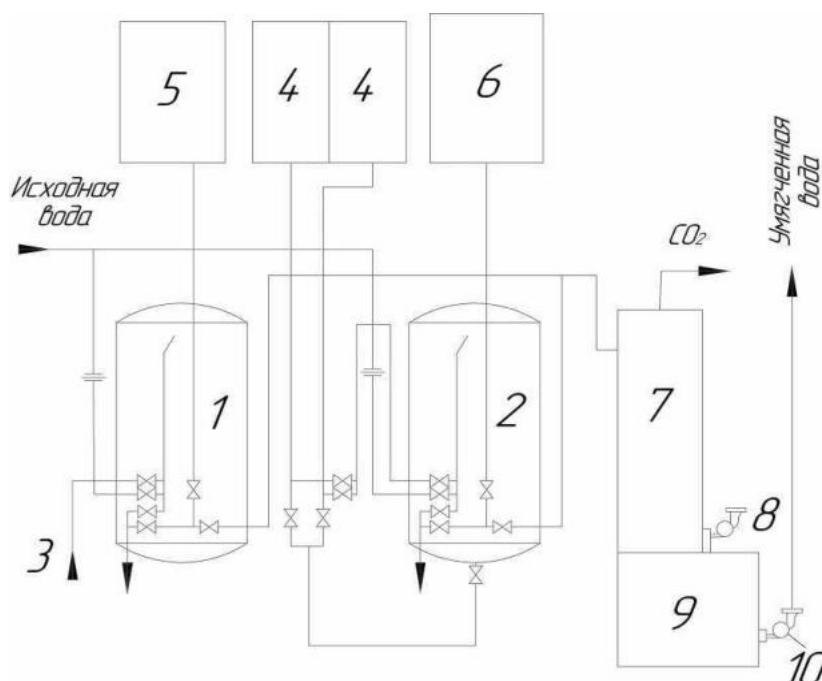


Рисунок 5.4.2 - Схема параллельного H-Na – катионирования: 1 – Na-

катионный фильтр; 2 - Н-катионный фильтр; 3 – трубопровод регенерационного раствора соли; 4 – бак раствора кислоты; 5 – бак для взрыхления Na-катионита; 6 – бак для взрыхления Н – катионита; 7 – декарбонизатор; 8 – вентилятор; 9 – бак промежуточный; 10 – насос перекачивающий.

Такая схема применяется, когда необходимо получить умягченную воду с остаточной щелочностью не выше 0,35 мг – экв/кг и когда суммарное содержание сульфатных и хлоридных ионов в исходной воде не превышает 5 – 7мг – экв/кг, карбонатная жесткость исходной воды составляет более 50% общей ее жесткости.

При схеме совместного Н-Na – катионирования загруженный в фильтры катионит регенерирует сначала кислотой, а затем после ее отмывки поваренной солью. Основным недостатком такой схемы является резкое колебание остаточной щелочности воды за период фильтроцикла.

Описанную схему можно применять, если суммарное содержание ионов SO_4^{2-} и Cl^- в исходной воде не превышает 3,5 – 5 мг –экв/кг и если получаемая щелочность умягченной воды не вызывает заметного увеличения размера продувки паровых котлов.

При схеме последовательного Н-Na – катионирования (рисунок 5.4.3) часть обрабатываемой воды пропускается через Н- катионитные фильтры, далее она нейтрализуется неумягченной исходной водой и направляется в декарбонизатор для удаления свободной углекислоты. Из бака декарбонизированной воды перекачивающий насос подает воду в Na – катионитные фильтры для доумягчения.

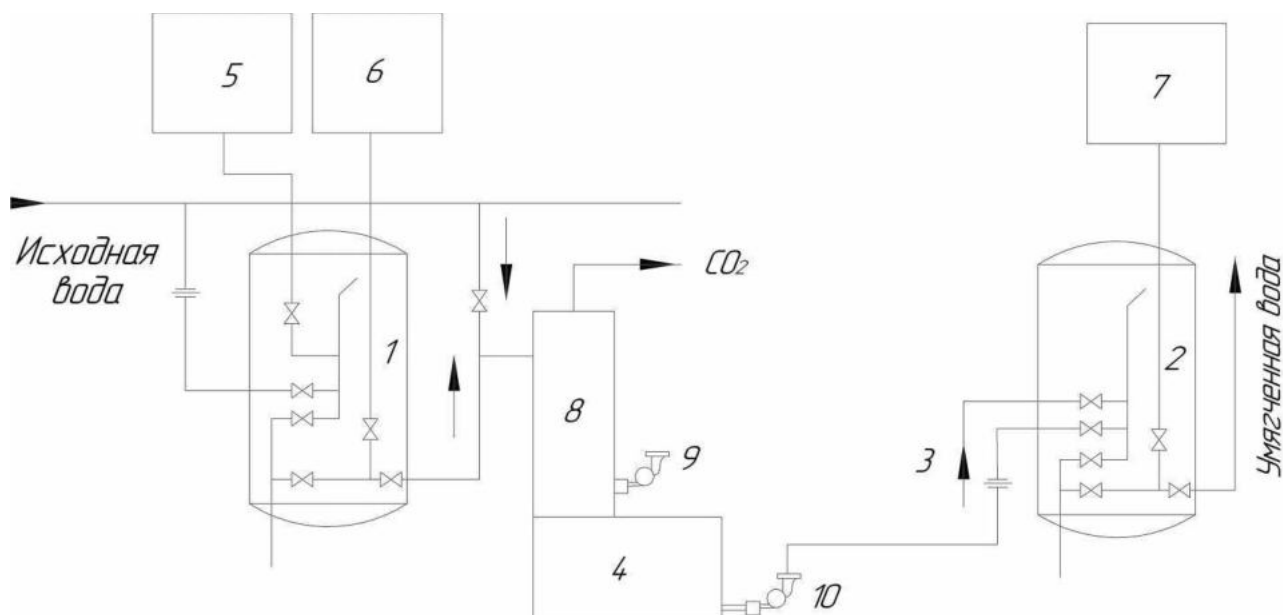


Рисунок 5.4.3 - Схема последовательного Н-Na – катионирования: 1 - Н-катионный фильтр; 2 – Na-катионный фильтр; 3 – трубопровод раствора соли; 4 – бак промежуточный; 5 – бак для раствора кислоты; 6 и 7– баки для взрыхления катионита; 8 – декарбонизатор; 9 – вентилятор; 10 – насос перекачивающий.

Недостатком таких схем является необходимость последовательного прокачивания воды через два фильтра, что увеличивает расход электроэнергии.

Схема последовательного H-Na – катионирования применима для обработки сильноминерализованных вод с содержанием более 1000 мг/кг и в случаях, когда карбонатная жесткость исходной воды не превышает 50% общей жесткости ее, а щелочность умягченной воды не вызывает увеличения продувки паровых котлов [21].

Расчет катионитных фильтров начинают с подбора диаметра фильтра по скорости фильтрования, м/ч, которую определяют исходя из производительности фильтров G_{ϕ} , площади фильтрования F и количества работающих фильтров, α , по формуле (6):

$$\omega = G_{\phi} / F \cdot \alpha, \quad (6)$$

где G_{ϕ} – общая производительность, м³/ч;

F – площадь фильтрования одного фильтра, м²;

α – количество работающих фильтров.

Количество регенераций фильтров в смену принимается: для фильтров с ручным управлением процессом регенерации – не более трех (для всей установки); для фильтров с автоматическим управлением процессом регенерации – не нормируется и определяется в зависимости от скорости фильтрования [20].

Количество работающих фильтров принимается в соответствии с требованиями СП 89.13330.2016.

Для обеспечения надежности работы котельных со стальными водогрейными и паровыми котлами обязательно удаление из воды растворенных в ней коррозионно-активных газов – кислорода и свободной углекислоты. Эти газы вызывают коррозию поверхностей нагрева и трубопроводов котельных и ТС. Нормами установлено, что содержание кислорода в сетевой воде не должно превышать для стальных ВК 0,05 мг/кг, для паровых котлов низкого давления в питательной воде – 0,03 мг/кг.

Деаэрация воды основана на повышении ее температуры до кипения, при котором происходит выделение газов из воды.

В целях улучшения условий выделения газов необходимо максимально увеличивать поверхность деаэрируемой воды с тем, чтобы растворенные газы могли быстро выделяться. Это достигается сливом деаэрируемой воды через сита для образования большого числа струй с малым диаметром или разбрызгиванием ее в отдельные капли. Увеличение поверхности соприкосновения воды с паром может быть получено, кроме того, путем подачи греющего пара в водяной объем бака (барботирование) либо в специальное устройство. Чтобы обеспечить максимально возможную разность скоростей газов в воде и паровом объеме, применяется противоток в направлениях движения греющего пара и потоков воды [18].

Процесс деаэрации может быть осуществлен при разном абсолютном давлении. Если давление над поверхностью воды меньше атмосферного, т.е. вода кипит при температуре ниже 100°C , то такие установки называются вакуумными. Деаэраторы, работающие при давлении, близком к атмосферному (порядка $1,2 \text{ кгс/см}^2$) называют атмосферными. Кипение воды в деаэраторе может быть достигнуто за счет снижения давления ниже атмосферного для самовскипания, что осуществляется в вакуумных деаэраторах, или за счет нагрева воды паром, поступающим в колонку деаэратора атмосферного типа.

Недогрев воды до температуры кипения даже на 1°C приводит к остаточному содержанию кислорода в воде до $0,13 \text{ мг/кг}$ в деаэраторах атмосферного типа, а в вакуумных деаэраторах увеличивает содержание кислорода на $0,05 - 0,09 \text{ мг/кг}$. Поэтому для обеспечения надежной деаэрации воды необходимо подавать в колонку вакуумного деаэратора воду с температурой выше температуры кипения при давлении в нем, в колонку атмосферного деаэратора греющий пар должен поступать с некоторым избытком [17].

Смесь газа и пара в деаэраторах атмосферного типа или в вакуумных деаэраторах, так называемый выпар, должна непрерывно отводиться из верхней части деаэрационной колонки (головки деаэратора) в охладитель, где пар конденсируется, а газы уходят в атмосферу. В деаэраторном баке атмосферного деаэратора, который устанавливается под деаэрационной колонкой, продолжается выделение оставшихся нерастворенных газов из воды. Способ деаэрации воды под вакуумом получил практическое применение в котельных со стальными ВК. Обязательным условием нормальной работы вакуумного деаэратора является его хорошая воздушная плотность и герметичность всей системы трубопроводов, находящихся под разрежением.

Техническая характеристика вакуумных деаэраторов дана в таблицах 5.3 и 5.4.

Вакуумные деаэраторы, перечисленные в таблице 5.2, изготавливаются на монтажной площадке котельной или на заводах.

Принципиальная тепловая схема котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения показана на рисунке 5.4.4.

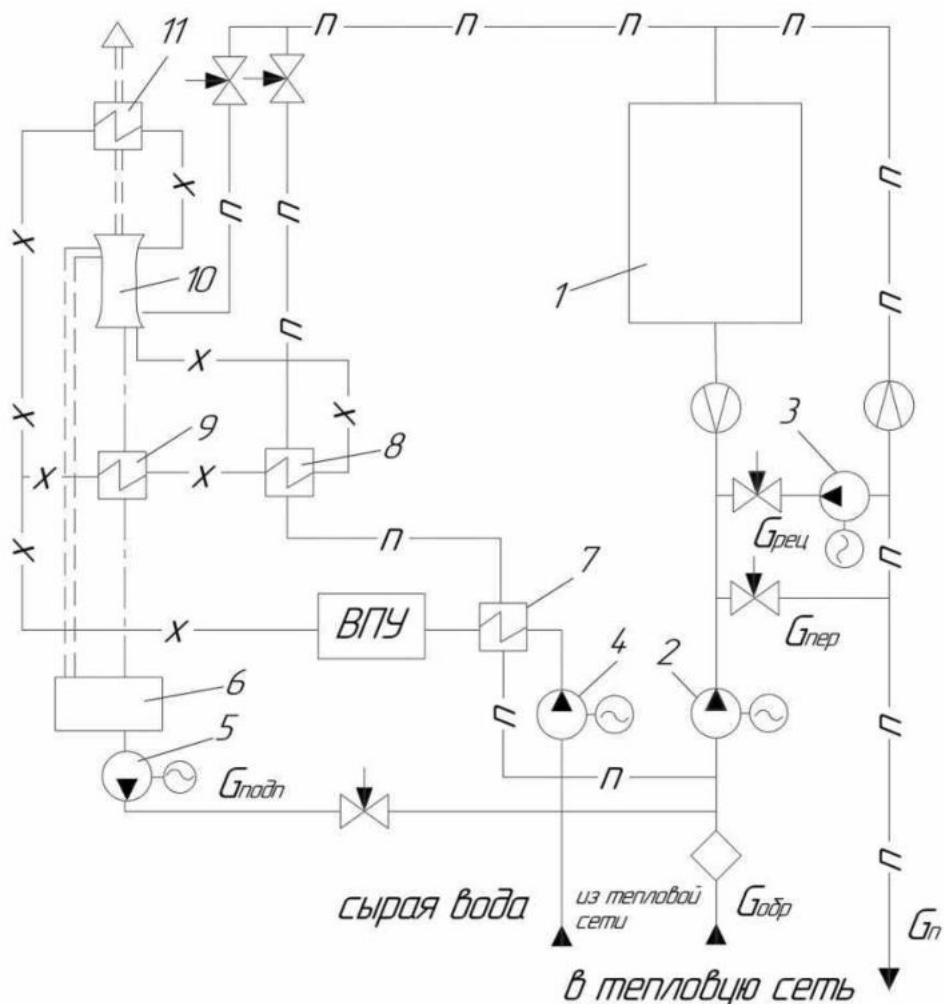


Рисунок 5.4.4 - Принципиальная тепловая схема котельных с водогрейными котлами для закрытых систем теплоснабжения: 1 - котел водогрейный; 2 - насос сетевой; 3 - насос рециркуляционный; 4 - насос сырой воды; 5 - насос подпиточной воды; 6 - бак подпиточной воды; 7 - подогреватель сырой воды; 8 - подогреватель химии чески очищенной воды; 9 - охладитель подпиточной воды; 10 - деаэрастор; 11 - охладитель выпара.

Таблица 5.3 – Технические характеристики вакуумных деаэрасторов малой производительности

Обозначение типоразмера			Номинальные параметры		Область применения
Деаэрастора	Охлаждителя	Водоструйно го эжектора	Произв-сть т/ч	Рабочее давление кгс/см ²	
ДВ-5	ОВВ-2	ЭВ-10	5	0,30	В котельных низкого давления и малой производительности, когда температура питательной воды должна быть ниже 1000 и составлять минимум 700С.
ДВ-15	ОВВ-2	ЭВ-10	15		
ДВ-25	ОВВ-2	ЭВ-30	25		
ДВ-50	ОВВ-8	ЭВ-30	50		
ДВ-75	ОВВ-8	ЭВ-60	75		
ДВ-100	ОВВ-8	ЭВ-60	100		
ДВ-150	ОВВ-16	ЭВ-100	150		
ДВ-200	ОВВ-16	ЭВ-100	200		
ДВ-300	ОВВ-24	ЭВ-220	300		

Техническая характеристика вакуумных деаэраторов, для теплоэлектроцентрали (далее ТЭЦ) дана в таблице 5.4.

Для подачи в вакуумный деаэратор воду подогревают в специальном теплообменнике до 70 – 75⁰С горячей водой из водогрейного котла.

Водяной пар и неконденсирующиеся газы, уходящие из деаэратора, направляют в теплообменник-охладитель выпара для утилизации теплоты пара при его конденсации.

При вакуумной деаэрации охладитель выпара позволяет резко сократить объем парогазовой смеси и охладить ее. Эксплуатация различных конструкций охладителей выпара показала, что наиболее практичным является смешивающий тип охладителя – он прост по конструкции и требует меньшего расхода воды по сравнению с охладителем выпара поверхностного типа, так как последний из-за интенсивной коррозии трубок часто выходит из строя [17].

Таблица 5.4 – Технические характеристики вакуумных деаэраторов для ТЭЦ

Марка деаэратора	Номинальные параметры		Емкость деаэратора, м ³	Область применения
	Производительность, т/ч	Рабочее давление, кгс/см ²		
ДВ-400	400	0,3	14	В котельной с ВК на ТЭЦ
ДВ-800	800	0,3	28	
ДВ-1200	1200	0,3	42	

Выпар в деаэраторах атмосферного типа вытесняется в охладитель избыточным давлением; в деаэраторах вакуумного типа необходим принудительный отсос выпара. Отсасывающее устройство, кроме удаления парогазовой смеси, предназначается для поддержания вакуума в деаэраторе. Его выбирают из расчета максимального выделения растворенных газов, которые принимают с учетом присосов равным 60 г на 1 т деаэрируемой воды.

Для создания вакуума и удаления газов из деаэраторов обычно используются вакуумные насосы ВК-25 с подачей от 4 до 50 м³/мин, пароструйные или водоструйные эжекторы. Для отопительных котельных с водогрейными котлами малой и средней теплопроизводительности, как правило, применяются водоструйные эжекторы (таблица 5.3).

При непрерывно работающей деаэраторной установке необходимо иметь один резервный отсасывающий агрегат, производительность каждого из них выбирают с двух- или трехкратным запасом по отношению к расчетной. Расход воды через эжектор зависит от параметров парогазовой смеси, температуры и давления эжектирующей воды колеблется в пределах от 4 до 50 м³ на один килограмм отсасываемых газов. Температура воды не должна превышать 30⁰С.

На рисунке 5.4.5 показаны возможные схемы работы вакуумных деаэраторов. Обычная двухступенчатая схема деаэрации подпиточной воды приведена на рис. 5.4.5 схема А. Исходная вода после системы химводоочистки подогревается в водо-водяном подогревателе 6 и поступает в вакуумный деаэратор. Греющая среда – прямая вода ТС с температурой 130-150⁰С подается под барботажный лист деаэратора, вскипает, и выделившийся пар барботирует

поток деаэрируемой воды. Температура деаэрированной воды 70°C . Рабочее давление $0,3 \text{ кгс/см}^2$.

На рисунке 5.4.5 схема Б показана схема деаэрации воды при давлении $0,12 \text{ МПа}$ и температуре деаэрированной воды 104°C . Химически очищенная вода подогревается до температуры 94°C и подается в деаэратор. Для подогрева воды в теплообменниках и для барботажа воды в деаэраторе используется горячая вода с температурой $130-150^{\circ}\text{C}$, отбираемая непосредственно за котлом. Деаэрированная вода поступает в закрытый бак подпиточной воды с температурой 104°C .

Третья схема (рисунок 5.4.5 схема В) отличается от описанной второй схемы деаэрации подпиточной воды только установкой специального теплообменника для охлаждения деаэрированной воды после деаэратора до температуры 70°C .

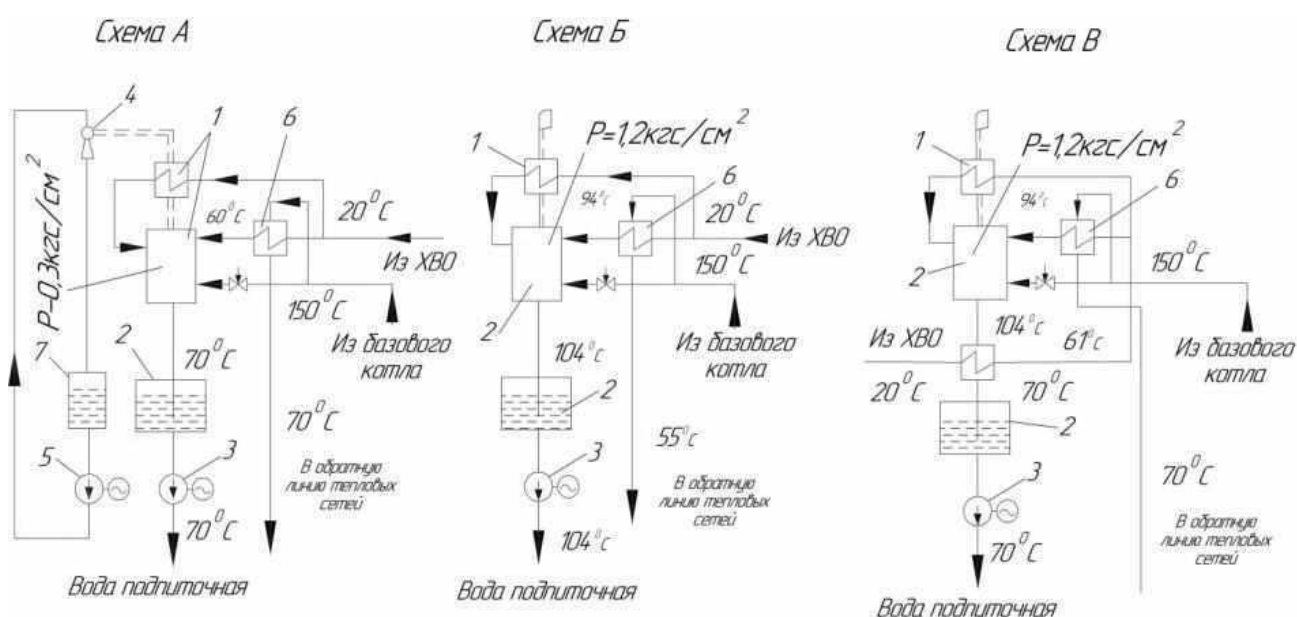


Рисунок 5.4.5 - Возможные схемы вакуумной деаэрации подпиточной воды в котельных с водогрейными котлами: 1 – деаэратор типа ДВ с охладителем выпара; 2 – бак деаэрированной воды; 3 – насос подпиточный; 4 – эжектор водоструйный; 5 – насос рабочий воды; 6 – теплообменник водо-водяной; 7 – бак – газоохладитель.

Отсутствие установленной заводской номенклатуры вакуумных деаэраторов малой и средней производительности и недостаточный опыт их эксплуатации привели к установке в ряде котельных деаэраторов атмосферного типа.

В качестве подпиточной воды для ТС при открытой системе теплоснабжения используется та же деаэрированная вода, что и для питания паровых котлов. В новых производственных и производственно-отопительных котельных с паровыми котлами также предусматривается установка атмосферных деаэраторов типа ДА. Техническая характеристика деаэраторов типа ДА приведена в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Технические характеристики атмосферных деаэраторов

Марка деаэратора	Номинальные параметры		Емкость деаэраторного бака, м ³	Область применения В котельной низкого, среднего и высокого давления
	Производительность, т/ч	Рабочее давление, кгс/см ²		
ДА-5/2	5		2	
ДА-15/4	15		4	
ДА-25/8	25		8	
ДА-50/15	50	1,2	15	
ДА-100/25	100		25	
ДА-200/50	200		50	
ДА-300/75	300		75	

Деаэратор типа ДА с деаэраторным баком, схематически показанный на рисунке 5.4.6, обеспечивает устойчивую деаэрацию питательной воды при работе с нагрузками в пределах от 30 до 120% номинальной производительности. Деаэраторы типа ДА укомплектовываются индивидуальными охладителями выпара и могут быть поставлены без деаэраторного бака.



Рисунок 5.4.6 - Деаэратор типа ДА с деаэраторным баком

В связи с тем, что деаэрационные колонки атмосферного типа (ДА) имеют значительную высоту и иногда плохо компонуются в здании котельных, НПО ЦКТИ совместно с Черновицким машиностроительным заводом разработана другая конструкция деаэраторов, в которых деаэрация воды происходит в двух ступенях – первой ступени, состоящей из невысокой струйной колонки, и второй ступени – специального барботажного устройства в баке – аккумуляторе.

При проектировании паровых котельных малой и средней производительности иногда применяют установку бесколонковых барботажных деаэраторов Уралэнергометаллургии, изготовляемых на монтаже.

Деаэраторы рассчитаны на производительность 10,25,50 и 75 т/ч и рабочее давление в баках от 1,15 до 1,25 кгс/см².

При использовании деаэраторов атмосферного типа количество поступающего в него пара, кг/ч, можно определить из формулы (7):

$$D_{II} = \frac{G(i_2 - i_1)}{i' - i_1} + D_в, \quad (7)$$

где G – производительность деаэратора, кг/ч; i_2 – энтальпия воды при входе и выходе из деаэратора, ккал/кг; i_1 – энтальпия пара, ккал/кг; $D_в$ – потери пара с выпаром, кг/ч, которые следует принимать в пределах от 5 до 10 кг на 1 тонну деаэрируемой воды. Обычные деаэраторы атмосферного типа могут быть приспособлены и для работы в качестве вакуумных, а последние – в виде атмосферных.

При использовании вакуумных деаэраторов в качестве атмосферных вода с температурой около 150 °С подается в колонку вакуумного деаэратора, где поддерживается давление около 1,2 кгс/см², т.е. выше атмосферного. Такой способ несколько упрощает схему вакуумной деаэрации подпиточной воды для ТС, так как исключается установка для создания вакуума.

Выводы по разделу пять

1) Для долгой и продуктивной работы котельного оборудования за ним необходим уход и правильная эксплуатация.

2) Использование технически годной подпиточной воды один из условия продуктивной работы. Она должна соответствовать нормам, которые применяются к данному оборудованию. В зависимости от производства и конструкции котельного оборудования нормативы могут отличаться друг от друга.

3) Для выбора системы водоподготовки необходимо выполнить точный анализ воды, который позволяет определить необходимую технологию водоподготовки. Это может быть использование как одного вида, так и комбинации. Основные требования - отсутствие механических загрязнений, солей кальция и магния, ионов железа и марганца. Для этого выбирается наиболее эффективный способ фильтрации.

6 СУЩЕСТВУЮЩИЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС КОТЕЛЬНОЙ

6.1 Исходные данные существующей водоподготовки

Данные полученные от производственного отдела котельной представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Исходные данные котельной поселка АМЗ г. Челябинск

Объект водопотребления	– водогрейные котлы
Производительность системы подготовки воды	– 20 м ³ /ч
Режим работы	периодический
Источник водоснабжения	муниципальный водопровод
Качество исходной воды:	в соответствии с предполагаемыми показателями лабораторного анализа исходной воды
Качество очищенной воды	в соответствии с требованиями ПБ 10-574-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов

Исходя из представленных показателей лабораторного анализа исходной воды и требований, предъявляемых к качеству воды, корректировке подлежат следующие параметры, представленные в таблице 6.2.:

Таблица 6.2 – Параметры, подлежащие корректировке

Показатель	Ед. измерения	Концентрация	Требуемое значение
рН		7,5	7,0 – 11,0
Жесткость общая	мг-экв/л	4,1	≤ 0,7
Растворенный кислород	мг/л	7	≤ 0,05

С целью достижения нормативного уровня, по показателям используемой воды, на котельной установлена система водоподготовки, состоящую из двух НА- катионитовых фильтров 1 ступени диаметром 600 мм – один фильтр в работе, один на регенерации. Химическое обескислороживание подпиточной воды производится установкой пропорционального дозирования сульфата натрия в трубопровод подпиточной воды.

6.2 Технологическая часть с аппаратным оформлением

Источником водоснабжения котельной является городской водопровод. Поступающая вода на котельную поселка АМЗ г. Челябинск, проходит через 2 фильтра механической очистки ARKFLDF 2, где проходит очистку от механических примесей, затем подается на установку умягчения воды

непрерывного действия типа «2850 DX» с электронным клапаном 3230/3240, состоящую из двух идентичных натрий – катионитовых фильтров (умягчителей) \varnothing 600 мм. В работе находятся два фильтра одновременно.

Каждая из ступеней установки умягчения состоит из двух Na-катионитных фильтров, загруженных катионообменной смолой в количествах, указанных в технических данных таблицы 6.3.

Таблица 6.3 – Технические данные оборудования

Жесткость общая	3,5 ± 0,5 мг-экв/л
Щелочность общая	2,7 ± 0,5 мг-экв/л
Характеристика действующего оборудования	Механическая установка умягчения воды
Тип фильтра	ФиПа1-1,0-0,6-Na
Кол-во одновременно работающих фильтров	2 шт.
Ионообменный материал	Катионит КУ-2
Полная обменная емкость	1700(КУ 2-8)
Рабочая обменная емкость	1090 (КУ 2-8)
Объем катионита (1 фильтр)	1,5 м ³ (с учетом износа)
Производительность	20 м ³ /ч
Удельный расход соли	
Доза соли на одну регенерацию (1 фильтр)	195 кг (КУ 2-8)
Объем умягченной воды за фильтроцикл	450 м ³ (КУ 2-8)
Бак солерастворитель	5000 л
Автоматическая установка умягчения воды	
Фильтр 2 шт.	Pentair Water France SAS 2850 piston NBP
Бак раствора соли	1 шт.

Установки непрерывного действия серии «FS» предназначены для умягчения воды, используемой для подпитки систем теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Умягчение воды осуществляется методом натрий-катионирования при фильтровании через слой ионообменной смолы.

Регенерация ионообменной смолы производится раствором поваренной соли. Для этого используется таблетированная соль, которая засыпается непосредственно в солевые баки установки умягчения.

Установка умягчения работает в закрытом помещении энергоцентра с температурой воздуха от +20°C до + 35°C, оборудованном системами энергоснабжения, водоснабжения, вентиляции, пожаротушения и канализации.

Водопроводная сеть обеспечивает подачу механически очищенной воды с параметрами, необходимыми для нормальной работы установки:

- давление на входе 4,0 кгс/см².
- параметры сети электропитания: напряжение 220 В, частота 50 Гц.

На рисунке 6.2.1 представлена принципиальная схема трубопроводов водоподготовки котельной.

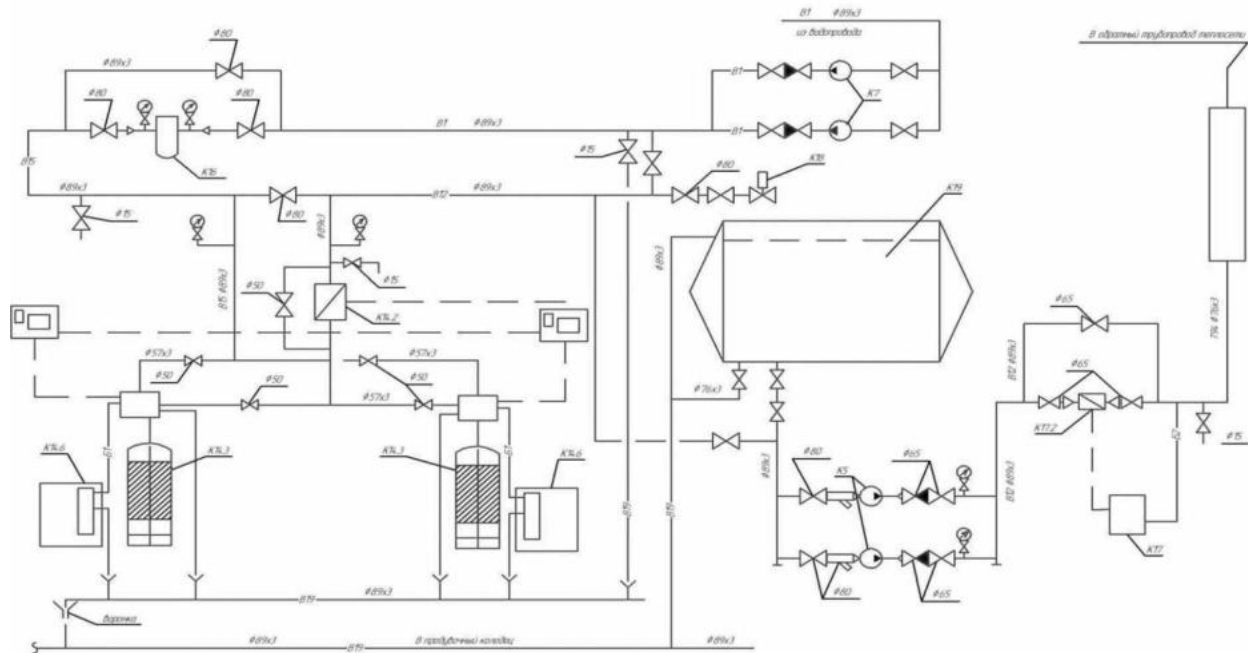


Рисунок 6.2.1 - Принципиальная схема трубопроводов водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск: В1 - трубопровод хозяйственно-питьевой, В2 - трубопровод воды после механического фильтра, В12 - трубопровод химочищенной воды, В19 - трубопровод переливов, сливов, дренажей водоподготовки, Б1 - трубопровод раствора соли, Б2 - трубопровод раствора сульфита натрия, К7 - насосы сырой воды, К16 – фильтр, К14.2 - водомерный блок управления, К14.3 - натрий-катионитный фильтр, К14.6 - бак солевой, К18 - электроклапан, К19 - бак запаса химочищенной воды, К5 - подпиточные насосы, К17.2 - водомер импульсный, К17 - насос дозатор сульфита натрия

Каждый из двух фильтров оснащен верхним и нижним дренажно-распределительными устройствами, блоком управления.

Корпуса фильтров изготовлены из полиэтилена с наружной оплеткой из стеклопластика, дренажные устройства - из ПВХ, контактирующие с водой элементы блока управления - из латуни.

К блоку управления подключены трубопроводы исходной воды, умягченной воды, канализации и регенерационного солевого раствора.

На выходе умягченной воды из каждой ступени установки умягчения находится встроенный штатный импульсный водосчетчик (10 л/1 имп.), сигнал которого передается счетному механизму контроллера, входящего в состав блока управления установки умягчения.

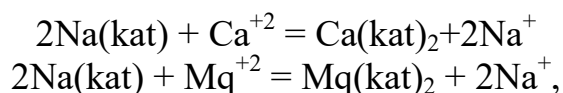
Контроллер управляет проведением стадий регенерации фильтров. К нему подсоединяется импульсный выход от водосчетчика. Воспринимая импульсы от водосчетчика, контроллер управляет работой всей установки, т.е. дает сигналы на выход в режим регенерации или в режим умягчения одного или второго фильтра.

Установка запрограммирована на работу в режиме «Непрерывка»: один из фильтров всегда находится в режиме работы, в то время как второй - в режиме регенерации или ожидания. При выходе работающего фильтра в режим

регенерации, второй фильтр, который находился в режиме ожидания, включается в работу.

Умягчение воды происходит по ионообменному механизму, заключающемуся в том, что катионы кальция и магния из воды переходят в фазу катионита, а из катионита в воду переходят катионы натрия. По мере пропускания воды через катионит наступает момент исчерпания обменной емкости, после чего следует перевести катионит в рабочее состояние, т.е. «отрегенерировать».

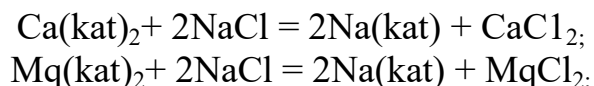
Натрий-катионитовый метод происходит по следующим реакциям:



где kat – катионит

В качестве ионообменного материала в фильтрах используется катионит КУ-2.

В процессе умягчения катионит постепенно насыщается катионами кальция и магния, истощение его происходит сверху вниз. При регенерации истощенного катионита происходят следующие реакции:



На остаточное содержание катионов жесткости в фильтрате значительное влияние оказывают следующие факторы:

- удельный расход реагента на регенерацию - с его увеличением растёт емкость поглощения и улучшается качество обработанной воды;
- температура исходной воды и регенерационного раствора - ионообменный процесс с повышением температуры ускоряется.
- природа катионита;
- отношение высоты фильтрующего слоя к диаметру фильтра, характеризующее гидродинамический режим фильтра, с увеличением этого соотношения улучшается качество обрабатываемой воды и увеличивается емкость поглощения.

На величину удельного расхода соли существенное влияние оказывает концентрация регенерационного раствора, а также скорость пропуска.

Объем умягченной воды до регенерации пересчитывает контроллер по заданным при программировании блока управления значениям жесткости исходной воды и обменной емкости катионита. В ходе пусконаладочных работ и эксплуатации значение жесткости исходной воды скорректировано, и соответственно, объем воды до регенерации, изменен.

После прохождения через установку заданного объема воды контроллер переключает блоки управления фильтров в режим регенерации или работы в соответствии с заданной программой.

Для восстановления работоспособности катионообменной смолы проводится ее регенерация раствором поваренной соли, который засасывается из расходного бака эжектором, встроенным в блок управления. Промывные воды и отработанный регенерационный раствор сбрасываются в канализацию.

Обслуживающий персонал должен вовремя пополнять запас таблетированной поваренной соли в солевом баке. Уровень соли в баке солерастворителе всегда должен быть выше уровня воды.

Промывка и регенерация катионообменной смолы происходит в 4 стадии.

1. Первая стадия - обратная промывка, подача воды производится снизу вверх, расход воды на обратную промывку.

2. Вторая стадия - обработка смолы регенерационным раствором в направлении сверху вниз и медленная отмывка.

3. Третья стадия - быстрая промывка в направлении сверху вниз.

4. Четвертая стадия - заполнение солевого бака водой для автоматического приготовления регенерационного раствора.

Натрий-катионитные параллельно-точные фильтры первой ступени, котельной поселка АМЗ г. Челябинск изображены на рисунках 6.2.2а, 6.2.2б.



Рисунок 6.2.2а - Фильтр натрий-катионитовый параллельно-точные



Рисунок 6.2.26 - Фильтр натрий-катионитовый параллельно-точные

Существующая установка умягчения воды находится в неудовлетворительном состоянии. Изношенность бака-солерастворителя делает эксплуатацию водоподготовительного оборудования опасной.

Na - катионитовый фильтр (умягчитель) состоит из следующих элементов:

- Корпуса колонны из пищевого стекловолокна, без швов, что обеспечивает максимальную прочность и коррозионную стойкость. Корпус представляет собой полый цилиндр с куполообразными верхом и дном. Такая форма обеспечивает оптимальные рабочие характеристики. Для устойчивости корпус установлен на подставке. В верхней части имеется горловина для загрузки и разгрузки фильтрующего материала.

- Клапанного механизма с управляющим таймером, электропитание которого осуществляется с помощью трансформатора 220/12 В, мощностью ~ 3 Вт. Клапанный механизм вместе с таймером обычно кратко называют «управляющий клапан».

- Дренажно-распределительной системы (кратко - ДРС), состоящей из вертикальной трубки, верхнего и нижнего щелевых колпачков, которые предотвращают вынос фильтрующей загрузки из корпуса при работе умягчителя.

- Фильтрующей загрузки, свободное пространство над ней называется конструктивным пространством на расширение при обратной промывке.

- Поддерживающего слой гравия, засыпанного под загрузку в нижнюю

часть корпуса, способствующего более эффективному распределению потоков воды в различных режимах работы фильтра.

- Ёмкости с крышкой для приготовления и хранения регенерирующего раствора поваренной соли (солевого бака). В баке установлена специальная решетка, на которую насыпается соль. Бак наполняется водой автоматически, количество насыщенного раствора соли рассчитывается на одну регенерацию колонны.

Перечень точек отбора проб

При эксплуатации химводоочистки осуществляется отбор проб:

- исходной воды — из крана холодной воды;
- химочищенной воды — из трубопровода на выходе из натрий-катионитного фильтра.

Режимная карта установки умягчения воды представлена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Режимная карта установки умягчения воды непрерывного действия типа 2850 DX с электронным клапаном 3230/3240

Показатель	Величина
Состав установки: 2 натрий-катионитных фильтра, 2 бака раствора соли	
Производ-сть установки, м ³ /ч (в работе нах-ся одновременно 2 фильтра)	До 30
Фильтрующий материал	Катионит КУ-2
Объем фильтрующей загрузки, л (На каждую колонну)	400
Диаметр фильтра, мм	600
Высота слоя катионита в фильтре, мм	1800
Потеря напора в фильтре, кгс/см ²	До 1,0
Количество химочищенной воды за фильтроцикл, м ³	290
Расход воды на собственные нужды при регенерации, м ³	До 10
Расход воды на взрыхление, отмывку, приготовление регенерирующего раствора соли и инъекционную подачу регенерирующего раствора соли	
Расход сухой соли на регенерацию одного фильтра, кг	До 50
Плотность регенерационного раствора соли, г/см ³	1,20
Длительность фильтроцикла при производительности 10 м ³ /час, час (для всей установки водоподготовки)	21-23
Длительность взрыхления, мин	10/12
Длительность пропуска регенерационного раствора соли, мин	40/58
Длительность отмывки, мин	20/20
Показатель	Величина
Длительность наполнения солевого бака водой, мин.	15/46
Показатель	Величина
Общая длительность регенерации, мин.	85/130
Жесткость исходной воды, мг-эquiv/л	3,9
Жесткость воды после фильтра,мкг-эquiv/л (**в начале и конце фильтроцикла)	300 -700**
Периодичность контроля жесткости воды после установки	2 раза в смену
Расход катионита на досыпку в год, %	5

Операционная карта Na - катионитовых фильтров

Для колонны № 1:

продолжительность этапов регенерации ионообменной смолы:

- взрыхления (обратной промывки) - 10 мин.;
- пропускания раствора соли через ионит - 40 мин.;
- прямой промывки - 20 мин.;
- продолжительности наполнения солевого бака водой - 15 мин.;

Для колонны № 2:

продолжительность этапов регенерации ионообменной смолы:

- взрыхления (обратной промывки) - 12 мин.;
- пропускания раствора соли через ионит - 58 мин.;
- прямой промывки - 20 мин.;
- продолжительности наполнения солевого бака водой - 46 мин.;

Установка обескислороживания подпиточной и сетевой воды

Установка непрерывного дозирования сульфита натрия предназначена для химического обескислороживания подпиточной и сетевой воды путём присадки в неё реагентов, вступающих во взаимодействие с растворённым в воде кислородом.

Для предотвращения коррозии металла энергетического оборудования и трубопроводов на котельной поселка АМЗ г. Челябинска установлено химическое обескислороживание подпиточной воды, с применением химического реагента сульфита натрия Na_2SO_3 . Технические данные существующей установки представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Технические данные оборудования

Емкость рабочего раствора сульфита натрия - бак (1 шт.)	
Объем:	V = 50л
Насос - дозатор непрерывного дозирования	
Тип:	DLX VFT/MB
Рабочее давление	P = 2÷10 бар
Величина впрыска	0,28 мл/имп
Максимальная производительность	2 л/час
Эммитерный водомер	
Тип:	ETATRON D. S.
Частота импульсов имп/л	0,01
Чувствительность м ³ /час	0,020
Мин. производительность м ³ /час	1,2
Ном. производительность м ³ /час макс / производительность м ³ /час	40 / 80
Макс, рабочая температура °С	30

К работе на установке по химводоподготовки котельной могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по соответствующей программе, аттестованные и имеющие удостоверение аппаратчика ХВО. Периодическая проверка знаний персонала, проводящего химводоочистку, должна проводиться не реже 1 раза в 12 месяцев.

Персонал обслуживающий систему водоподготовки котельной обязан

четко выполнять инструкции.

Принимая смену, персонал обязан ознакомиться с записями в «Журнале учёта качества питательной, подпиточной, сетевой воды, пара и конденсата», а также осмотреть и проверить исправность оборудования химводоочистки и относящегося к нему оборудования и расписаться в «Журнале о приеме – сдаче смены».

Не разрешается прием и сдача смены во время аварий в котельной.

Помещения котельной, оборудование химводоподготовки и все вспомогательное оборудование должны содержаться в исправном состоянии и надлежащей чистоте.

6.2.1 Принцип работы насоса-дозатора

Насос - дозатор можно устанавливать, как выше, так и ниже уровня дозируемой жидкости. При этом перепад уровней не должен превышать 2-х метров.

Принцип работы дозирующего насоса заключается в следующем: на поршень, который приводится в действие воздействием постоянного электромагнитного поля соленоида, крепится тефлоновая мембрана. При движении поршня вперёд (под воздействием электромагнитного поля) возникает давление на головку насоса, при этом происходит выброс жидкости через клапан сброса. После окончания воздействия электромагнитного поля поршень возвращается в исходное положение при помощи пружины, при этом происходит забор жидкости через заборный клапан.

Дозирующий насос поставляется с поддержкой датчика уровня. Когда бак для химического реагента пуст, на дисплее отображается ошибка «ALI» и насос переходит в режим ожидания. Контроль уровня имеет 5 секундную задержку.

Принцип работы импульсного счётчика.

Основными составляющими эмитторного водомера являются — магнитный пускатель и подвижные считывающие контакты, которые обычно устанавливаются в положение «открыты», каждое движение пускателя закрывает контакты. Число импульсов при этом пропорционально потоку в системе и их частота установлена на заводе и зафиксирована на табличке, расположенной на корпусе водомера.

Водомер необходимо установить между двумя шаровыми клапанами, чтобы облегчить его обслуживание, в чётко горизонтальном направлении, при этом поток воды должен идти строго по стрелке.

Перечень точек отбора проб

- сетевая вода — из пробоотборника для сетевой воды;
- подпиточная вода — из пробоотборника воды;

Нормы качества сетевой и подпиточной воды представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Нормы качества сетевой и подпиточной воды[3]

прозрачность по шрифту	не менее 30 см
карбонатная жесткость	
при рН 8,5 не более	700мкг-экв/кг
при рН более 8,5 РД 24.031.120-91	по расчету
содержание растворенного кислорода, не более	50 мкг/кг;
содержание соединений железа, не более	500 мкг/кг
значение рН при 25°С	7 - 11
содержание нефтепродуктов, не более	1 мг/кг.

Правила техники безопасности при обслуживании установки непрерывного дозирования сульфита натрия:

- Насос-дозатор должен использоваться исключительно для целей, для которых они разработаны, а именно дозирование жидких реагентов.
- Не допускать к эксплуатации насоса-дозатора неподготовленный персонал;
- В случае неправильной работы насоса-дозатора выключить его. сообщить мастеру котельной и принять меры по устранению неисправности.
- При приготовлении раствора сульфита натрия обязательно соблюдение общепринятых мер личной защиты от воздействий химических растворов — применение спецодежды общего назначения, перчаток, респиратора.

Режимная карта установки непрерывного дозирования сульфита представлена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Режимная карта установки непрерывного дозирования сульфита

Показатель	Величина
Насос-дозатор DLX VFT/MB: (220 В; 50 Гц; 0,16 А; N= 37 Вт) - рабочее давление, bar - величина впрыска, мл/имп - максимальная производительность	2÷10 2.50 15 л/час.
Установка рабочих параметров при автоматическом режиме работы (от импульсного счетчика): 1 x N 1 x N(M) 1 : N	Не устанавливается 58 Не устанавливается
Установка рабочих параметров при ручном (manual) режиме работы: 1 x N 1 x N(M) 1 : N	98 Не устанавливается Не устанавливается
Водосчетчик ETATRON D.S. с импульсным выходом: - частота импульсов, имп/л - чувствительность, м/час - минимальная производительность, м ³ /час - номинальная производительность, м ³ /час - максимальная производительность, м ³ /час - максимальная рабочая температура, °С	0,01 0,02 1.2 40 80 30

Окончание таблицы 6.7

Показатель		Величина
Доза сульфита натрия, мг/л прошедшая ч/з водосчетчик	расчетная	145
	фактическая	145
Превышение фактической дозы сульфита натрия относительно расчетного значения, %		-
Бак раствора сульфита натрия - объем, л		50
- концентрация раствора сульфита натрия, %		10
Содержание растворенного кислорода в исходной воде, мкг/кг		9000÷9220
Скочное содержание растворенного кислорода после химического связывания, мкг/кг		20÷30

Перечень возможных неисправностей установки непрерывного дозирования сульфита в таблице 6.8.

Таблица 6.8 – Перечень возможных неисправностей

Неисправность	Возможная причина	Решение
1. Насос - дозатор сульфита натрия выдаёт импульсы, но не происходит впрыскивание в систему	1. Попадание воздуха в систему клапанов. 2. Попадание инородных тел в клапан сброса и забора. 3. Засорился фильтр забора.	1. Произвести сброс воздуха через сбросной клапан 2. Прочистить клапан сброса и забора. 3. Промыть фильтр забора или заменить материал фильтра
2. Дисплей включен, красный индикатор эл. питания горит, насос не производит импульсов	1. Отсутствует, не корректно установлена программа. 2. Насос - дозатор в ждущем режиме.	1. Проверить правильность запрограммированных данных 2. Нажать кнопку Старт/ Стоп после проверки установок
3. Датчик уровня не работает	1. Отсутствует соединение насоса с датчиком уровня. 2. Если проблема по-прежнему существует.	1. Проверить качество соединения насоса с датчиком уровня. 2. Создайте перемычку между пинами 3 и 4 на втором коннекторе насоса. Если сработала сигнализация, то замените датчик уровня.
5. Насос - дозатор выдаёт два - три импульса и останавливается.	1. Установки удалённого управления и сигнализации параметров не корректны.	1. Проверить правильность установки удалённого управления и сигнализации. Если установки сделаны правильно, перезагрузите насос.

6.3 Технический отчет существующей водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск

Установка водоподготовки предназначена для очистки поступающей воды для нужд котельной (подпиточная и сетевая вода). Качество подпиточной и сетевой воды регламентируется РД 24.031.120-91. «Методические указания.

В котельной ул. Днепропетровская, 15а, г. Челябинск (п. АМЗ) в качестве ХВП используются механическое фильтрование, Na-катионитовое умягчение воды и химическое обескислороживание.

Принцип умягчения воды Na-катионированием основан на обмене ионов

солей жесткости (кальция и магния) на ионы пищевой поваренной соли при фильтровании воды через слой ионообменной смолы. Химическое обескислороживание основано на химическом взаимодействии сульфита натрия с растворенным в подпиточной воде кислородом.

Данная система ХВП позволяет получать котловую, подпиточную и сетевую воду надлежащего качества в соответствии с РД 10-165-97.

В задачи контроля по работе водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск входит:

- осмотр и описание водоподготовительного оборудования котельной;
- описание водно-химического режима;
- эксплуатационное наблюдение за работой установки умягчения воды;
- составление режимной карты;
- составление графика химического контроля

6.3.1 Методика ведения работ

Для подбора оптимального режима работы установки умягчения воды были проведены испытания по установлению параметров исходной воды, выбор режима и программирование автоматической установки умягчения воды.

Расчет параметров установки умягчения воды.

Рабочая обменная емкость катионита при Na-катионировании определяется по формуле (8):

$$E_p^{Na} = \alpha_s \cdot b_{Na} \cdot E_n - 0.5 \cdot q \cdot Ж_0 \text{ (г-экв/л)}, \quad (8)$$

где α_s – коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации катионита в зависимости от удельного расхода соли на регенерацию,

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной способности катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} за счет частичного задержания катионов Na^+ ; зависит от отношения $C_{Na}^2 / Ж_0$; C_{Na} – концентрация натрия в умягчаемой воде, мг-экв/л;

E_n – полная обменная способность катионита, г-экв/м³ по заводским данным;

q – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³;

$Ж_0$ – общая жесткость обрабатываемой воды

При отсутствии ионов натрия в исходной воде рабочая обменная способность катионита при умягчении воды определяется по упрощенной формуле (9):

$$E_p^{Na} = \alpha_s E_n - 0.5 q Ж_0 \text{ (г-экв/л)} \quad (9)$$

Параметры установки умягчения воды приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Параметры установки умягчения воды

Общая жесткость обрабатываемой воды, мг-экв/л	Удельный расход NaCl на регенерацию	Коэффициент эффективности регенерации катионита
до 5	100-120	0,62-0,67
до 10	120-200	0,67-0,81
до 15	170-250	0,77-0,87
до 20	200-300	0,81-0,91

Расход соли на регенерацию рассчитывают по формуле (10):

$$Q = \frac{E^{Na} \cdot V \cdot q}{1000}, \quad (10)$$

где E^{Na} – рабочая емкость катионита

V – объем смолы в фильтре, m^3

q – принятый удельный расход соли г/г-экв

Объем умягченной воды за один цикл, m^3 , определим по формуле (11):

$$Q = \frac{E^{Na} \cdot V_k}{J^{исх}}, \quad (11)$$

где E^{Na} – рабочая обменная емкость катионита, моль/ m^3

V_k – объем катионита в фильтре, m^3

$J^{исх}$ – общая исходная жесткость моль/л

Длительность межрегенерационного периода можно определить по формуле (12):

$$T = (E^{Na} \cdot V_k) / J^{исх} Q, \text{ ч} \quad (12)$$

где E^{Na} - рабочая обменная емкость катионита, г-экв/ m^3 ;

V_k - объем катионита в фильтре, m^3

$J^{исх}$ - жесткость обрабатываемой воды, мг-экв/л;

Q - среднечасовая нагрузка фильтра, $m^3/ч$.

Для расчета работы параметров автоматической установки умягчения воды используются данные паспорта установленного оборудования, нормы качества сетевой и подпиточной воды приведены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Нормы качества сетевой и подпиточной воды

прозрачность по шрифту, не менее	30 см
карбонатная жесткость	
при рН не более 8,5	700
при рН более 8,5	по расчету РД 24.031.120-91
содержание растворенного кислорода, не более	30 мкг/кг
содержание соединений железа, не более	400 мкг/кг
значение рН при 25 °С	7 – 11
содержание нефтепродуктов, не более	1 мг/кг

15/20 (30/50) – в числителе указаны значения для котлов, работающих на жидком топливе, в знаменателе – на других видах топлива.

Карбонатная жесткость J_k устанавливается расчетом на основании предварительно аналитически определенных значений общей жесткости $J_{об}$ и общей щелочности $Щ_{об}$.

При этом возможны два случая:

1) $J_{об}$ больше $Щ_{об}$. В этом случае карбонатная жесткость J_k принимается равной щелочности общей $Щ_{об}$:

$$J_k = Щ_{об}$$

2) $J_{об}$ меньше $Щ_{об}$. В этом случае карбонатная жесткость J_k принимается равной жесткости общей $J_{об}$:

$$J_k = J_{об}$$

6.3.2 Определение жесткости комплексометрическим методом

Трилон «Б» образует растворимые в воде комплексные соединения с катионами кальция и магния. Эти комплексы обладают различной прочностью и образуются при определенных для каждого катиона значениях рН.

Некоторые красители (кислотный хром темно-синий, эриохром черный) дают с катионами солей жесткости непрочные окрашенные соединения красного цвета. При добавлении в воду раствора трилона в эквивалентной точке происходит их полное разрушение с изменением окраски раствора в синий цвет.

В присутствии ионов цинка и меди (неотчетливый переход окраски) определения жесткости производят с добавлением раствора сульфида натрия, связывающего эти катионы в нерастворимые сульфидные соединения. Влияние ионов марганца, приводящее к быстрому обесцвечиванию окраски, устраняют прибавлением к пробе раствора солянокислого гидроксиламина.

1. Реактивы и их приготовление

1.1. Для приготовления реактивов и разбавления исследуемых проб

необходима высококачественная дистиллированная вода. Качество воды испытывают следующим образом: К 100 мл дистиллята прибавляют 5 мл аммиачного буфера и 5-7 капель индикатора эриохром черного. Голубая окраска раствора указывает на чистоту воды.

1.2. Трилон "Б" децинормальной концентрации готовится из фиксанала или из навески, для чего 18,6 г реактива растворяют в мерной литровой колбе дистиллированной водой, затем объем доводят до метки той же водой. Если раствор получился мутный, его фильтруют. Коэффициент децинормальности раствора трилона устанавливают по строго 0,1 н раствору сернокислого магния, приготовленному из фиксанала. Для проверки поправочного коэффициента (К) пипеткой отмеривают точно 10 мл 0,1 н раствора сернокислого магния, добавляют 90 мл дистиллята и ведут титрование приготовленного 0,1 н раствором трилона с предварительным добавлением буфера и индикатора (см. раздел 2). Коэффициент децинормальности трилона подсчитывают по формуле (13):

$$K = \frac{10,0}{b}, \quad (13)$$

где 10,0 - количество строго 0,1 н раствора трилона на титрование магнезиального раствора, мл.

1.3. Трилон сантинормальной концентрации готовят разбавлением 0,1 н раствора точно в 10 раз, поправочный коэффициент его устанавливают по 0,01 н раствору сернокислого магния, приготовленному из фиксанала.

1.4. Для приготовления аммиачного буфера навеску 20 г хлористого аммония кв. "хч" растворяют в дистилляте, добавляют 80 мл концентрированного аммиака кв. "чда" (уд. вес 0,91 г/см³) и разбавляют до литра той же водой.

1.5. Раствор индикатора готовят так: 0,5 г кислотного хром темно-синего или эриохром черного растворяют в 20 мл аммиачной смеси и разбавляют этиловым спиртом до объема 100 мл. Растворы обоих хром синих индикаторов устойчивы в течение месяца при хранении их в промежутках между анализами в темном месте.

1.6. Растворы сернистого натрия и солянокислого гидроксилamina 2%-ной концентрации готовят растворением 2г соответствующего реактива в 98 мл дистиллированной воды. Раствор, сульфида хранить в полиэтиленовой посуде не более двух недель.

2. Определения жесткости

В коническую колбу емкостью 250-300 мл отмерить 100 мл анализируемой воды, добавить 5 мл аммиачного буфера, 5-7 капель индикатора и медленно титровать при постоянном перемешивании децинормальным трилоном до отчетливого изменения окраски из винно-красного в синий цвет при применении индикатора эриохром черного. При использовании кислотного

хром темно-синего цвет жидкости изменяется из красного в синевато-сиреневый. При титровании воду следует перемешивать интенсивно, т.к. переход окраски наступает не мгновенно, а постепенно. Последние капли надо добавлять очень медленно, с некоторыми промежутками, при интенсивном перемешивании. Вычисляют результаты по следующей формуле (14):

$$Ж_{есткость} = \frac{A \cdot H \cdot K \cdot 1000}{B}, \text{ мг - экв / л} \quad (14)$$

где А-расход 0,1 трилона, мл; Н - номинальная нормальность трилона «Б»;
 К - коэффициент нормальности раствора трилона;
 В - объем пробы, взятый на титрование, мл;
 1000 - пересчет к литру.

При определении жесткости мягких вод титрование ведут 0,01 н трилоном и результат определения выражают в микрограмм-эквивалентах на литр, для чего в формулу расчета в числитель добавляют еще множитель 1000.

Примечание:

1. При нечетком переходе окраски или ее обесцвечивании определение повторяется с предварительным добавлением 0,5 мл раствора сернистого натрия или трех капель раствора солянокислого гидроксиламина перед вводом в пробу аммиачного буферного раствора и индикатора, после чего титрование, ведут как обычно.

В случае, когда концентрация водного аммиака значительно отличается от 20%, необходимое его количество (х) для приготовления одного литра буферного раствора подсчитывают из соотношения 15:

$$X = \frac{2000}{b}, \text{ мл} \quad (15)$$

где *b* - процентная концентрация имеющегося крепкого раствора аммиака, ее определяют по удельному весу (таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Плотность и концентрация водного раствора аммиака

Плотность, г/см ³	Конц-ция аммиака, %	Плотность, г/см ³	Конц-ция аммиака, %
0,97	6,75	0,92	20,88
0,96	9,34	0,91	24,03
0,95	12,03	0,90	27,33
0,94	14,88	0,89	30,68
0,93	17,85	0,88	34,35

Метод определения значения рН

Некоторые органические вещества - красители меняют свою окраску в определенном диапазоне изменений рН. Универсальная индикаторная бумага,

пропитанная растворами различных индикаторов, меняет свою окраску через переход ряда цветов, воспроизведенных в специальной шкале эталонов.

Для определения значения рН в испытуемую воду опускают универсальную индикаторную бумагу. Её окраску сравнивают со шкалой эталонов, имеющейся в пакете для этой бумаги.

Правильность показаний индикаторной бумаги можно проверить путем контрольного определения рН с применением растворов индикаторов, используемых для определения щелочности.

Например, на кислую среду рН (ниже 5,0 ед.) указывает розовая окраска метилоранжа и фиолетовая - смешанного индикатора: в щелочной среде (рН выше 7,0 ед.) метилоранж имеет желтую, а смешанный индикатор - ярко-зеленую окраску, фенолфталеин при рН ниже 8,0 ед. бесцветен, при рН = 8,5 ед., имеет слаборозовую, а при значениях больше 9,0 ед. - ярко-розовую окраску.

Розовая окраска воды в присутствии фенолфталеина указывает на отсутствие свободной углекислоты.

Способ определения рН индикаторной бумагой дает возможность определять приближенные значения рН + 2 единицы. Для определения рН с точностью до + 0,05 ед. применяют приборы рН-метры (рН-340, рН-121, ЭВ-74 и др.).

6.3.3 Правила и приемы эксплуатации водоподготовительного оборудования

Механическая установка умягчения воды обслуживается операторами, контролируется по показаниям жесткости умягченной воды. Анализ жесткости воды проводят через каждые 2 часа. Межрегенерационный период определяется расходом подпиточной воды на восполнение потерь системы. Среднее число регенераций в месяц на данной котельной достигает 7. Эксплуатация оборудования ХВП проводится операторами с соответствии с инструкцией по эксплуатации и хим. контролем качества умягченной воды.

Для введения реагента хим. обескислороживания в котельной на линии подпитки установлен насос-дозатор DLX VFT/MB максимальной производительностью 15 л/ч и водосчетчик с импульсным выходом 1 имп на 10 л. Насос-дозатор DLX-VFT / M 02-10, предназначен для пропорционального дозирования реагента химического обескислороживания. Насос-дозатор может работать или в режиме пропорционального дозирования, или в режиме постоянного дозирования. Для котельной выбран режим пропорционального дозирования функция умножения с памятью 1:N(M).

Для дозирования реагента коррекции рН на линии подпитки котлового контура установлен насос-дозатор DOSATRONIC D-88213 PUNP VSMF 1004 FP с максимальной производительностью 4 ч, объемом единичного впрыска 0,37 мл при 180 имп.мин. Маркировка раствора реагента отсутствует.

Автоматическая установка умягчения воды может работать с регенерацией по счетчику объема воды или по таймеру. Работа управляющего клапана заключается в периодическом осуществлении 5-ти следующих операций:

обратная промывка (взрыхление восходящим потоком воды); пропуск раствора соли для регенерации обменной ёмкости катионита и медленная отмывка; отмывка катионита от избытка соли; заполнение солевого бака водой; умягчение исходной воды.

Для приготовления регенерационного раствора используется специальная таблетированную соль. Работа фильтров полностью автоматизирована.

Выводы по разделу шесть

1) Рассмотрен существующий водохозяйственный комплекс котельной, представлена технологическая схема, предоставлены технические данные и краткое описание оборудования.

2) Рассмотрены существующие механически, Na-катионитовые фильтры, а также установка обескислороживания подпиточной и сетевой воды. Механические фильтры находятся в рабочем состоянии, а существующая установка умягчения воды находится в неудовлетворительном состоянии, требуют замены, либо капитальный ремонт.

3) Изучен технический отчет существующей водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск.

4) Существующая установка обескислороживания подпиточной и сетевой воды находится в удовлетворительном состоянии, рекомендуется использовать вместо сухого сульфита натрия его катализированный раствор.

7 МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

7.1 Результаты лабораторного исследования воды

Для определения существующего качества поступающей воды было произведено исследование в лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» аттестат аккредитации № RA.RU.710037 выдан 03 июня 2015 г.

Существующая установка водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск предназначена для очистки воды для нужд котельной (подпиточная и сетевая вода). Качество подпиточной и сетевой воды регламентируется РД 24.031.120-91. «Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического контроля».

Средства измерений, тип прибора:

- 1) Весы электронные: «ЛВ-120» (Сартогосм).
- 2) Ионномер лабораторный: «И-160 МИ».
- 3) Фотоэлектрокалориметр: «КФК-3».

Таблица 7.1 – Показатели качества воды

№ п/п	Определяемые показатели	Ед. измерения	Результаты исследований	Требуемое значение
Количественный химический анализ				
1	Взвешенные вещества	мг/дм ³	7,0±2,1	≤ 5
2	Водородный показатель	ед. рН	7,40±0,15	7,0 – 11,0
3	Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	244±22	1000–1500 (СанПиН 2.1.4.1074-01)
4	Жесткость общая	мг-экв/дм ³	4,00±0,20	≤ 0,7
5	Окисляемость перманганатная	мгО ₂ /дм ³	1,8±0,4	5,0 (СанПиН 2.1.4.1074-01)
6	Аммиак и аммоний-ион (по азоту)	мг/дм ³	менее 0,05	2,0 (СанПиН 2.1.4.1074-01)
7	Хлориды (по Сl)	мг/дм ³	20,0±2,0	350 (СанПиН 2.1.4.1074-01)
8	Железо	мг/дм ³	0,3±0,09	≤ 0,5
9	Растворенный кислород	мг/л	7±0,5	≤ 0,05

* Уровень оцененной неопределенности соответствует заданным пределам

Таблица 7.2 – Показатели качества сетевой и подпиточной воды для водогрейных котлов [3]

Наименование показателя	Значение
Прозрачность по шрифту, см, не менее	30
Карбонатная жесткость, мкг-экв/кг, не более	700
Содержание растворенного кислорода, мкг/кг, не более	50
Содержание соединений железа (в пересчете на Fe), мкг/кг, не более	500
Значение рН при 25 °С	7,0–11,0
Свободная углекислота, мг/кг	Отсутствует
Содержание нефтепродуктов, мг/кг, не более	1,0

Из сопоставления показателей качества воды следует, что требуется удаление солей жесткости, удаление растворенного кислорода.

7.2 Основные решения по технологии очистки и подготовки воды

1) Исходная вода проходит через 2 фильтра механической очистки ARKFLDF 2, где проходит очистку от механических примесей. Фильтры механической очистки позволяют удалять из воды песок, ил, мутность, окислы, и другие взвеси, поступающие с исходной водой. Предварительная механическая фильтрация обеспечивает нормальную работу последующих модулей всей системы очистки, удерживая крупные механические частицы.

Механические фильтры находятся в рабочем состоянии, дальнейшая их модернизация в ближайшее время не требуется.

2) Далее предлагаем заменить морально и физически устаревшую систему ионно-обменной водоподготовки, на современную систему дозирования реагентов с ингибитором ИОМС.

Система дозирования реагентов с ингибитором ИОМС, позволит в целом снизить затраты на водоподготовку, уменьшить скорость коррозии трубопроводов, удалить существующие солевые отложения с внутренних поверхностей трубопроводов и теплообменных аппаратов.

Система дозирования реагентов - инжекционная, работающая от внешнего источника энергии. Принцип действия такой системы основан на подаче дозы реагента в трубопровод дозирующим насосом после прохождению через расходомер-счетчик, установленный на трубопровод, заданного объема воды [32] (рисунок 7.2.1).

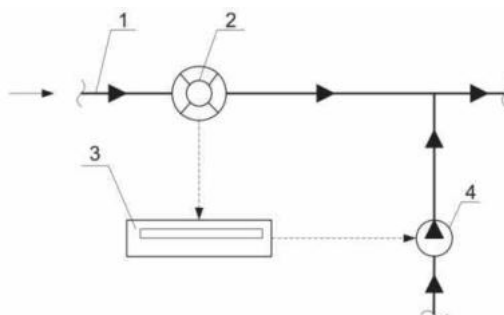


Рисунок 7.2.1 - Схема устройства дозирования: 1 – трубопровод; 2 – расходомер-счетчик воды; 3 – контроллер; 4 – дозирующий насос

Для обработки подпиточной воды специальными химреакентами планируется использовать станцию автоматической системы дозирования реагентов (АСДР) “Комплексон-6” (Н-40). Общий вид установки АСДР “Комплексон-6” (Н-20) представлен на рисунке 7.2.2. Усредненный расход подпиточной воды - 20,0 м³/ч, максимальный расход подпиточной воды 40 м³/ч, в комплекте с водосчетчиком Ду-65, габаритные размеры (мм): ширина*глубина*высота 570*610*1380



Рисунок 7.2.2 - АСДР “Комплексон-6” (Н-20)

Таблица 7.3 – Комплектность станции АСДР “Комплексон-6” [32]

1	Блок управления	1 шт.
2	Насос-дозатор	1 шт.
3	Емкость для реагентов	1 шт.
4	Водосчетчики с адаптером (импульсным выходом)	1 шт.
5	Фильтр-грязевик	1 шт.
6	Устройство ввода реагента	1 шт.
7	Шланг армированный (Ду=6,3 мм)	7 м
8	Двужильный гибкий провод	7 м
9	Паспорт, техническое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации	1 шт.

Таблица 7.4 – Технические характеристики

1	Номинальный расход воды при подпитке, м ³ /ч	20
2	Максимальный расход воды при подпитке, м ³ /ч	40
3	Ду водосчетчика (по умолчанию), мм (Ду водосчетчика может изменяться по желанию заказчика)	65
4	Максимальное давление воды в трубопроводе подпитки (стандартное исполнение АСДР), МПа (кгс/см ²)	0,8 (8,0)
5	Максимальное давление воды в трубопроводе подпитки (усиленное исполнение АСДР), МПа (кгс/см ²)	1,2 (12)

Окончание таблицы 7.4

6	Диапазон заданных значений дозирования реагента (стандартный), мг/дм ³	2 ÷ 22
7	Диапазон заданных значений дозирования реагента (уменьшенный), мг/дм ³	1 ÷ 11
8	Основная приведённая погрешность воспроизводимости дозирования при номинальных параметрах, %	± 0,5
9	Напряжение питания однофазной сети 50±1 Гц, В	220±15
10	Средняя потребляемая мощность, не более, Вт	30
11	Габаритные размеры (ширина / глубина / высота), мм	570/610/1380
12	Объём расходной ёмкости, л	200
13	Масса с заправленной расходной ёмкостью, кг	260
14	Температура окружающей среды при эксплуатации, без конденсации влаги, °С	+5...+40

3) Установка обескислороживания подпиточной и сетевой воды. Установка непрерывного дозирования сульфита натрия предназначена для химического обескислороживания подпиточной и сетевой воды путём присадки в неё реагентов, вступающих во взаимодействие с растворённым в воде кислородом.

Схемы расположения существующей и предлагаемой установки представлены на рисунке 7.2.3, 7.2.4.

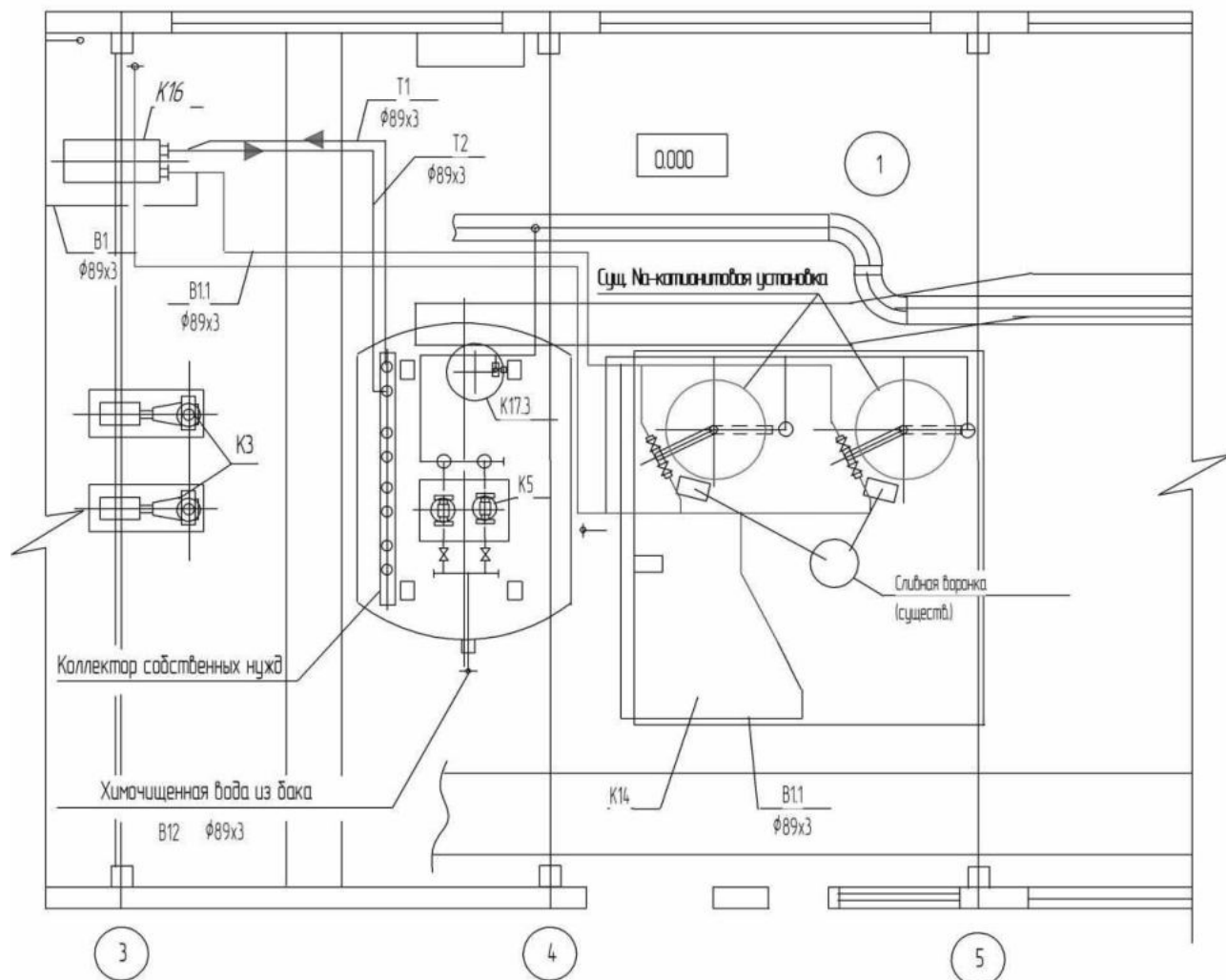


Рисунок 7.2.3 - Существующая схема расположения установки водоподготовки

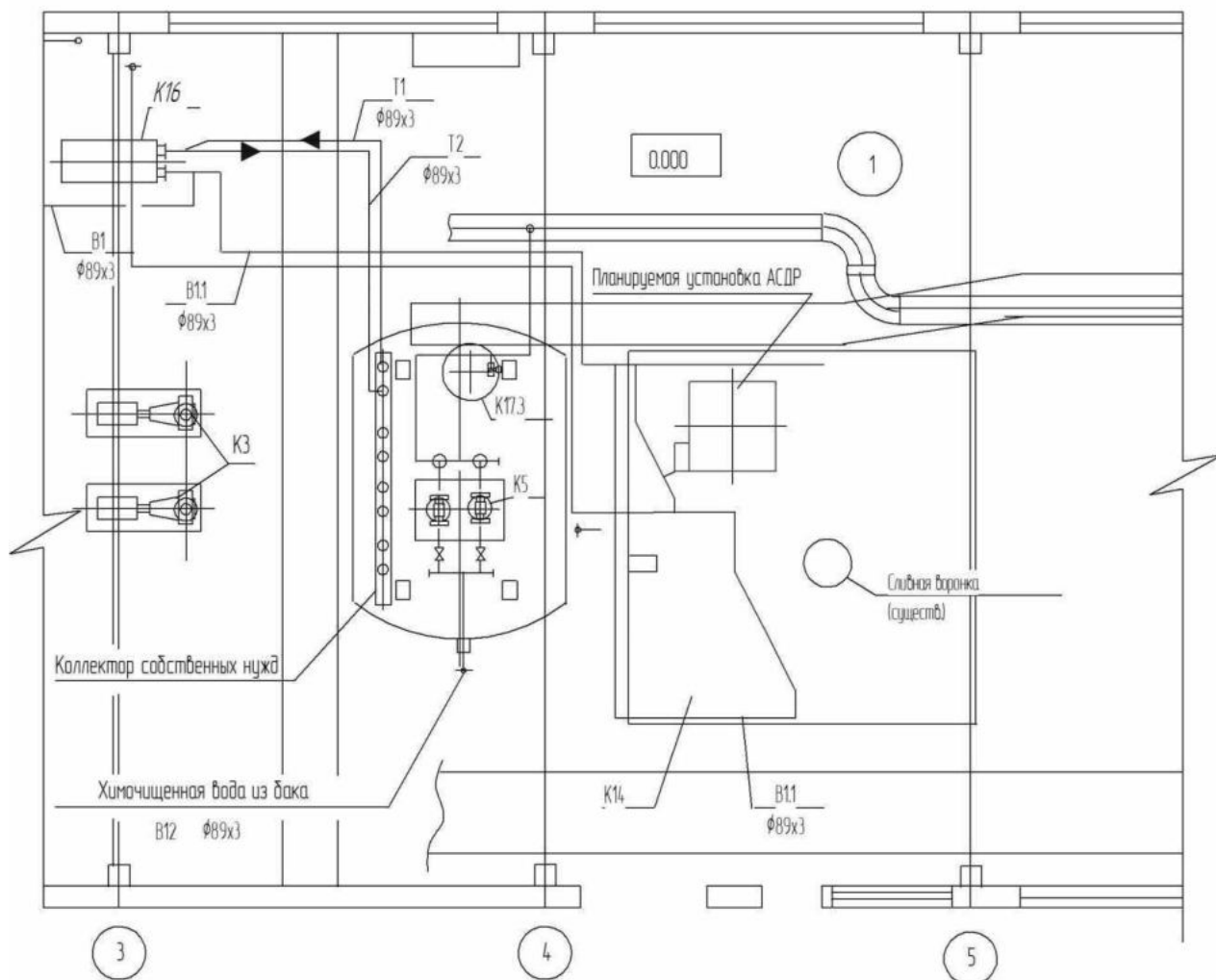


Рисунок 7.2.4 - Предлагаемая схема расположения установки водоподготовки

7.3 Электротехнические решения и автоматизация

Управление насосами, автоматическими клапанами управление фильтрами, датчиками уровня накопительной емкости, электромагнитными клапанами производится из помещения котельной со щита управления.

Электрические проводки в помещении водоподготовки выполняются кабелями с медными жилами с отдельными N и PE – проводниками. Кабели прокладываются в кабель-канале, либо гофре.

7.4 Технологические трубопроводы

Трубопроводы обвязки оборудования установки подготовки для производственных нужд изготавливаются из полипропилена, тип 3, ТУ 2248-001-593653-52-2003. Расчетный срок службы трубопроводов – 30 лет.

Прокладка трубопроводов должна производиться с креплением на рамной конструкции. Для самотечных и дренажных линий уклон выполняется в сторону движения среды. Крепление трубопроводов выполняется хомутами со штоком. Монтаж и испытания произвести в соответствии с требованиями СП-40-101, СНиП 3.05.01. и СНиП 3.05.05.

7.5 Требования к помещению для установки оборудования и инженерному обеспечению

Котельная по надежности отпуска тепла - II категории. Категория производств - «Г»; Котельная отдельно стоящая; Степень огнестойкости здания - II; Уровень ответственности II. В помещении блока водоподготовки (ВПУ) необходимо предусмотреть устройство систем отопления и вентиляции согласно требованиям СНиП 41-01-2003 и гл. 14 СП 31.13330.2012.

Электроснабжение необходимо предусмотреть в соответствии с требованиями ПУЭ. Электроосвещенность необходимо предусмотреть в соответствии с требованиями для зрительных работ VI разряда и дополнительное местное освещение для приборов, установленных на оборудовании.

Для обеспечения технических мер безопасности в помещении ВПУ должно быть предусмотрено:

- заземление автоматических клапанов управления);
- энергопотребление по сети 220 В;
- защита цепей электропитания установки от короткого замыкания автоматическими выключателями.

Температура в помещении должна быть не ниже +5⁰С и не выше +40⁰С. В месте расположения технологического оборудования предусмотреть канализационный слив диаметром не менее 50мм.

7.6 Эксплуатация ВПУ. Мероприятия по охране труда и технике безопасности

Техническое обслуживание и ремонт ВПУ должны проводиться в соответствии с требованиями следующих документов:

- “Правил технической эксплуатации электроустановок и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей”, утвержденных Госэнергонадзором МТЭ РФ;
- ГОСТ 12.3.006-75 “ССБТ. ПЕРЕИЗДАНИЕ. Октябрь 2000 г. Эксплуатация водопроводных и канализационных сооружений и сетей, общие требования безопасности”;
- “Правила техники безопасности и эксплуатации систем водоснабжения и водоподготовки населённых мест” – отраслевой стандарт Министерства жилищно-коммунального хозяйства;
- СНиП 12-03-2001, 12-04-2002 “Техника безопасности в строительстве”.

Таблица 7.5 – Сведения о должностях и численности персонала

Профессия, должность	Всего работающих	В том числе по сменам		Группа производственного процесса
		1 смена	2 смена	
1. Мастер	1	1	1	1а
2. Слесарь	1	1	1	1б
3. Электрик	1	1	1	1б
4. Лаборант	1	1	1	1а

Ежеквартальное техническое обслуживание и ремонтные работы на ВПУ должны производиться бригадой в составе не менее двух человек, один из которых должен иметь группу допуска не ниже 4, а другой - не ниже 3 при эксплуатации электроустановок с напряжением до 1000 В. Ремонтные работы и ежеквартальное техническое обслуживание должны производиться только по наряду. Техническое обслуживание ВПУ должно обеспечить её постоянную исправность в работе. Техническое обслуживание включает в себя:

- ежедневный осмотр;
- еженедельное обслуживание;
- ежеквартальное техническое обслуживание и профилактику.

При ежедневном осмотре внешнего состояния установки необходимо проверить крепление деталей и узлов; герметичность фланцевых прокладочных и резьбовых соединений, исправность заземления, показания манометров и показания дисплеев УФ - установок. Проверить наличие раствора в станции дозирования.

При еженедельном обслуживании следует провести все вышеуказанные работы, а также проверку состояния контрольных приборов и, при необходимости, работу электромагнитных клапанов.

При ежеквартальном техническом обслуживании в случае необходимости следует отключить установку полностью, т.е. выключить рубильник, подающий, обеспечив тем самым видимый разрыв, запереть привод рубильника или извлечь предохранители, вывесить на нем плакат “Не включать! Работают люди”, отключить автоматические выключатели.

Объём работ при ежеквартальном техническом обслуживании:

- а) провести осмотр и техническое обслуживание;
- б) произвести принудительную промывку фильтровального оборудования.

Ежедневный осмотр и еженедельное техническое обслуживание осуществляется оперативным персоналом ВПУ с привлечением, при необходимости, ремонтного персонала предприятия.

Ежеквартальное техническое обслуживание и профилактика производятся совместно оперативным персоналом ВПУ и ремонтным персоналом предприятия.

Ремонт оборудования

Виды и периодичность ремонтов:

В структуру ремонтного цикла входят следующие виды ремонта:

- а) текущий ремонт;
- б) средний ремонт;
- в) капитальный ремонт.

Периодичность ремонтов:

- а) текущий ремонт проводят один раз в полугодие;
- б) средний ремонт проводят один раз в год;
- в) капитальный ремонт проводят один раз в 3 - 5 лет.

Содержание ремонтных работ:

Текущий ремонт включает в себя замену неисправных или восстановление отдельных составных частей, а также, при необходимости, регулировочные работы: настройку систем дозации, регулировку вентилями расхода и давления подаваемой и обработанной воды. Во время текущего ремонта ВПУ проводится техническое обслуживание основного оборудования (фильтров, клапанов, вентилях и т.д.) в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

Средний ремонт заключается в восстановлении параметров рабочих режимов составных частей установки ВПУ путем ремонта или замены изношенных или поврежденных деталей и узлов. В объём среднего ремонта, кроме работ в объёме текущего ремонта, входят следующие основные операции: замена неисправных элементов и деталей, чистка контактов реле и магнитных пускателей в пульте управления; проверка устранения течей воды; проверка соответствия основных параметров рабочих режимов установки, поверка манометров поверочными органами.

Капитальный ремонт заключается в разборке, проверке целостности и восстановлении или замене износившихся узлов и деталей ВПУ, обновление фильтрующей загрузки.

После капитального ремонта, как правило, производятся работы по подготовке ВПУ к использованию в объёме, зависящем от того, какое оборудование подверглось ремонту.

После ремонта любого вида из перечисленных и запуска ВПУ необходимо провести полный контроль качества воды. Персонал ремонтных бригад. Текущий ремонт производится по месту установки оборудования ВПУ совместно оперативным и ремонтным персоналами предприятия.

Средний ремонт ВПУ производится по месту его установки совместно оперативным и ремонтным персоналом предприятия с привлечением, при необходимости, специалистов ремонтно-механического участка и службы главного энергетика.

Капитальный ремонт выполняется силами ремонтно-механического участка и службы главного энергетика с привлечением при необходимости оперативного персонала ВПУ. Капитальный ремонт производится на ремонтном участке и по месту установки ВПУ.

Таблица 7.6 – Перечень основных проверок технического состояния ВПУ

Объекты осмотра, ремонта	Технические требования
Крепежные соединения Фланцевые соединения бака, фланцевые и резьбовые соединения трубопроводов; вентили (задвижки), краны	Крепёжные соединения должны быть надёжно затянуты. В местах соединений трубопроводов, регулирующей и запорной арматуры не должно быть утечек воды. Утечки через сальниковые уплотнения штоков вентилей, кранов и шпинделей задвижек не допускается.
Фильтры	Вакуум и воздушная пробка в фильтре не допускаются. Не допускается наличие пыли, загрязнений на корпусе. Не допускается работа с неисправными элементами управления и сигнализации. Не допускается ослабление мест крепления проводов. Не допускается чрезмерное искрение на контактах реле, магнитных пускателей при коммутации, чрезмерная эрозия контактов и чрезмерное гудение магнитопроводов.
Станция дозирования	Не допускается наличие пыли, загрязнений на корпусе, необходимо постоянное наличие дезинфицирующего раствора в емкости.

При работе комплекса возможно появление неисправностей следующих основных типов:

- некорректная работа оборудования;
- нештатная работа электрооборудования комплекса;
- прекращение подачи воды;
- появление открытой течи воды.

Таблица 7.7 – Порядок устранения основных неисправностей

Неисправность	Причина	Способ устранения
1. Фильтр механических примесей:		
1.1. Снизилось давление воды в сети	Загрязнился фильтрующий элемент	Произвести промывку, по необходимости заменить фильтрующий элемент
2. Станция дозирования		
2.1. Насос не работает	Нет напряжения	Проверить кабель
2.2. Насос не работает (постоянно горит красная сигн. лампочка)	Не заполнена дозирочная емкость	Пополнить дозирочную емкость
2.3. Насос работает, но не подает раствор (мигает зеленая сигнальная лампочка)	Воздушные подушки во всасывающем трубопроводе	Удалить воздух
	Дефект мембраны	Проверить мембрану, при необходимости заменить
	Засорены дозирующие клапаны	Проверить доз. раствор Почистить доз. головку
2.4. Мигает красная/зеленая сигнальная лампочка	Низкое напряжение	Восстановить напряжение в сети

7.7 Предотвращение сброса и очистка сточных вод от водоподготовки котельных

В рассматриваемой котельной промывная вода после регенерации двух Натрий-катионитовых фильтров, а также сброс производственных, хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод котельной организован в систему центральной канализации г. Челябинска, без какой-либо дополнительной обработки.

7.7.1 Условия и нормативы сброса сточных вод от котельных в канализацию и природные водоемы

1. Натрий-катионирование как метод умягчения воды в настоящее время и на ближайшую перспективу остаётся наиболее распространённым методом водоподготовки в котельных. Однако универсальность, широкий диапазон применения и другие достоинства метода сопровождаются его главным недостатком: наличием большого количества минерализованных сточных вод, сброс которых в природные водоёмы регулируется "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" и "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения прибрежных вод морей".

Процесс умягчения и сопутствующие ему процессы при натрий - катионировании представляют собой следующий перечень:

- собственно натрий-катионирование, т. е. фильтрование умягчаемой воды через слой катионита - насыщение катионита ионами жёсткости - ионами кальция и магния;
- взрыхление фильтрующего слоя, слежавшегося в процессе фильтрования;
- фильтрование 4 - 10 % раствора натрий хлорида через слой катионита (регенерация катионита) - для восстановления обменных свойств катионита, при этом происходит вытеснение - всегда не полное - ионов кальция и магния ионами натрия;
- фильтрование через слой катионита умягченной воды или не умягчённой исходной воды - отмывка катионита, т. е. вымывание из фильтрующего материала остатков раствора и продуктов регенерации;
- в некоторых вариантах технологии осуществляется ещё одна операция - удаление из фильтра слоя воды нал фильтрующим материалом (спуск "водяной подушки") - для предотвращения разбавления регенерирующего солевого раствора.

При регенерации катионита и последующей отмывке его в канализацию сбрасываются растворы солей: натрий хлорида, кальций хлорида, магний хлорида. В канализуемых водах содержатся также и те соли, которые присутствуют в воде, применяемой для взрыхления в отмывки катионита и для растворения регенеранта. Количество и концентрация этих солей - те же, что и в исходной воде, поэтому в расчётах должны учитываться только хлориды, введённые в воду при регенерационных процессах.

Наличие хлоридов в сточных водах натрий-катионитных фильтров - органический недостаток технологии. Расчёт показывает, что при

традиционной технологии регенерации натрия - катионитного фильтра диаметром 3400 мм 5 % раствором натрий хлорида в дренаж удаляется 118,35 м³ минерализованных сточных вод, в то время как для регенерации фильтра нужно только 27,3 м³ 5 % раствора натрий хлорида, то есть расчётный объём сточных вод в 4,35 раза больше объёма раствора соли, необходимого для регенерации. Практически объём сточных вод нередко, например, при загрязнении катионита соединениями железа, ещё больше.

Производственные сточные воды могут быть приняты в отдельную или общесплавную сети, если они не содержат токсических органических загрязнений. В тех случаях, когда совместное отведение бытовых и производственных вод не удовлетворяет указанным условиям, они отводятся и очищаются отдельно и могут быть приняты в канализационные сети только после предварительной очистки. Сточные воды мелких предприятий, а также местной и пищевой промышленности по переработке сельскохозяйственных продуктов (например, молочной, пивоваренной и др.) могут приниматься в городские канализации без ограничения и в ряде случаев без предварительной обработки.

При определении возможностей сброса сточных вод и степени их очистки допустимы варианты, зависящие от условий сброса сточных вод:

а) сброс производственных сточных вод предусматривается по отдельной канализационной сети непосредственно в природный водоём; при этом, в соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" нормы качества воды водоёма или водотока, должны относиться к самим сточным водам (если сброс сточных вод в черте населённого пункта);

б) условия сброса производственных сточных вод аналогичны указанным в предыдущем пункте, но с помощью эффективных конструкций рассеивающих выпусков удаётся обеспечить необходимое смешение и разбавление сточных вод в створе выпуска. В этом случае требования к составу и свойствам воды относятся не к сточным водам, а к воде водного объекта. Степень смешения и разбавления сточных вод с водой водного объекта следует определять согласно "Методическим указаниям по применению правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" При невозможности обеспечить предельно допустимую концентрацию (ПДК) загрязняющих веществ в воде водного объекта с учётом эффекта очистки и степени разбавления их водой водного объекта концентрацию этих веществ, поступающих на очистные сооружения, надлежит уменьшать за счёт устройства локальных очистных сооружений;

в) сброс производственных сточных вод предусматривается в сеть производственной канализации; при этом должно быть рассчитано качество смеси сточных вод, а затем канализование предусматривается согласно п. б);

г) сброс производственных сточных вод предусматривается совместно с бытовыми сточными водами в общую канализационную сеть. Допустимые концентрации основных загрязняющих веществ в смеси бытовых и производственных сточных вод при поступлении в сооружения биологической очистки (в среднесуточной пробе), а также степень удаления этих веществ в

процессе очистки следует принимать согласно "Правилам приёма производственных сточных вод в системы канализации населённых пунктов".

Конкретному проектированию должно предшествовать также технико-экономическое обоснование решения.

7.7.2 Ущерб от сброса в природные водоёмы неочищенных сточных вод

При работе натрий-катионитных фильтров и паровых котлов в сточных водах по сравнению с исходной водой дополнительно появляется только некоторое количество натрия и хлоридов.

Тем не менее, в расчёте ущерба учитывались также кальций, магний, сульфаты и та часть натрия и хлоридов, которая была в исходной воде, т.е. действительный ущерб меньше рассчитанного.

Одновременно был рассчитан «ущерб» от сброса в водоём или водоток исходной воды станции водоподготовки, т.е. «ущерб» от добавления в водоём части собственной (этого водоёма) воды. Получилась значимая величина, что, по нашему мнению, свидетельствует о повышенной строгости методики, по которой производились расчёты.

Данные расчётов показывают, что значения приведенных затрат по любому из трёх отобранных методов очистки сточных вод на два - три порядка больше значений ущерба от сброса неочищенных сточных вод.

Выводы по разделу семь

1) Существующая установка умягчения воды находится в неудовлетворительном состоянии. Изношенность бака-солерастворителя делает эксплуатацию водоподготовительного оборудования опасной. Требуется замена, либо капитальный ремонт. Эксплуатацию механического оборудования ХВП, необходимо проводить в режиме работы, в соответствии с графиком и объемом химического контроля качества сетевой воды.

2) Для химического обескислороживания следует применить вместо сухого сульфита натрия его катализированный раствор, что повысит эффективность обескислороживания и улучшит условия труда операторов.

3) Химический контроль качества воды проводится в соответствии со стандартными методиками и инструкцией определения основных показателей качества воды, утвержденной на предприятия.

4) Для дальнейшей, безопасной и эффективной эксплуатации котельной предлагается рассмотреть модернизацию водохозяйственного комплекса котельной, а именно замены устаревшей системы На катионирования на систему дозирования реагентов с ингибитором ИОМС.

8 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА, НА ОСНОВЕ РЕВИЗИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В главе №7 «Модернизация водохозяйственного комплекса для повышения их эффективности и долговечности», предложена замена существующей системы ионно-обменной водоподготовки, на современную систему дозирования реагентов с ингибитором ИОМС.

Экономичность системы подготовки воды обусловлена стоимостью материалов и оборудования, изготовления и эксплуатации. Показателями экономичности являются технологичность конструкции, масса элементов, затраты труда, сроки изготовления и монтажа, расходы на наладку и ремонт.

8.1 Планирование работ и их временная оценка

Планирование разработки проекта системы подготовки и очистки подпиточной и питательной воды. Разобьем проект на основные части, и определим время и количество человек, необходимые для выполнения каждой части. Результаты занесем в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Планирование работ и оценка времени их выполнения

№	Наименование работ	Исполнитель	Продол-сть, дней
1	Выдача и получение задания на выполнение работы	Руководитель Инженер	1
2	Сбор исходных данных для проектирования системы подготовки воды	Инженер	4
3	Расчет системы водоподготовки котла и выполнения чертежей	Инженер	20
4	Утверждение расчетов системы теплоснабжения и чертежей	Руководитель Инженер	1
5	Исправление замечаний и доработка расчётов	Инженер	3
6	Оформление работы по стандартам ТПУ	Инженер	4
7	Утверждение руководителем	руководитель Инженер	1

Суммарное количество дней выполнения работы инженером 11р. – 32 дней; руководителя – 3 дня.

8.2 Затраты на проектирование

Затраты на проектирование определяется по следующей формуле (16).

$$K_{пр} = K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{пр} + K_{накл}, \quad (16)$$

где K_{mat} – материальные затраты;
 $K_{ам}$ – амортизация компьютерной техники;
 $K_{з/пл}$ – затраты на заработную плату, инженера и руководителя;
 $K_{с.о}$ – затраты на социальные нужды;
 $K_{пр}$ – прочие затраты;
 $K_{накл}$ – накладные расходы.

Материальные затраты

Материальные затраты на канцелярские товары принимаются в размере 1000 рублей

Амортизация компьютерной техники

В процессе выполнения работы использовалась компьютерная техника, рассчитанная по формуле (17):

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (17)$$

где $T_{исп.кт}$ – время использования компьютерной техники, составило 32 дня;
 $T_{кал}$ – календарное время 365 дней;
 $Ц_{кт}$ – цена компьютерной техники – 35000р.;
 $T_{сл}$ – срок службы компьютерной техники 5 лет;

$$K_{ам} = \frac{32}{365} \cdot 35000 \cdot \frac{1}{5} = 613,7 \text{ руб}$$

Общая заработная плата

Затраты на заработную плату ($K_{з/пл}$) – затраты на заработную плату.

Вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные и стимулирующие выплаты, затраты на заработную плату (для инженера и руководителя) рассчитываем следующим образом:

Затраты на заработную плату инженера и руководителя, определим по формуле (18):

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{рук}, \quad (18)$$

где $ЗП_{инж}$ – заработная плата инженера;
 $ЗП_{рук}$ – заработная плата руководителя.

Месячная заработная плата, определим по формуле (19):

$$ЗП_{мес} + ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (19)$$

где $ЗП_о$ – месячный оклад:

$ЗП_о$ – инженера 22000 руб.;

$ЗП_о$ – руководителя 35000 руб.;

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск: $K_1=1,1$;

K_2 – районный коэффициент: $K_2=1,3$;

Месячная заработная плата инженера:

$$ЗП_{мес} = 22000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 31460 \text{руб}$$

Месячная заработная плата руководителя:

$$ЗП_{мес} = 35000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 50050 \text{руб}$$

Расчет дневных ставок, определим по формуле (20):

$$ЗП_{дн} = \frac{ЗП_{мес}}{Д}, \quad (20)$$

где $Д$ количество рабочих дней в месяце - 21 день.

Дневная ставка инженера:

$$ЗП_{дн} = \frac{31460}{21} = 1498,09 \text{руб}$$

Дневная ставка руководителя:

$$ЗП_{дн} = \frac{50050}{21} = 2383,3 \text{руб}$$

Расчет заработной платы согласно затраченному времени на выполнение работы:

$$ЗП_{инж} = 1498,09 \cdot 32 = 47938,88 \text{руб}$$

$$ЗП_{инж} = 2383,3 \cdot 5 = 11916,5 \text{руб}$$

Затраты на заработную плату, инженера и руководителя

$$K_{з/пл} = 47938,88 + 11916,5 = 59855,38 \text{руб}$$

Затраты на социальные отчисления

Затраты на социальные отчисления принимаются от затрат на заработную плату, по формуле (21):

$$K_{с.о} = 0,3 \cdot K_{\frac{з}{пл}} \quad (21)$$

$$K_{с.о} = 0,3 \cdot 59855,38 = 17956,614, \text{руб}$$

Прочие затраты

Амортизация компьютерной техники, затраты на заработную плату, затраты на социальные отчисления и материальные затраты, принимаем в размере 10% , по формуле (22)

$$K_{пр} = 0,1(K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{з/пл} + K_{с.о}) \quad (22)$$

$$K_{пр} = 0,1(1000 + 613,7 + 59855,38 + 17956,614) = 7942,56, \text{руб}$$

Накладные расходы

Накладные расходы принимаются от затрат на заработную плату, определим по формуле (23):

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot K_{\frac{з}{пл}} \quad (23)$$

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot 59855,38 = 119710,76, \text{руб}$$

Общие затраты на проектирование

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}$$

$$K_{\text{пр}} = 1000 + 613,7 + 59855,38 + 17956,61 + 7942,56 + 119710,76 = 207079,01, \text{руб}$$

Полученные данные сведем в таблицу 8.2

Таблица 8.2 – Затраты на реализацию проекта

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1000
Амортизация компьютерной техники	613,7
Затраты на заработную плату, инженера и руководителя	59855,38
Затраты на социальные нужды	17956,61
Прочие затраты	7942,56
Накладные расходы	119710,76
Итого	207079,01

8.3 Затраты на реализацию рекомендаций по модернизации водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск

Затраты на оборудование и монтажные работы (стоимость монтажных работ принята 20% от суммарной стоимости оборудования)

Таблица 8.3 – Затраты на реализацию рекомендаций по модернизации водоподготовки котельной поселка АМЗ г. Челябинск

№ п/п	Наименование	Кол-во	Цена, руб.
1	Затраты на проектирование		207079,01
2	Станция удаления растворенного кислорода АСДР “Комплексон-6” (Н-40)	1	56040
3	Комплект труб, фитингов	1 Комплект	2750
4	Монтажные и пуско-наладочные работы		11758
5	Общая стоимость		277627,01

8.4 Расчет ежегодных эксплуатационных издержек на содержание системы водоподготовки

Ежегодные эксплуатационные издержки на содержание системы водоподготовки определим по формуле (24):

$$K_{год} = K_{ам} + K_{зн} + K_{соц} + K_{тр} + K_{нак} + K_{пр}, \text{руб./год} \quad (24)$$

где $K_{год}$ - годовые эксплуатационные затраты, руб.;

$K_{ам}$ - амортизационные отчисления, руб.;

$K_{зн}$ - годовые затраты на заработную плату, руб.;

$K_{соц}$ - затраты на социальные нужды, руб.;

$K_{тр}$ - издержки на текущий ремонт, руб.;

$K_{нак}$ - затраты на накладные расходы, руб.;

K_{np} - прочие расходы, руб.

Годовые амортизационные отчисления

Годовые амортизационные отчисления определяются по формуле (25):

$$K_{ам} = H_a \cdot K, \text{руб./год} \quad (25)$$

где K - капитальные затраты, руб.;

H_a - норма амортизации, 1/год.

Норму амортизации определим по следующей формуле (26):

$$H_a = \frac{1}{T_{сл}} \cdot 100\%, 1/\text{год} \quad (26)$$

где $T_{сл}$ - срок службы установленного оборудования, год.

Для системы подготовки воды с применением электрооборудования (станций дозирования, фильтров умягчения и удаления железа), $T_{сл}$ – 10 лет (гарантия завода изготовителя).

Тогда норма амортизации для водяной системы водоподготовки определим по формуле (27):

$$H_a = \frac{1}{10} \cdot 100 = 0,1, (1/\text{год}) \quad (27)$$

$$K_{ам} = 0,1 \cdot 70548 = 7054,8, \text{руб./год}$$

Годовые затраты на заработную плату

Месячная заработная плата сантехника рассчитывается по формуле (28):

$$K_{зпл} = ЗП_o \cdot K_1 \cdot K_2, \text{руб} \quad (28)$$

где $ЗП_o$ - месячный оклад слесаря сантехника – 15400 руб.;

$K_1=1,1(10\%)$ - коэффициент, учитывающий отпуск.

$K_2=1,3(30\%)$ - районный коэффициент;

$$K_{зпл.м} = 15400 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 22022, \text{руб}$$

Тогда годовые затраты на заработную плату слесаря-сантехника:

$$K_{\text{зпл.г}} = 22022 \cdot 12 = 264264, \text{руб} / \text{год}$$

На отчисления единого социального налога (ЕСН)

Затраты на социальные отчисления рассчитываются как 30% от затрат на оплату труда рассчитывается по формуле (29):

$$K_{\text{соц}} = 30\% \cdot K_{\text{зпл.г}}, \text{руб} / \text{год} \quad (29)$$

$$K_{\text{соц}} = 30\% \cdot 264264 = 79279,2, \text{руб} / \text{год}$$

Годовые затраты на текущий ремонт

Принимаем 20% от затрат на амортизацию оборудования рассчитывается по формуле (30):

$$K_{\text{тр}} = 20\% \cdot K_{\text{ам}}, \text{руб} / \text{год} \quad (30)$$

$$K_{\text{тр}} = 20\% \cdot 7054,8 = 1410,96, \text{руб} / \text{год}$$

Накладные расходы

Накладные расходы - 200% от затрат на оплату труда, по формуле (31):

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot K_{\text{зпл}}^{\Sigma}, \text{руб} / \text{год} \quad (31)$$

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot 264264 = 528528, \text{руб} / \text{год}$$

Прочие расходы

Прочие расходы принимаем 10% от суммы всех издержек, по формуле (32):

$$K_{\text{пр}} = 10\%(K_{\text{ам}} + K_{\text{зп}} + K_{\text{соц}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{накл}}), \text{руб.} / \text{год} \quad (32)$$

$$K_{\text{пр}} = 10\%(7054,8 + 264264 + 79279,2 + 1410,96 + 528528) = 88053,69, \text{руб.} / \text{год}$$

Тогда, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$K_{\text{год}} = 7054,8 + 264264 + 79279,2 + 1410,96 + 528528 + 88053,69 = 968590,65, \text{руб.} / \text{год}$$

Вывод: затраты на установку новой системы подготовки составили:

- 277627,01 рублей на проектирование, поставку и монтаж нового соответствующего оборудования, входящего в систему комплексной водоподготовки воды котельной;

- 968590,65 рублей/год составили эксплуатационные затраты на содержание системы водоподготовки за один год.

8.5 Расчет затрат на приобретение реагентов

В данном расчете не рассматриваются затраты на транспортные расходы реагентов, погрузочно-разгрузочные работы, хранение, занимаемая площадь склада, трудозатраты персонала, затраты на проведение текущего ремонта, амортизационные отчисления, стоимость электроэнергии используемой насосами перекачивающий раствор.

1 Вариант – приобретение поваренной соли (NaCl).

Согласно режимной карты установки умягчения воды непрерывного действия (таблица 6.4), суточный расход поваренной соли на регенерацию фильтров составляет 0,162 т/сут.

Расход соли в отопительный сезон (218 дней) составит:

$$Q_{NaCl.om} = 0,162 \cdot 218 = 35,316 \text{ т / год}$$

В неотапительный сезон котельная работает только на нужды горячего водоснабжения поселка, поэтому расход соли регенерацию фильтров составляет 0,09 т/сут.

Расход соли в неотапительный сезон (133 дней (14 дней опрессовка)) составит:

$$Q_{NaCl.zec} = 0,09 \cdot 133 = 11,97 \text{ т / год}$$

Общий расход соли:

$$Q_{NaCl.om} = 35,316 + 11,97 = 47,286 \text{ т / год}$$

Стоимость 1 тонны таблетированной поваренной соли составляет 24300 рублей. [29]

Затраты на приобретение соли составляет:

$$Z_{NaCl} = 24300 \cdot 47,286 = 1149049,8 \text{ руб / год}$$

2 Вариант – приобретение реагента ИОМС.

В соответствии с данными котельной (таблица 3.2) расход подпиточной

воды составляет 20,0 м³/ч, оптимальная доза реагента составляет ~ 2 г/ м³

$$P_{сут}^{реагент} = \frac{20 \cdot 24 \cdot 2 \cdot 100\%}{25\%} = 3840, \text{г} / \text{сут} = 3,8, \text{кг} / \text{сут}$$

Расход реагента в отопительный сезон (218 дней) составит:

$$Q_{реаг.от} = 3,8 \cdot 218 = 828,4, \text{кг} / \text{год}$$

Расход реагента в неотопительный сезон (133 дней (14 дней опрессовка)) составит:

$$Q_{реаг.звс} = 2,28 \cdot 133 = 303,24, \text{кг} / \text{год}$$

Общий расход реагента:

$$Q_{реаг} = 824,4 + 303,24 = 1127,64, \text{кг} / \text{год}$$

Стоимость одного кг реагента составляет – 180рублей. [32]

Затраты на приобретение реагента составляет:

$$Z_{реаг} = 1127,64 \cdot 180 = 202975,2, \text{руб} / \text{год}$$

Затраты на приобретение воды потребляемую при регенерации На-катионитовых фильтров.

Согласно режимной карты установки умягчения воды непрерывного действия (таблица 6.4) - расход воды на собственные нужды при регенерации, м³ (расход воды на взрыхление, отмывку, приготовление регенерирующего раствора соли и инъекционную подачу регенерирующего раствора соли) составляет 10 м³/сут.

Тогда расход воды в отопительный период в отопительный сезон (218 дней) составит:

$$Q_{воды} = 10 \cdot 218 = 2180, \text{м}^3$$

Расход воды в неотопительный сезон (133 дней (14 дней опрессовка)) составит:

$$Q_{реаг.звс} = 6 \cdot 133 = 798, \text{м}^3$$

Итого: расход воды на регенерацию На-катионитовых фильтров в год составляет 2978 м³.

Согласно тарифов на коммунальные услуги с 01.01.2020 года по Челябинскому городскому округу стоимость 1 м³ составляет 25,14 руб. [28]

Тогда получаем стоимость воды на регенерацию фильтров в год составит:

$$2978 \cdot 25,14 = 74866,92 \text{ руб.}$$

Рекомендации

Таким образом, рекомендации по модернизации будут включать следующие важные этапы:

1) Необходимо произвести ревизию и глубокий анализ работы существующего оборудования котельной. Проверить его эффективность с забором пробы воды до и после фильтров в специализированной лаборатории, которые указаны в главе 7.1.

2) Определить износ оборудования и аппаратов с учетом выполняемой автоматизации в данном этапе.

3) Рассчитать и подобрать оборудование для дозирования ИОМС.

4) Провести мониторинг отечественных реагентов с получением коммерческих предложений по покупке реагента с запасом на 1 год.

5) Организовать лабораторию по анализу ИОМС.

6) Произвести расширенный поиск дозирующих устройств.

7) Определить место под склад, для хранения реагентов.

8) Обучить персонал, с целью работы на новой установке, умением загрузки реагента и работы с документацией.

9) Провести регламентные работы, с целью сохранности и надёжности котельного оборудования и получения теплоносителя требуемого качества.

10) Необходимо обеспечить безопасность труда работников котельной.

Выводы по разделу восемь

1) При сравнении затрат на приобретение таблетированной соли в год – 1149049,8 руб. приобретение воды на регенерацию фильтров – 74866,92 с одной стороны и приобретение реагента ИОМС – 202975,2 руб. затраты на проектирование, поставку и монтаж нового оборудования – 277627,01 руб. с другой стороны, можно сделать вывод, что данный проект окупиться за первый год его эксплуатации.

2) Уменьшатся затраты на текущий ремонт, замену оборудования котельной, простой оборудования.

3) Система повысит качество подпиточной и питательной воды, что значительно уменьшит влияние коррозии и отложений тепловых сетей и оборудования котла.

9 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КОТЕЛЬНЫХ

Долгое время самой популярной технологией водоподготовки технологической воды для питания водогрейных котлов было Na-катионирование, в том числе используемое в данное время и на рассматриваемой котельной.

Метод Na-катионирования, имеет массу достоинств, таких как:

1. Данная технология достаточно простая в использовании;
2. Дешевые реагенты хлорида натрия для регенерации фильтров (поваренная соль 8-10%);
3. Минимальные капиталовложения и энергетические затраты;
4. Высокие шансы получения хорошо очищенной воды;
5. Проверенная работоспособность и надежность;
6. При внезапном изменении параметров исходной воды не ухудшается работоспособность установок.

Но также имеются и недостатки:

1. Обратная сторона дешевых реагентов – это использование их в больших количествах;
2. При увеличении солесодержания увеличиваются эксплуатационные расходы;
3. Периодически требуется регенерация;
4. Довольно объемные установки;
5. Обработка реагентов и их сброс является также не маловажным фактором.

Изученные методы умягчения из литературных источников (ионный обмен, Na-катионирование, H-катионирование, NH₄-катионирование, микро-, ультра-, нанофильтрация и обратный осмос), проведение анализа отобранных проб воды приводит к необходимости использования более выгодной установки.

По результатам исследования режимов работы водогрейных котельных в г. Челябинск, потребляющих воду от городского водопровода либо скважин, был подготовлен материал для разработки рекомендации по переводу существующих, морально и физически устаревших систем ионно-обменной водоподготовки, на современные системы дозирования реагентов с ингибитором ИОМС.

Как пример, проведено лабораторное исследование питательной воды из скважины с котельной пос. Агромаш г. Челябинск. Результаты приведены в таблице 9.1

Таблица 9.1 – Показатели качества воды котельной пос. Агромаш

рН	Солесодержание	Жесткость общая	Fe	Окисляемость	Мутность
6,9	550 мг/л	9,2 мг-экв/л	не обнаружено	1,3 мг/л	не обнаружено

Как видно из полученных данных, предложенная нами схема, включающая станцию автоматической системы дозирования реагентов, подойдет в полной мере.

Выводы по разделу девять

Для небольших водогрейных котельных г. Челябинска, работающих по старым технологическим схемам, предложенная реконструкция подойдет в значительной степени т.к.:

- 1) Улучшается качество питательной воды;
- 2) Срок окупаемости проекта меньше года;
- 3) Работы по замене оборудования проводятся без остановки производства котельной;
- 4) Уменьшаются работы по текущему ремонту
- 5) Значительно уменьшается сброс воды в канализацию. Оказывается меньше воздействие на трубопроводы канализации городских сетей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы, был проанализирован вопрос модернизации системы водоподготовки водогрейной котельной пос. АМЗ в Советском районе г. Челябинска. Котельная с 3-мя водогрейными котлами ТТ100 «ТЕРМОТЕХНИК» фирмы «Энтророс» (Россия) мощностью 10 МВт каждый, предназначена для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и сооружений.

Из сопоставления показателей качества воды в источнике следовало, что требуется удаление солей жесткости, удаление растворенного кислорода. Источником водоснабжения являлся центральный водопровод г. Челябинска.

В результате исследования и анализа причин возникновения отложений, в процессе нагрева теплоносителя и передачи его потребителю, была предложена модернизация существующей системы подготовки воды, обеспечивающая доведения до норм показатели теплоносителя.

Работа по проектированию модернизации системы подготовки воды котельной пос. АМЗ, г. Челябинск выполнена в соответствии с современными техническими требованиями и нормативными документами.

В ходе выполнения данной работы был проведен поиск, сбор и анализ информации из существующих российских и зарубежных источников по водоподготовке.

В работе разработаны рекомендации по модернизации водоподготовки котельной, которые будут включать следующие этапы:

1) Необходимо произвести ревизию и глубокий анализ работы существующего оборудования котельной. Проверить его эффективность с забором пробы воды до и после фильтров в специализированной лаборатории, которые указаны в главе 7.1.

2) Определить износ оборудования и аппаратов с учетом выполняемой автоматизации в данном этапе.

3) Рассчитать и подобрать оборудование для дозирования ИОМС.

4) Провести мониторинг отечественных реагентов с получением коммерческих предложений по покупке реагента с запасом на 1 год.

5) Организовать лабораторию по анализу ИОМС.

6) Произвести расширенный поиск дозирующих устройств.

7) Определить место под склад, для хранения реагентов.

8) Обучить персонал, с целью работы на новой установке, умением загрузки реагента и работы с документацией.

9) Провести регламентные работы, с целью сохранности и надёжности котельного оборудования и получения теплоносителя требуемого качества.

10) Необходимо обеспечить безопасность труда работников котельной.

На основании этих рекомендаций можно оформить исходные данные для выполнения рабочего проекта по модернизации котельных г. Челябинска.

Более того, в работе была проведена оценка и расчет затрат требуемых на проектирование выбранной системы водоподготовки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 26.09.2001 г. N 24.
2. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 25.11.2002 г. N 40.
3. СП 89.13330.2012 Котельные установки. Актуализированная редакция. -М.: Минстрой России, 2012. – 97 с.
4. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84. (с Изменениями N 1, 2). -М.: Минстрой России, 2015. – 143 с.
5. СП 75.13330.2011. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы. Актуализированная версия СНиП 3.05.05-84. -М.: Госстрой России, 2011. – 36 с.
6. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – 2-е изд. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.
7. Сидельковский, Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, Ю.Б. Юренв. – Издательство Бастет, 2009. – 528 с.;
8. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учебное пособие для вузов / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: Издательство МГУ, 1996. – 680 с
9. Палей, Е.Л. Нормативные требования и практические рекомендации при проектировании котельных / Е.Л. Палей. – СПб.: Питер, 2014. – 144 с.;
10. Трухний, А.Д. Основы современной энергетики / А.Д. Трухний. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 472 с.;
11. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация: учебник для нач. проф. образования, - 6 издание, 2011.- 432 с.
12. Шумилин, Е.В. Расчет тепловых схем и подбор основного оборудования котельных: учебное пособие / Е.В. Шумилин. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос.ун-та, 2013. – 39с.
13. Хаванов, П.А. «Водогрейные котлоагрегаты малой мощности. Теплотехнические особенности применения». / П.А. Хаванов. // Журнал «АВОК». – 2011. – №5.
14. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А.Н. Справочник по котельным установкам малой производительности/Под ред. К.Ф. Роддатиса.-М.: Энергоатомиздат, 1989.- 488 с.: ил.
15. Буров В.Д., Дорохов Е.В., Елизаров Д.П. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов. Гриф МО РФ – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 467 с.
16. Гронь, В. А. Очистка сточных вод предприятий теплоэнергетики / В. А. Гронь, Е. В. Будник // Журнал. Альманах современной науки и образования. – 2009. – №12. – С. 28 – 29.
17. Сайриллинов, С.Ш. Обеспечение технологической безопасности

- трубопроводов систем водоснабжения / С.Ш. Сайриддинов. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – 83 с.
18. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.
 19. Клименко, А.В. «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л.Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др./; под ред. А.В. Клименко. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 424 с.: ил.
 20. В. И. Нарыков. Гигиена водоснабжения: уч. пособие / В. И. Нарыков, Ю. В. Лизунов, М. А. Бокарев. – СПб.: СпецЛит, 2011. – 120 с.
 21. Деягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов / Г.Н. Деягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А. Хаванов. – М.: Бастет, 2010. – 624 с.
 22. Осинцев К.В. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / К.В. Осинцев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2015. – 50 с.
 23. Бузников, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис, Э.И. Берзиньш. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 248 с.
 24. Николаева, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей/под ред. А.А. Николаева. – Курган.: Интеграл, 2007. – 360 с.
 25. Коршунова, Л.А. Экономика энергетических предприятий: уч. пособие /Л.А. Коршунова, Н.Г. Кузьмина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 156 с.
 26. Бухмиров, В.В. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / В.В. Бухмиров, Н.Н. Нурахов, П.Г. Косарев. – М.: Институт качества высшего образования НИТУ «МИСиС», 2014. – 96 с.
 27. Данилова В.В. Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.В. Данилова. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 720 с.
 28. <https://cheladmin.ru/ru/tarify-na-kommunalnye-uslugi>
 29. <http://salt74.ru/>
 30. <https://xn--2000-f4ds9abass.xn--p1ai/products/drugaya-ximiya/ioms-1/>
 31. <https://www.entroros.ru/>
 32. <https://dekaterm.ru/catalogue/komplekson-6-h40/>