Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Теплотехника и гидродинамика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.А. Кулагин
подпись инициалы, фамилия
«20» 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

140100.62 – Теплоэнергетика и теплотехника

Проект модернизации водоподготовительной установки для тепловой сети Минусинской ТЭЦ

Научный руководитель _____ А.Ю. Радзюк
подпись, дата инициалы, фамилия

Выпускник _____ Н.В. Климова
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ А.Ю. Радзюк
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Кафедра гидрогазодиниамики
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.А. Кулагин
подпись инициалы, фамилия
«20» 06 2016 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы
бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации

Студенту Климовой Наталье Владимировне
фамилия, имя, отчество

Группа ЗФЭ 11-02Б Направление (специальность) 140100.62
номер код

«Теплоэнергетика и теплотехника»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Проект модернизации водоподготовительной установки для тепловой сети Минусинской ТЭЦ

Утверждена приказом по университету № 6324/С от 12 мая 2016

Руководитель ВКР А. Ю. Радзюк
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР Тепловая схема Минусинской ТЭЦ
Технологические характеристики водоподготовительной установки теплосети Минусинской ТЭЦ проектной производительностью 800 т/ч

Перечень разделов ВКР Содержание расчетно – пояснительной записки:
Введение
1 Предпосылки модернизации существующей системы ВПУ для подпитки теплосети
2 Разработка новой технологической схемы ВПУ
3 Технико-экономическое обоснование модернизации, эксплуатация ВПУ и вопросы охраны труда
Заключение
Список используемых источников
Приложения со схемами

Перечень графического материала

Схема подачи сырой воды

Схема подпитки теплосети

Тепловая схема Минусинской ТЭЦ

Схема подпитки теплосети после реконструкции

Руководитель ВКР _____ А.Ю. Радзюк

подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ Н.В. Климова

подпись, инициалы и фамилия студента

« 10 » 05 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Проект модернизации водоподготовительной установки для тепловой сети Минусинской ТЭЦ» содержит 83 страницы текстового документа, 38 формул, 23 таблицы, 2 рисунка, 8 приложений, 31 использованный источник.

Целью работы являлись разработка и обоснование проекта модернизации водоподготовительной установки для тепловой сети ТЭЦ.

В проекте проведен анализ состояния и работы существующей ВПУ для подпитки тепловой сети на Минусинской ТЭЦ, разработка путей и технико-экономического обоснования модернизации ВПУ, разработка новой технологической схемы ВПУ, включая выбор оборудования и расчет расхода необходимых реагентов, разработка схемы эксплуатации ВПУ с учетом модернизации, рассмотрены вопросы охраны труда.

По результатам проведенной работы данный проект можно считать очень выгодным и привлекательным для Минусинской ТЭЦ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…….5

1 Предпосылки модернизации существующей системы водоподготовки для подпитки тепловой сети……...8

1.1 Краткое описание основного оборудования и показателей работы Минусинской ТЭЦ 8

1.2 Описание технологической схемы и оборудования существующей ВПУ 13

1.3 Определение фактического потребления подпиточной воды на Минусинской ТЭЦ 16

1.4 Анализ эффективности работы существующей ВПУ, проблемы и пути модернизации 18

2 Разработка новой технологической схемы ВПУ 29

2.1 Реконструкция схемы подготовки воды для подпитки теплосети……...29

2.2 Сущность технологического процесса.....30

2.3 Оборудование модернизированной ВПУ 35

3 Технико-экономическое обоснование модернизации, эксплуатация ВПУ и охрана труда 44

3.1 Технико-экономические показатели модернизированной ВПУ.....44

3.2 Эксплуатация схемы ВПУ после модернизации 47

3.3 Вопросы охраны труда.....53

Заключение……...……...67

Список используемых источников.....70

Приложение А…..……..73

Приложение Б……...…...74

Приложение В……..75

Приложение Г……..76

Приложение Д……...…..77

Приложение Е…….....78

Приложение Ж……80

Приложение З…….....82

Приложение И……....83

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика России, имея общую мощность электростанций более двухсот миллионов МВт и развитую систему линий электропередач, в настоящее время достаточно надежно обеспечивает народное хозяйство электрической и тепловой энергией. Однако в последние два десятилетия развитие отрасли, которое исторически сопровождалось совершенствованием научно-технических достижений, стало неуклонно замедляться из-за негативных тенденций в экономике страны, что привело к закономерному устареванию имеющегося оборудования и износу основных фондов объектов энергетического хозяйства страны.

В условиях возрастающей доли устаревшего энергетического оборудования электростанций весьма актуальной становится задача обоснования направлений развития генерирующих мощностей. На первых этапах эта задача сводится к выбору мероприятий, препятствующих снижению суммарной располагаемой мощности действующих электростанций России. Для этого разрабатывается программа их обновления, в которой предусматривается:

- продление сроков службы действующего основного оборудования;
- замена устаревшего оборудования на аналогичные и модернизированные образцы;
- замена действующего оборудования новым, обеспечивающим производство электроэнергии по более прогрессивным технологиям.

Программа обновления объектов электроэнергетики должна обеспечивать минимизацию затрат на ее реализацию и способствовать внедрению новой техники и прогрессивных технологий. При этом следует учитывать, что успешное развитие электроэнергетики возможно только в условиях высокой степени концентрации финансовых ресурсов. Особенно остро необходимость обновления энергетического оборудования проявляется на тепловых

электростанциях (ТЭС), многие из которых работают за пределами амортизационных сроков службы.

Продуктами теплоэнергетического производства ТЭС, помимо очевидной электрической энергии, являются: тепловая энергия, отдаваемая в виде горячей воды в теплофикационных закрытых (отопительных) или открытых сетях; пар, используемый для различных технологических нужд соседними предприятиями; иногда вода для питья и хозяйственных надобностей в районах, лишенных природных пресных вод, т.е. вода в том или ином виде.

Кроме того, в самом технологическом цикле производства теплоты и электрической энергии на ТЭС вода в различных агрегатных состояниях является теплоносителем.

Надежность и экономичность работы оборудования ТЭС и тепловых сетей в значительной степени зависит от надежности работы системы водоподготовки и состава исходной технологической воды, в том числе от содержания в ней тех или других примесей.

Использование воды в паровых котлах и сетевых подогревателях связано с рядом затруднений, возникающих из-за содержащихся в воде веществ, нарушающих нормальную работу теплообменного оборудования вследствие возникающих на поверхностях нагрева отложений, которые, обладая низкой теплопроводностью, вызывают перегрев металла труби уменьшение проходных сечений, что приводит к снижению надежности и экономичности теплоснабжения.

Таким образом, обеспечение надежного и экономичного теплоснабжения потребителей предполагает предотвращение накипных отложений и солевых запасов, а также коррозийных повреждений оборудования, что возможно и необходимо делать за счет использования актуальной системы водоподготовки. В настоящей выпускной квалификационной работе объектом исследования является Минусинская ТЭЦ ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)», а предметом исследования - водоподготовительная установка (ВПУ) для тепловой сети.

Цель работы - разработка проекта модернизации водоподготовительной установки для тепловой сети Минусинской ТЭЦ.

Достижение поставленной цели может быть достигнуто за счет последовательного выполнения следующих задач:

- анализа состояния и работы существующей ВПУ для подпитки тепловой сети на Минусинской ТЭЦ;
- разработка путей и технико-экономического обоснования модернизации ВПУ;
- разработка новой технологической схемы ВПУ, включая выбор оборудования и расчет расхода необходимы реагентов;
- разработка схемы эксплуатации ВПУ с учетом модернизации;
- экономический анализ модернизации;
- рассмотрение вопросов охраны труда.

1 Предпосылки модернизации существующей системы водоподготовки для подпитки тепловой сети

1.1 Краткое описание основного оборудования и показателей работы Минусинской ТЭЦ

На сегодняшний день Минусинская ТЭЦ является предприятием энергетического комплекса юга Красноярского края и основным поставщиком тепловой энергии для города Минусинск. Обеспечивает теплом более 95% потребителей жилищно-коммунального сектора города (дает тепло более 60 тысяч жителей). Среди других крупных потребителей тепловой энергии – промышленные предприятия ОАО «ЭЛКО», «ПИКОМ», «Морис», «МЭС», объекты «Минусинск геология» и все муниципальные образования города.

Открытая система горячего водоснабжения станции (ГВС) должна обеспечивать подачу тепла в город Минусинск и на промышленную зону по температурному графику 150-70 °С. Пар с П-отбора турбин на сторону не отпускается. Установленная электрическая мощность станции - 85 МВт, тепловая – 333 Гкал/ч.

В состав Минусинской ТЭЦ ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» входит ТЭЦ г. Минусинска и электрокотельные, расположенные в поселках Шушенское, Тесь, Ильичево.

В свою очередь, в состав ТЭЦ входят: очередь высокого, очередь среднего давления, цех топливоподачи, электрический цех, химический цех, цех ТАИ, цех тепловодоснабжения и собственный водозабор на острове Жульминском (расположенном на реке Енисей). Основное оборудование находится в главном корпусе Минусинской ТЭЦ. Тепловая схема Минусинской ТЭЦ приведена в приложении А.

Оборудование очереди высокого давления ТЭЦ

В состав основного тепломеханического оборудования очереди высокого давления (ОВД) ТЭЦ входят один котлоагрегат БКЗ-420-140ПТ-2 и один турбоагрегат ПТ-85/100-130/13 ЛМЗ. С целью возможного расширения основного оборудования ОВД его компоновка выполнена с поперечными связями.

В котельном цехе Минусинской ТЭЦ установлен котел БКЗ-420-140-ПТ-2 Барнаульского котельного завода номинальной производительностью 420 т/ч. Котел предназначен для сжигания бородинского угля с жидким шлакоудалением, вертикально-водотрубный, однобарабанный, с естественной циркуляцией, однокорпусной, П-образной компоновки.

Топочная камера полуоткрытого типа выполнена из труб диаметром 60х6 мм с шагом 80 мм (сталь 20). В нижней части топки трубы фронтового и заднего экранов образуют пережим, разделяющий камеру горения и камеру охлаждения. Камера горения выполнена в виде двух сообщающихся предтопков. Камера охлаждения призматическая с размерами по осям труб 6850х14460 мм.

Каждый предтопок оборудован восемью прямоточными горелками, расположенными в два яруса по тангенциальной схеме.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа размещен в верхнем горизонтальном газоходе. В нисходящем газоходе расположены первая и вторая ступени водяного экономайзера и воздухоподогревателя.

Котел БКЗ-420-140 оборудован двумя системами пылеприготовления, выполненными по полуразомкнутой схеме. Каждая пылесистема включает в себя: бункер сырого угля, скребковый питатель типа СПУ-900/5000; молотковую мельницу ММТ 2000/2590/730 с инерционным сепаратором, пылевой циклон, бункер пыли и мельничный вентилятор ВМ-160/850Ц.

Сушка угля осуществляется смесью топочных и уходящих газов с температурой перед мельницами ≤ 600 °С. Топочные газы с температурой $T_г$ ~ 1000 °С отбираются в верхней части топки. Уходящие газы в пылесистему

подаются дымососами газовой рециркуляции типа ДН-15. Подача пыли из бункеров осуществляется 16-ю пылепитателями типа ППЛ-5. Сжатый воздух на транспорт пыли подается от воздуходувок ТВ-80-1,8, либо ТВ-80-1,6 и ТВ-500-108.

Для обеспечения тягой и дутьем на котле установлены: два дутьевых вентилятора типа ДН-26ГМ и два дымососа ДН-26×2-0,62.

Очистка дымовых газов за котлом осуществляется в электрофильтрах типа ЭГА-2-58-12-6-5.

Главный паропровод связан через БРОУ и РОУ с общестанционным коллектором пара 13 ата.

На ТЭЦ установлена одна паровая турбина ПТ-85/100-130/13, снабженная двумя регулируемыми теплофикационными отборами и одним регулируемым производственным отбором.

Турбина имеет сопловое парораспределение. Проточная часть ЦВД имеет одновенечную регулирующую ступень и 16 ступеней давления. На выходе из ЦВД устроен регулируемый производственный отбор. Давление в камере производственного отбора поддерживается регулирующими клапанами.

Давление теплофикационных отборов регулируется одной поворотной диафрагмой, расположенной перед частью низкого давления.

В ЦНД пар из камеры верхнего отбора поступает в ПСГ-2, а из камеры нижнего теплофикационного отбора в ПСГ-1.

Номинальная расчетная температура охлаждающей воды 20 °С.

Турбина имеет семь нерегулируемых отборов пара и снабжена валоповоротным устройством.

Особенностью конденсатора является наличие встроенного пучка для подогрева воды и наличие встроенной камеры для размещения ПНД-1.

Непосредственно регенеративная установка включает в себя охладитель пара уплотнений с эжектором, охладитель пара уплотнений, ПНД-1, ПНД-2, ПНД-

3, ПНД-4, ПВД-5, ПВД-6, ПВД-7. Сливы конденсата регенеративной установки возвращаются в паросиловой цикл.

Тепловая схема турбоагрегата предусматривает подачу воды из конденсатора к деаэратору через подогреватели эжекторов, охладители пара с уплотнений (ПС-50 и ПН-130) регенеративные подогреватели низкого давления (ПНД) и далее через регенеративные подогреватели высокого давления (ПВД) к котлу. Отбор греющего пара на ПНД, деаэратор и ПВД обеспечивается из нерегулируемых отборов турбины с последующим возвратом конденсата в паросиловой цикл.

Система охлаждения конденсатора турбины - оборотная с градирней пленочного охлаждения. Подпитка градирни свежей водой осуществляется из узла подпитки, смонтированного на станции обеззараживания воды (УФО — ультрафиолетового облучения).

Деаэрация и аккумуляция питательной воды к котлу БКЗ-420 осуществляется в деаэраторе повышенного давления. Деаэрация и аккумуляция воды после химической очистки для подпитки теплосети и подпитки котлов осуществляется, соответственно, в вакуумных деаэраторах и деаэраторах атмосферного типа. Схемой предусмотрен возврат тепла и конденсата выпара деаэраторов в охладители выпара.

Оборудование очереди среднего давления

В котельном цехе Минусинской ТЭЦ установлены четыре котла БКЗ-75-39 ФБ Белгородского завода энергетического машиностроения с твердым шлакоудалением, рассчитанные на работу на бурых углях. Котел БКЗ-75 вертикально-водотрубный, однобарабанный с естественной циркуляцией, выполнен по П-образной схеме компоновки поверхностей нагрева, работает с уравновешенной тягой.

Барабан котла внутренним диаметром 1500 мм с толщиной стенки 40 мм, выполнен из стали (20К). В барабане имеется отсек первой ступени испарения и

два отсека второй ступени испарения по торцам барабана, оборудованные внутрибарабанными циклонами. Третья ступень испарения состоит из двух выносных циклонов с диаметром 337 мм. Пар из циклонов поступает в барабан.

Пароперегреватель (ПП) – конвективный, змеевиковый, вертикальный с коридорным расположением труб диаметром 38×3 мм (сталь 20) состоит из двух ступеней: ПП-1 и ПП-2.

Цех тепловодоснабжения (ТВС)

Потребителями тепловой энергии от Минусинской ТЭЦ являются: жилые дома, школы, детские сады, объекты здравоохранения, административные, культурно-бытовые здания, промышленные предприятия города и производственные здания хозяйственных построек ТЭЦ. Системы потребления подключены к тепловым сетям по зависимой схеме. Схема подключения ГВС - открытая неавтоматизированная. Схема тепловых сетей - двухтрубная, с различными типами прокладки трубопроводов: воздушная на низких опорах; подземная в непроходимых каналах.

Теплоснабжение осуществляется по схеме качественного регулирования температурой энергоносителя в соответствии с температурным графиком и в зависимости от температуры наружного воздуха. Температурный график 150-70 °С.

На обратных трубопроводах теплосети установлены две станции подкачки. Присоединенная тепловая нагрузка потребителей составляет 240,5 Гкал/час.

Общая протяженность тепловых сетей, включая внутриквартальные, - 54 км (в двухтрубном исполнении).

Водоснабжение обеспечивается 13 скважинами. На водоводах установлены коммерческие приборы учета (УФМ). Разрешенный расход воды составляет 48,4 тыс.куб. метров в сутки.

1.2 Описание технологической схемы и оборудования существующей ВПУ

Существующая водоподготовительная установка Минусинской ТЭЦ для подпитки теплосети предназначена для обработки подпиточной воды с целью предупреждения всех видов отложений и коррозийных повреждений на внутренних поверхностях теплосилового оборудования.

Для обеспечения населения горячей водой для бытовых нужд и отопления используется вода хозяйственно-питьевого качества (открытый тип теплоснабжения).

Проектная производительность подпитки теплосети составляет 800 т/ч.

Для подготовки подпиточной воды открытой системы водоснабжения на МТЭЦ используется следующая схема: подкисление, декарбонизация, деаэрация (Приложение Б - Схема подпитки теплосети).

Сырая вода с водозабора “Жульминский” по водопроводу ДУ 600 проходит через установку ультрафиолетового облучения (УФО) (приложение №3 рисунок «Устройство УФО») и подается на всас насосов НСВТ № 1,2 в главном корпусе, которые прокачивают воду через встроенный пучок конденсатора турбины.

Вода подогревается в пучке до температуры 20-25 ^{0}С, проходит через подогреватели подпиточной воды ПСВТ №1,2, где подогревается до температуры 40-45 ^{0}С и через задвижку СВТ-14 по трубопроводу ДУ 400 подается из главного корпуса в хим.цех по двум ниткам: I(Н-I) и II(Н-II) (Приложение А «Тепловая схема ТЭЦ»).

Краткое описание оборудования, расположенного в химическом цехе Минусинской ТЭЦ, приведено в таблице 1.

Таблица 1- Краткая характеристика оборудования подпитки теплосети

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Характеристика оборудования
1	Насосы сырой воды	2	НСВТ
2	Подогреватели сырой воды	2	Т=40-45°С, ПСВТ № 1, 2
3	Буферные фильтры	4	Q=35-245 $м^3$/час, D=3 м, $Н_{загрузки}$= 0,8-1 м, катионит КУ-2-8
4	Декарбонизаторы	2	V=550$м^3$, $Н_{загрузки}$= 1,2 м
5	Баки декарбонизированной воды	2	V=250 $м^3$
6	Насосы декарбонизированной воды	3	НДВТ/с № 1, 2, 3, D500/63
7	Деаэраторы	2	ДСВ-400
Оборудование склада жидких реагентов и солевого хозяйства			
8	Баки хранения концентрированной серной кислоты	2	БХК № 1, 2, V=100 $м^3$
9	Насосы разгрузки кислоты	2	НПК № 1, 2, Х-45/31
10	Баки-мерники кислоты	2	V=6$м^3$
11	Насосы-дозаторы кислоты для регенерации буферных фильтров	2	НД 63/10

В целях подкисления в трубопроводы подается серная кислота насосами дозаторами кислоты (НДК №3;4). Подкисленная вода поступает в буферные фильтры (БФ №1;2;3;4), загруженные смолой марки КУ-2-8. Высота загрузки каждого составляет 0,8-1 м (объем 5,6-7 $м^3$). Скорость фильтрации БФ №1;2;3;4 5-7м/ч. Нижний слой загрузки - антрацит. Химическая защита выполнена сырой резиной с последующей вулканизацией.

Назначение Н-буферных фильтров - устранение колебаний щелочности выходящей воды из фильтра и попадания кислых вод в подпитку теплосети. Метод подкисления сырой воды для подпитки теплосети применяется при открытой схеме теплоснабжения с большими расходами горячей воды.

Период работы фильтроцикла определяется по перепаду давления на входе и выходе из фильтра в одну атмосферу, т.е. когда произошел перепад на входе и выходе из фильтра в 1 атмосферу, фильтр отключают на взрыхление. Взрыхление проводится для устранения неравномерности фильтрующего слоя, слеживания

материала и удаления измельчившихся частичек катионита. Взрыхление проводится до полного отсутствия мелких, оседающих частиц, после чего фильтр включают в работу.

После фильтров вода поступает в декарбонизаторы, где удаляется углекислота. Вода из декарбонизаторов сливается в баки декарбонизированной воды №1;2 и насосами НДВт/с №1;2;3 подается по трубопроводу ДУ 400 в главный корпус на вакуумные деаэраторы ДСВ 400 № 1,2 (Приложение А «Тепловая схема ТЭЦ»). В вакуумных деаэраторах удаляется кислород и углекислота, растворенные в воде. Деаэрированная вода сливается в баки ГВС №1,2,3, откуда подпиточными насосами НПТС № 1,2,3,4 подается в трубопровод обратной воды.

В зависимости от температуры нагрева сетевой воды и pH должен выдерживаться карбонатный индекс Ик (предельное значение произведения общей щелочности и кальциевой жесткости воды, в мг-экв/дм^3, выше которого протекает карбонатное накипеобразование с интенсивностью более 0,1 г/(м^{3}ч)).

Качество подпиточной воды для открытых систем теплоснабжения после буферных фильтров и подкисления должны быть такими же, как нормативные для сетевой воды (таблица 2), и должно также удовлетворять действующим нормам для питьевой воды.

Таблица 2 - Качество подпиточной воды для открытых систем теплоснабжения

Температура нагрева сетевой воды, ^{0}С	Ик, (мг-экв/дм^3) при значениях pH			
	не выше 8,5	8,51-8,8	8,81 –9,2	выше 9,2
70-100	4,0	2,6	2,0	1,6
101-120	3,0	2,1	1,6	1,4
121-140	2,5	1,9	1,4	1,2
141-150	2,0	1,5	1,2	0,9
151-200	1,0	0,8	0,6	0,4

1.3 Определение фактического потребления подпиточной воды на Минусинской ТЭЦ

На Минусинской ТЭЦ на очереди среднего давления (ОСД) установлено:

- четыре котлоагрегата типа БКЗ-75-39 БФ производительностью $Д_о$=75 т/ч, или $Q_о$=45 Гкал/ч, каждый с параметрами пара $P_о$=39 ата, $t_{пп}$=440 ºС;
- пять РОУ-39/13 производительностью по 60 т/час.

На очереди высокого давления (ОВД) установлены:

- один котлоагрегат БКЗ-420-140-ПТ2 производительностью $Д_о$=420 т/ч с параметрами пара $P_о$=140 ата, tпп=560 ºС;
- один турбоагрегат ПТ-85/100-130-13 номинальной мощностью 85 Мвт, номинальной величиной производственного отбора (П-отбор) $Д_п$=185 т/ч (или 120 Гкал/час с параметрами $P_п$=13 ата, tпо=280 ºС) и номинальной величиной теплофикационного отбора 132 т/ч (или 68 Гкал/ч $P_т$=1,2ата, используемый в ПСГ-1 и ПСГ-2);
- бойлерная установка - БУ ОВД, состоящая из двух пиковых и двух основных бойлеров типа ПСВ-500-23-13 производительностью 50 Гкал/ч каждый;
- группы сетевых и подпорных насосов.

Номинальная электрическая нагрузка и номинальные величины П- и Т-отборов возможны при расходе пара на турбину $Д_о$=470 т/ч. При производительности БКЗ-420-140 $Д_о$=420т/час – дефицит по пару на турбину составляет 50 т/час.

В настоящее время теплоснабжение потребителей г. Минусинска, подключенных к ТЭЦ, обеспечивается работой оборудования энергоблока в составе: к/а БКЗ-420-140-ПТ2; т/а ПТ-85/100-130-13 ст.№1.

Для надежности теплоснабжения потребителей независимо от температуры наружного воздуха, то есть от фактической тепловой нагрузки, необходима

постоянная работа одного котла ОСД БКЗ-75-39 в период всего отопительного сезона.

При температурах до минус 10 ^{0}С котлоагрегат БКЗ-75-39 работает по техническому минимуму, и лишь при более низких температурах при возрастанию тепловой нагрузки загружается котел или подключаются дополнительные котлы ОСД БКЗ-75-39.

Исходные данные для расчета расхода необходимой подпиточной воды:

- температура сырой воды: 40ºС;
- температурный график теплосети: 150ºС - 70ºС;
- расчетная температура наружного воздуха $t_{нв}$=-27,1ºС;
- температура "прямой" воды - $t_{пр}$=124ºС; обратной - $t_{ос}$=61,6ºС.
- тепловая нагрузка потребителей: $Q_{отоп}$=41 МВт.

Тогда расход сетевой воды:

$$G_{св} = \frac{Q_{отп} \cdot 3600}{(t_{пс} - t_{ос}) \cdot 4{,}19} = \frac{41 \cdot 3600}{(124 - 61{,}6) \cdot 4{,}19} = 564{,}53 \text{ т/ч} \quad (1)$$

где 4,19 кДж/кг - теплоемкость воды:

Утечка воды в тепловых сетях принимается в размере 0,5 % :

$G_{ут}$=564,53·0,005=2,82 т/ч.

Расход подпиточной воды:

$$\Delta G_{св} = G_{св} \cdot 2 = 564{,}53 \cdot 46{,}76 = 263{,}97 \text{ т/ч}. \quad (2)$$

За 2015 год расход подпитки сетевой воды теплосети составил 263,97 тонн при среднечасовой подпитке порядка 264 тонн.

Таким образом, в настоящее время и в ближайшем будущем (до необходимости увеличения мощности теплосети) работа ВПУ будет производиться на частичной загрузке, что также будет отражаться на работе фильтров, но при увеличении числа потребителей нагрузка установки может возрасти до 800 т/ч (проектная мощность), что практически в 4 раза превышает фактическую.

1.4 Анализ эффективности работы существующей ВПУ, проблемы и пути модернизации

Водоподготовительная установка в схеме подпитки теплосети химцеха ТЭЦ производительностью 800 т/ч выполнена по схеме: подкисление улучшенной контактной серной кислотой, стабилизация на нерегенерируемых буферных фильтрах, декарбонизация. С момента пуска схемы подпитки теплосети загрузки проектной ионообменной смолы не производилось. Фильтры заполнены отработанным в технологии фильтрующим материалом - КУ2-8.

Подкисление может производиться как путём непосредственного ввода серной кислоты, так и путём подмешивания Н-катионированной воды. Как известно, при выполнении требований ПТЭ этот метод позволяет в течение 2-3 сезонов эксплуатировать оборудование без ухудшения интенсивности теплопередачи. Однако при увеличении тепловой нагрузки на г. Минусинск имеет место увеличение температуры нагрева сетевой воды и ухудшение условий для безнакипного режима работы оборудования ТФУ. Кроме того, данная схема не даёт возможности выдерживания температурного графика прямой сетевой воды. Это связано с понижением pH теплоносителя в прямой и обратной сети ниже 8,3, несмотря на постоянное подкисление исходной воды.

Согласно требований Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации СО 153-34.20.501-2003 п.4.8.39, карбонатный индекс сетевой воды при нагреве её в сетевых подогревателях должен быть не ниже значений pH 8,3 - 9,0.

При снижении pH ниже 8,3 происходят интенсификация отложений на трубных пучках бойлеров теплофикационной установки. При этом отмечено, что падение индекса pH происходит уже в режимах увеличения температуры теплоносителя выше 118ºС.

Кроме того, при малейшей передозировке кислоты или Н-катионированной воды возникает опасность снижения pH воды до значений менее 7,0, то есть, возможно, получение коррозионно-активной кислой воды. Следовательно, необходимо поддержание остаточной щелочности в пределах 0,2-0,8 мг-экв/дм^3. Ведение такого режима затруднено значительными изменениями в расходах подпиточной воды в отсутствии автоматического регулирования дозирования реагента от расхода.

Для обеспечения стабильности и надёжности работы схемы целесообразна более полная очистка химочищенной воды, что реализуется в схеме Н-катионирования с «голодной» регенерацией (эффект - снижение карбонатной жёсткости воды с частичным уменьшением некарбонатной жёсткости и с повышением остаточной щёлочности фильтрата).

За период работы равный более 17 лет на Минусинской ТЭЦ не производилась замена фильтрующего материала кроме как на КУ2-8 (либо производилась досыпка материала). Так как любой фильтрующий материал имеет свои сроки годности, а также в процессе работы теряет свои свойства (происходит истирание материала, пептизация материала и т.д.), то время от времени возникает необходимость замены материала в фильтрах.

Технологии не стоят на месте и на данный момент производители фильтрующих материалов при работе на голодной регенерации могут предложить три альтернативных варианта загрузки: Амберлайт IRC-86, Сульфоуголь и «Гранион» CWR-1(D113). Последний вариант - китайского производства, но в связи с отсутствием достаточного опыта эксплуатации на российских предприятиях, рассмотрению данный фильтрующий материал для настоящей установки не подлежал.

Таким образом, выбор фильтрующего материала, наиболее подходящего по качеству и свойствам для ВПУ, осуществляется между Амберлайт IRC-86 и Сульфоуглем при эксплуатации на реальные расходы Минусинской ТЭЦ.

Сравнение затрат на эксплуатацию установки ХВО при загрузке различными катионитами

Для анализа экономичности работы фильтров при использовании карбоксильного катионита Амберлайт IRC-86 по сравнению с Сульфоуголем произведем расчет затрат на эксплуатацию установки ХВО.

Сульфоуголь, получаемый путем обработки каменного угля олеумом, - органический ионит (катионит) природного происхождения - является самым дешевым из ряда тех веществ, которые могут быть загружены в фильтры.

Таким образом, произведем сравнительную характеристику сульфоугля и Амберлайт IRC-86 представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнительные характеристики сульфоугля и Амберлайт IRC-86

№ п/п	Наименование показателя	СУ	IRC-86	Действие фактора
1	Рабочая обменная емкость, г-экв/м^3	200	2200	уменьшение количества регенераций в 8-10 раз
2	Макс. рабочая температура, °С	60	120	
3	Ежегодная норма досыпки, %	20	2	снижение затрат на досыпку материала в 7-10 раз
4	Диапазон pH	5,0-8,5	5,0-14,0	расширяется область применения материала

Для более четкого понимания показателей экономии рассмотрим типовой и сравнительный расчет затрат на эксплуатацию установки ХВО (химводоочистки) при использовании сульфоугля и ионообменной смолы IRC-86.

Расчет будем производить по данным, при которых работает Минусинская ТЭЦ.

Исходные данные:

Производительность установки ХВО рабочая…….....230 $м^3$/ч

Диаметр фильтра…… ..3 м

Количество фильтров……..1шт

Бикарбонатная жесткость: Исходной воды……2,6мг-экв/$дм^3$

Очищенной воды…….....0,7мг-экв/$дм^3$

Высота загрузки……1 м

Расчет количества регенераций

Расчет количества регенераций производится по формуле:

$$n = \frac{A_1 \cdot Q \cdot S_k}{E_{раб} \cdot V_{заг}} \quad (3)$$

где А1 - коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды равен 1,1;

Q - суточная производительность установки ХВО;

Sk - сумма солей жесткости, г-экв/$м^3$ (равна 4,3);

Е раб - рабочая обменная емкость катионита, г-экв/$м^3$;

V загр - объем загрузки фильтрующего материала, $м^3$;

Таким образом, количество регенераций в сутки

- для Амберлайт IRC-86:

$$n = \frac{1{,}1 \cdot 230 \cdot 4{,}3}{2200 \cdot 1} = 0{,}49 \text{ (рег./сутки);}$$

- для сульфоугля:

$$n = \frac{1{,}1 \cdot 230 \cdot 4{,}3}{200 \cdot 1} = 5{,}4 \text{ (рег./сутки).}$$

За месяц эксплуатации, соответственно:

- для сульфоугля - 5,4·30=162 регенераций;

- для катионита Амберлайт IRC-86 - 0,49·30=14,7 регенераций (приблизительно 15).

Расчет расхода серной кислоты и воды для одной регенерации

Согласно "Методическим указаниям по применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций" РД 34.37.526-94., утвержденных Департаментом науки и техники РАО ЕЭС России, норма расхода серной кислоты составляет:

для сульфоугля……...49 г/г-экв

для ионообменной смолы ……..……...20,9 г/г-экв

Таким образом, расход серной кислоты в месяц составляет:

для сульфоугля:……21,10 тн

для ионообменной смолы:…….3,00 тн

Раствор для регенерации Амберлайт IRC-86 имеет концентрацию 0,8 %; сульфоугля 1,3%.

Для приготовления регенерационного раствора воды уходит:

для сульфоугля:……...1601,78 м.куб

для ионообменной смолы:…….1110,22 м.куб

Для промывки при каждой регенерации берется 3-5 объема используемой смолы.

Расход воды на промывку смолы составит:…… 21,20 м.куб

для сульфоугля требуется в месяц, м.куб:…….7104,24м.куб

для ионообменной смолы требуется в месяц:……645,84 м.куб

Для досыпки разрушенных ионообменных материалов, исходя из норм, ежемесячно требуется:

$$S = V \cdot R \cdot k\ изн \cdot c / 12 \qquad (4)$$

где S - сумма затрат;

V - объем каждого фильтра;

R - насыпная плотность материала;

k изн - коэффициент износа материала;

с - стоимость одной тонны материала.

для сульфоугля:……..4415,63 руб./мес

для ионообменной смолы:……....2079,76 руб./мес

Принимаем стоимость серной кислоты равной 2 640 руб./т, стоимость воды, идущей на регенерацию и промывку равной 4,5 руб./м^3, стоимость катионита Амберлайт IRC-86 равной 215 000 руб./т, а стоимость сульфоугля равной 20 000 руб./т.

Исходя из этих данных, произведем сравнение по расходам (таблица 4).

Таблица4 – Сравнение по расходам на сульфоуголь и смолу Амберлайт IRC-86

Наименование	Сульфоуголь, руб.	Амберлайт IRC-86, руб
стоимость кислоты на регенерацию	21,1·2640,0=55704,0	3,0·2640,0=7920,0
стоимость воды на приготовление раствора и промывку	(1601,78+7104,24)·4=34 824,08	(1110,22+645,84)·4,5=790 2,27
затраты на покупку дополнительного материала	4 415,63	2 079,76
общая сумма расходов за месяц	94.943,71	17.902,03

Исходя из таблицы 4, разница в ежемесячных расходах на эксплуатацию составит 77.041,68р. (77.042р.).

Годовая экономия составит: 77042·12= 924.500,0 р.

За пятилетний период разница в эксплуатационных расходах составит:

924.500,0 ·5=4.622.500,0р.

При применении IRC-86 сокращение эксплуатационных расходов достигается за счет увеличения длительности фильтроцикла в том числе: уменьшения расхода кислоты на регенерацию; уменьшения расхода воды на собственные нужды; снижения объемов сбросных вод и, соответственно, потерь тепла; уменьшения затрат на досыпку материала; снижения трудозатрат на обслуживание.

СУ по закупочной стоимости обходится дешевле, но произведенные расчеты показали (таблица 4), что Амберлайт IRC-86 практически в 4 раза экономичнее в эксплуатации.

Сравнительная характеристика Амберлайт IRC 86 и катионита КУ2-8

Далее проведем сравнительную характеристику Амберлайт IRC 86 и катионита КУ2-8, для того чтобы убедиться, что предлагаемый материал не будет ухудшать качество воды на ТФУ.

Характеристики смолы Амберлайт IRC 86 и КУ2-8 указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристика смолы Амберлайт IRC 86 и КУ2-8

Параметр	Амберлайт IRC86	КУ2-8
Физическая форма	Свело – желтые гранулы	от желтого до темно-коричневого цвета
Размер зерен	580 – 780мкм	0.315-1.25мм
Коэффициент однородности	<1,80	1.7
Влагосодержание	47-53%	48-58%
Общая обменная емкость	>4.10экв/л	1,9 экв/л
Максимальная рабочая температура	120ºС	120ºС
Регенераты	H_2SO_4	H_2SO_4

Для досыпки КУ2-8, исходя из формулы (4), ежемесячно требуется:

$S_{КУ2\text{-}8}=(7,1\cdot 1,7\cdot 0,2\cdot 95000)/12=19110$

Проведем сравнительный анализ работы фильтров ВПУ, загруженных катионитом КУ2-8 и фильтров, загруженных Амберлайт IRC-86.

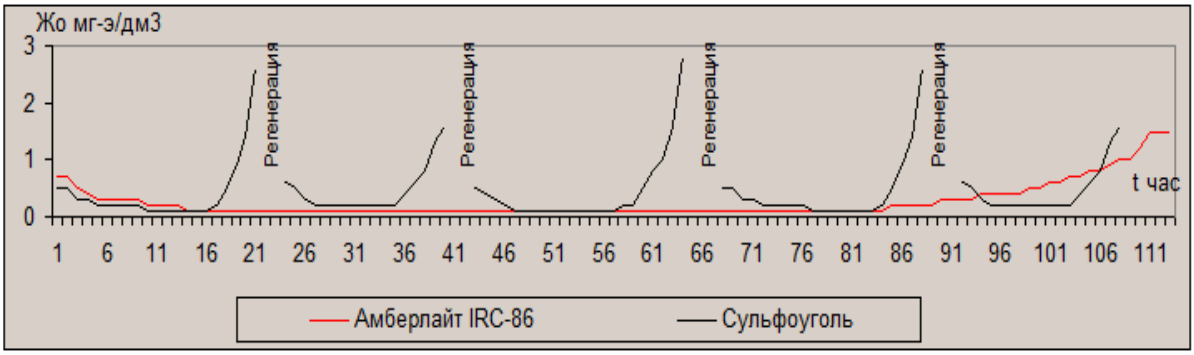


Рисунок 1- График изменения жесткости после фильтров, загруженных катионитом и фильтров, загруженных Амберлайт IRC-86

Как видно из графика, фильтроцикл в случае с КУ2-8 в пять раз короче, кривая увеличения жесткости более резкая, и жесткость в баке подпитки теплосети временами увеличивается до 0,5 мг-экв/дм^3, несмотря на работу буферных фильтров.

Качество фильтрата после карбоксильного катионита прогнозируемое: жесткость первых 10000 м^3 составляет 50 мкг-экв/дм^3, далее она медленно начинает повышаться, и фильтр отключается на регенерацию при жесткости 1,5 мг-экв/дм^3. Средняя величина жесткости за фильтроцикл равна 0,2 мг-экв/дм^3, соответственно, жесткость в баке подпитки теплосети после замены КУ2-8 на карбоксильный катионит не превышает 0,2 мг-экв/дм^3.

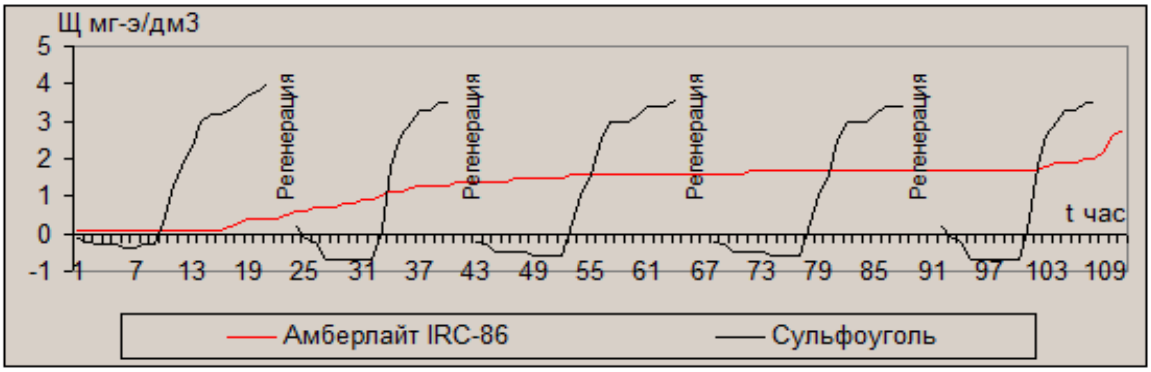


Рисунок 2- График изменения щелочности после фильтров, загруженных КУ 2-8 и фильтров, загруженных Амберлайт IRC-86

В случае с КУ 2-8 1/3 фильтроцикла кислотность составляет 0,2-0,5 мг-экв/дм^3, фильтр отключается на регенерацию при щелочности 3,0-3,5 мг-экв/дм^3. В баке подпитки теплосети щелочность равна 1,0 - 1,5 мг-экв/дм^3, pH сетевой воды 8,5-8,6 и максимальная величина карбонатного индекса 0,45.

Качество фильтрата после карбоксильного катионита: щелочность первых 800 м^3 фильтрата составляет 200 мкг-экв/дм^3. В процессе обработки следующих 10000 м^3 воды общая щелочность постепенно увеличивается, достигая величины 2,8 мг-экв/дм^3, при которой фильтр отключается на регенерацию. В баке подпитки теплосети щелочность равна 0,7 - 1,2 мг-экв/дм^3. Максимальная величина карбонатного индекса равна 0,12.

Одна из проблем работы химводоочистки до замены фильтрующих материалов - появление цветности в фильтрате. В случае с катионитом прирост цветности по отношению к исходной воде изменяется в пределах от 5ºС до 40ºС, причем зависимость цветности от количества пропущенной воды -нелинейная.

Цветность фильтрата при использовании Амберлайт IRC-86 нулевая, так как эта смола имеет более определенный однородный состав, характеризуется хорошей скоростью ионного обмена, более высокими прочностными характеристиками (таблица 6). Во время эксплуатации она не подвержена вымыванию из фильтров, в результате улучшается качество получаемого фильтрата и вода соответствует ГОСТ «Вода питьевая».

Таблица 6 - Сравнительный анализ показателей ионно-обменных смол

Показатели	КУ 2-8	Амберлайт IRC-86
Коэффициент однородности	-	1,4-1,6
Осмотическая стабильность, %	-	100
Срок службы фильтрующего материала	2-3 года	10 лет
Ежегодный процент досыпки	20	1-2

В таблице 6 приведен анализ данных, который показывает, что за счет разницы в обменной емкости количество пропущенной воды за фильтроцикл с

карбоксильным катионитом в 6 и 10 раз больше, чем с существующей загрузкой и с новым КУ 2-8, соответственно. Это ведет к уменьшению количества регенераций и, соответственно, высвобождению человеческих ресурсов.

При этом надо отметить, что использование карбоксильных смол требует от персонала более высокой культуры эксплуатации. Несоблюдение хотя бы одного из условий эксплуатации может привести к необратимым последствиям - «гипсованию» смолы.

Основные эксплуатационные данные КУ2-8 и Амберлайт IRC-86 представлены в таблице 7.

Таблица7 - Основные эксплуатационные данные

Показатели	КУ 2-8 существующий	КУ 2-8 вновь поставляемый (данные ВТИ)	Амберлайт IRC-86
Рабочая обменная емкость, мг-экв/м^3	340	180	3400-3500
Количество фильтров, шт.	4	4	4
Высота загрузки в $Н_{ПТС}^{Г}$, м	1,9	1,9	1,3
Объем фильтрующего материала в фильтрах, м^3	17	17	12
Процент ежегодной досыпки	20	50	2
Количество обработанной за фильтроцикл воды, м3	1700	1100	11000
Количество регенераций в год, шт.	2164	3429	322
Удельный расход кислоты, г/г-экв	55	55	53
Расход воды на собственные нужды, %	5,5	15,3	4,5
Расход воды на разбавление кислоты м3/час.	50	50	180

В результате замены фильтрующего материала при «голодной» регенерации слабокислотных карбоксильных катионитов, обладающих большой обменной

емкостью, их слой по высоте подразделяется на две части. Первая часть является рабочей, вторая «хвостовая» часть выполняет функции буферного фильтра.

Высота загрузки карбоксильного катионита составляет 1,0 м. Такая загрузка выбрана из расчета расширения слоя смолы при взрыхляющей промывке на 70% с целью удаления задержанных нерастворимых частиц, пузырьков воздуха и уплотнений.

Таким образом, проектом модернизации ВПУ для подпитки теплосети предусматривается полная замена фильтрующего материала в четырёх фильтрах на ионообменную смолу АМБЕРЛАЙТ IRC-86 высокой емкости, физической и химической прочности, содержащей группы карбоксильной кислоты.

Для обеспечения работы указанной смолы необходимы высокие скорости регенерационных растворов (не менее 15 м/ч, соответственно, для фильтра Д=3000 мм расход на регенерацию составляет не менее 106 т/ч), и малые концентрации серной кислоты при регенерации (максимальная величина 0,7%).

Стоимость смолы IRC-86 была определена по ценам «Энергопромсервис» (проверенного поставщика, выигравшего тендер на поставки ионообменных смол), осуществляющего поставки своей продукции по минимальным ценам.

Кроме всего прочего, КУ-2-8, получаемый путем обработки каменного угля олеумом, является органическим ионитом (катионитом) природного происхождения, относительно дешевым, но имеющим ряд существенных недостатков, связанных с его низким качеством - очень низкая обменная емкость, прочность и тот факт, что основные его поставки осуществляются теперь из Китая.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что наиболее целесообразна замена смолы КУ2-8 на Амберлайт IRC-86, так как она по качеству не уступает КУ2-8, а в эксплуатации будет обходиться дешевле, чем сульфоуголь и КУ-2-8, потому что использование Амберлайт IRC-86 позволяет пропустить гораздо больше обрабатываемой воды между регенерациями. Следовательно,

снижаются объемы потребляемой кислоты и отмывочных вод, гораздо дольше срок службы и меньше процент досыпки материала.

2 Разработка новой технологической схемы ВПУ

2.1 Реконструкция схемы подготовки воды для подпитки теплосети

В результате анализа работы существующей на ТЭЦ водоподготовительной установки предлагается реконструкция схемы подпитки теплосети «Подкисление улучшенной контактной серной кислотой, декарбонизация, стабилизация на нерегенерируемых буферных фильтрах» в схему «Подпитка теплосети с переходом на смолу IRC86 и «голодной» регенерацией».

При этом существующие требования к качеству исходной воды, выполнение которых необходимо обеспечить, приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Требования к качеству исходной воды

Показатели	Нормы согласно СанПин2.1.4.1074-01	Единицы измерения
pH	6,5-8,5	
Сухой остаток	Не более 1000	мг/дм^3
Жесткость об.	Не более 7	ммоль/дм^3
Щелочность	По факту	мг-э/дм^3
Окисляемость (перманг.)	Не более 5	мгО2/дм^3
Нефтепродукты	Не более 0,1	мг/дм^3
Углекислота	По факту	мг/дм^3
Железо и его соединения	Не более 0,3	мг/дм^3
Медь	Не более 1	мг/дм^3
Натрий	По факту	мг/дм^3
Кремнекислота	По факту	мг/дм^3
Свободная кремнекислота	По факту	мг/дм^3
Хлориды	Не более 350	мг/дм^3
Сульфаты	Не более 500	мг/дм^3
Нитриты	Не более 3	мгО2/дм^3

Продолжение таблицы 8

Нитраты	Не более 45	мг/дм^3
Мутность	Не более 1,5	мг/л
Цветность	Не более 20	градус
Запах, вкус	Не более 2	балл

Основным условием использования карбоксильных катионитов являются высокие линейные скорости регенерационных растворов (не менее 15 м/ч, когда для КУ2-8 5-6 м/ч) и малые концентрации серной кислоты при регенерации (максимальная величина 0,7%). С целью выполнения этих условий была произведена поузловая модернизация:

- замена дренажного трубопровода и трубопровода подачи кислоты с узлом смешения с Ду 100 на Ду 150(41м);

- замена существующей арматуры с Ду100 на Ду150 согласно прилагаемой схемы(11шт) (Приложение №5 «ВПУ после модернизации»).

- установка на дренажном - отмывочном коллекторе контрольного прибора pH –метра(есть в наличии);

- на входе воды в фильтр установлены расходомерные шайбы и показывающие приборы по расходу воды(есть в наличии);

- замена нижних распределительных устройств (НДРУ).

Н-буферный фильтр с переходом на IRC86 будет выполнять функцию аппарата, снижающего щелочность воды с одновременным частичным умягчением, то есть будет работать в режиме «голодной» регенерации. Такая технология предусматривает использование слабокислотных катионитов.

2.2 Сущность технологического процесса

Обработка воды основана на способности некоторых практически нерастворимых в воде органических материалов - ионитов - вступать в ионный

обмен с растворенными в воде солями. Иониты сорбируют или обменивают ионы солей, отдавая в воду эквивалентное количество ионов, которыми ионит насыщается при регенерации.

Ионит, имеющий обменным ионом катион, называется катионитом.

Обрабатываемая вода на ВПУ фильтруется через слой карбоксильного катионита Амберлайт IRC-86. Катионит устраняет жесткость, связанную со щелочностью. Наличие хлора в обработанной воде не ухудшает рабочие характеристики.

Карбоксильные катиониты вследствие физико-химической природы слабодиссоциирующих функциональных групп предназначены для применения в буферных фильтрах с регенерацией в схемах подготовки воды теплосети с целью снижения карбонатной жесткости обрабатываемой воды.

Высота загрузки катионита составляет 1,0 м. Такая загрузка была выбрана из расчета расширения слоя смолы при взрыхляющей промывке на 70% с целью удаления задержанных нерастворимых частиц, пузырьков воздуха и уплотнений до регенерации.

Реакции ионного обмена, протекаемые в $H_{Буф}$ фильтрах можно выразить следующим образом:

$$2H^{+}R^{-} + Ca^{2+} = Ca^{2+}R^{2-}+2H^{+};$$

$$2H^{+}R^{-} + Mg^{2+} = Mg^{2+}R^{2-}+2H^{+};$$

Символом R обозначена нерастворимая часть катионита.

Изменения в составе обработанной воды после пропускания ее через Н-катионит не ограничиваются реакциями ионного обмена, так-как часть катионов водорода взаимодействует с присутствующим в исходной воде бикарбонатным анионом, образуя углекислоту и воду:

$$H^{+} + HCO_3^{-} \rightarrow CO_2 + H_2O,$$

в результате чего происходит снижение щелочности и солесодержания воды. Остальная часть попавших в обработанную воду катионов водорода

уравновешивает оставшиеся в ней анионы Cl^- и SO_4^{2-}, образуя соответственно диссоциированные в воде серную кислоту.

Истощение ионита происходит послойно. При этом обменные ионы одной природы, находящиеся в ионной атмосфере катионита, заменяются ионами другой природы, содержащимися в обрабатываемой воде. Этот процесс протекает на довольно ограниченной высоте слоя, обычно называемом "работающим" слоем. Высота "работающего" слоя зависит от качества катионита, скорости фильтрации воды, ее солесодержания и солевого состава. Содержание поглощаемых катионов на входе в работающий слой равно исходному в воде, а на выходе - минимально допустимому по условиям режима работы фильтра.

По мере фильтрования воды через слой катионита все большая часть его активных групп замещается катионами, поглощаемыми из воды. Когда обменная емкость катионита исчерпана, все его активные группы замещены соответствующими ионами солей, поглощенных из воды. Проводиться регенерация катионита, т.е. обратное замещение его активных групп обмениваемым ионом водорода, может быть достигнута промыванием катионита раствором с высокой концентрацией этого катиона. Регенерация катионита проводится промыванием материала раствором серной кислоты:

$$Ca^{2+}R^{2-} + H_2SO_4 = 2H^+R^- + CaSO_4\downarrow$$

$$Mg^{2+}R^{2-} + H_2SO_4 = 2H^+R^- + MgSO_4$$

Регенерация карбоксильных катионитов проводится недостаточным, стехиометрическим количеством кислоты из водоподготовки.

При регенерации слабокислотных карбоксильных катионитов, обладающих большой обменной емкостью, их слой по высоте подразделяется на две части. Первая часть является рабочей, вторая (хвостовая) часть выполняет функции буферного фильтра.

Технология Н-катионирования с регенерацией позволяет существенно снижать карбонатную жесткость воды с частичным уменьшением некарбонатной жесткости.

Все ионы водорода, вводимые в катионит, с раствором кислоты при регенерации задерживаются сорбентом и, вследствие этого, в отработанном регенерационном растворе и отмывочных водах кислота отсутствует.

Режим регенерации Н-фильтров обеспечивает отсутствие в регенерационных и отмывочных водах сильных кислот. В значительных количествах в них присутствует свободная углекислота. Свободная углекислота содержится в воздухе в незначительном количестве. В воде, в результате ионообмена на Н-фильтрах, образуются высокие концентрации CO_2 за счет разложения бикарбонат-иона HCO_3.

$HCO^-_3 + H^+ = H_2O + CO_2$

Контроль за работой фильтров осуществляется по щелочности фильтрата. Рабочий цикл фильтрата считается законченным и фильтр отключается на регенерацию, в момент, когда щелочность выходящей из него воды на 0,5 мг-экв/дм^3 превышает заданную щелочность фильтрата.

После регенерации фильтр включается в работу, когда жесткость отмывочной воды становится равной исходной. Удельный расход воды на собственные нужды Н-катионитового фильтра с «голодной» регенерацией составит 4-5 м^3 на 1 м^3 катионита.

Главной задачей наладки работы Н-катионитовых фильтров с «голодной» регенерацией состоит в установлении точного количества кислоты, которое необходимо вводить в фильтр при регенерации, чтобы во время работы получить фильтрат необходимой щелочности. Для этого нужно провести 2-3 цикла Н-катионирования, чтобы фильтр ввести в режим, соответствующий расходу кислоты.

Сначала необходимо осуществить полное истощение катионита, пропуская через него исходящую воду до момента выравнивания щелочности в поступающей и выходящей из фильтра воде. Затем необходимо ввести расчетное количество кислоты, соответствующее теоретическому удельному расходу, то есть 49 г на 1 г-экв щелочности, подлежащей разрушению. Когда в течение 3 последних циклов при неизменном количестве кислоты на регенерацию фильтр выдаст воду нужной щелочности, процесс наладки считается законченным, при этом составляется график работы фильтров.

Декарбонизацией называется процесс удаления свободной угольной кислоты CO_2 из воды воздухом.

Свободная углекислота содержится в воздухе в незначительном количестве. В воде высокие концентрации CO_2 возникают в результате Н-катионирования ее, за счет разложения бикарбонат-иона HCO_3^-:

$HCO_3^- + H^+ H_2O + CO_2\uparrow$

Сущность способа “аэрации” - поддержание возможно более низкого парциального давления CO_2 над поверхностью воды. Аппарат, применяемый для этой цели, называется декарбонизатором. Декарбонизатор, используемый в схеме цеха ХВО МТЭЦ, относится к числу пленочных. Декарбонизатору, используемому в схеме, удастся снизить концентрацию CO_2 в воде до 5 мг/л и ниже.

Основными факторами, влияющими на эффективное удаление углекислоты являются:

- расход воздуха;
- расход воды;
- температура воды и воздуха;
- величина pH-воды;
- уровень в баке декарбонизированной воды

2.3 Оборудование модернизированной ВПУ

Для обеспечения этих условий необходима поузловая модернизация ВПУ:

- замена дренажного трубопровода и трубопровода подачи кислоты с узлом смешения с Ду 100 на Ду 150(41м);

- замена существующей арматуры с Ду100 на Ду150 согласно прилагаемой схемы(11шт) (Приложение №5 «ВПУ после модернизации»).

- установка на дренажном - отмывочном коллекторе контрольного прибора pH –метра(есть в наличии);

- На входе воды в фильтр установить расходомерные шайбы и показывающие приборы по расходу воды (есть в наличии);

- замена нижних распределительных устройств (НДРУ).

Остальное оборудование ВПУ замене и реконструкции не подлежит, оно остается в работе без изменений. Так же подлежит замене материал в буферных фильтрах, что, соответственно, приводит к изменению расхода воды на собственные нужды и расхода серной кислоты для проведения регенераций.

Установка ультрафиолетового облучения

Сырая вода с водозабора «Жульминский» по водопроводу ДУ 600 проходит через установку ультрафиолетового облучения (УФО), подается на всас насосов НСВТ № 1,2, в главном корпусе, которые прокачивают воду через встроенный пучок конденсатора турбины.

Установка ультрафиолетового обеззараживания воды УДВ-1000/144-в4-2, в дальнейшем именуемая «установка», предназначена для обеззараживания воды ультрафиолетовым (УФ) излучением.

Индекс установки УДВ-1000/144-в4-2 показывает ее производительность (1000м^3/ч), количество ламп (144 лампы) и вариант исполнения (В-продольные

оси ламп ориентированы перпендикулярно потоку воды, 4-порядковый номер разработки, 2-горизонтальное расположение камеры облучения).

Установка применяется для обеззараживания воды:

- в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- в других системах водоснабжения, а также морской воды.

Установка обеспечивает обеззараживание воды в соответствие с требованиями СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода» при расходе воды (номинальной производительности) 1000м^3/ч и показателях качества обрабатываемой воды, отвечающих требованиям этих СанПиН:

- цветность не более 35º;
- мутность не более 2 мг/л;
- содержание железа не более 1 мг/л .

При этом число лактозоположительных кишечных палочек в 1дм^3 исходной воды не должен превышать 10000 (2 класс источника водоснабжения согласно ГОСТ 2761-84).

Установка обеспечивает дозу облучения не менее 16 мДж/см^2 при номинальном расходе и пропускании водой УФ - излучения с длиной волны 254 нм не менее 70% на 1см.

Допустимая температура обрабатываемой воды от +1ºС до +30ºС.

Технические данные установки представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Основные параметры и характеристики установки УФО

Наименование показателей и единицы измерения	Значение
Номинальная производительность, м^3/ч, не более	1000
Доза облучения, мДж/см^2, не менее	16
Потери напора в установке при номинальной производительности, м, не более	0,5
Рабочее давление, кгс/см^2, не более	8
Тип лампы	ДБ-75-2
количество ламп в камере облучения, шт.	144

Продолжение таблицы 9

Напряжение питания, В	220/380±5%
Частота питающего тока, Гц	50
Потребляемая мощность кВт, не более	14
Тепловыделения. кВт	2
Коэффициент мощности cosφ, не менее	0,93
Габариты, мм: - камера облучения - шкаф управления	 3100x2700x1600 800x350x1750
Масса. кг, не более - камера облучения - шкаф управления	 2000 80
Срок службы лампы при непрерывном режиме эксплуатации, час, не менее	12000
Объём камеры облучения, л	3600

Материал камеры облучения – нержавеющая сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Установка состоит из камеры облучения с закрепленным на ней блоком пускорегулирующей аппаратуры (ПРА), блока вентилятора и шкафа управления. Установка снабжена промывочным комплектом, который может использоваться для нескольких установок.

Обрабатываемая вода поступает в камеру облучения, где подвергается воздействию УФ - излучения газоразрядных ртутных бактерицидных ламп низкого давления ДБ-75-2, (в дальнейшем - ламп), помещенных в защитные кварцевые чехлы. Прошедшая через установку вода, обеззараженная, и используется по назначению.

По данной установке мы не несем никаких затрат, так как она присутствует в схеме МТЭЦ и реконструкции не требует.

Фильтр

Корпус фильтра представляет собой стальной сварной цилиндр с приваренными к нему сферическими днищами. В нижней части фильтра имеется

нижнее дренажное распределительное устройство (НДРУ). НДРУ предназначено для обеспечения равномерного сбора обработанной воды и равномерного распределения по площади поперечного сечения взрыхляющей воды оно обеспечивает отвод из фильтра очищенной воды.

НДРУ состоит из 4 коллекторов расположенного коллектора и присоединенных к нему боковых лучей с нарезными щелями 0,3-0,4 мм.

В верхней части фильтра установлено верхнее дренажное распределительное устройство (ВДРУ). ВДРУ предназначено для гашения скорости и равномерного распределения обрабатываемой воды, для подачи в фильтр регенерационного раствора и отвода взрыхляющей воды.

ВДРУ выполнено в виде "паука", состоящих из восьми радиально расходящихся от центра труб с отверстиями. В верхней части фильтра имеется воздушник для отвода воздуха.

Фильтр оборудован люком–лазом □ 800 мм и малым смотровым люком.

Нижнее сферическое днище, так называемое "мертвое пространство" заполняется антрацитом выше НДРУ на 10-15 см для того, чтобы не было выноса фильтрующего материала, но не выше нижнего края патрубка трубопровода гидровыгрузки.

Фильтр имеет: штуцер для гидроперегрузки, два пробоотборных устройства, воздушник для отвода воздуха при заполнении его водой, два манометра до и после фильтра. Фильтр покрыт герметиком Г-11-1. Рабочее давление фильтра - не более 0,6 кгс/см^2.

Подстилочный слой - антрацит, предназначенный для того, чтобы не было выноса фильтрующего материала, а так же для задерживания грубодисперсных примесей так как обрабатываемая вода, поступающая на буферные фильтра не проходит через механические фильтра, а поступает сразу после ультрафиолетовой установки (это видно на рисунке в Приложении Г («Схема сырой воды»).

Химическую защиту внутренней поверхности предполагается обеспечить за счет использования сырой резины с последующей вулканизацией.

Устройство фильтра можно посмотреть в (приложении В «устройство фильтра»).

Теоретический расчет Н-буферных фильтров, загруженных Амберлайт IRC-86

При заданной производительности скорость фильтрования аппарата диаметром 3,0 м и площадью фильтрования 7,1 м^2 составит, м/с.

$$\omega = \frac{Q_н}{F_н \cdot a} = \frac{150}{7{,}1 \cdot 2} = 10{,}5 \quad (5)$$

где $Q_н$ – производительность, м^3/ч;

$F_н$ – площадь фильтрования, м;

а – количество работающих фильтров.

Количество солей жёсткости удаляемых в фильтрах, г-экв/сут:

$A = 24 \cdot Ж_0 \cdot Q_н = 24 \cdot 1{,}6 \cdot 150 = 5760$,

где $Ж_0$ – общая жёсткость, поступающая на фильтры;

24 - число часов в сутки.

Число регенераций каждого фильтра в сутки, раз/сут:

$$n = \frac{A}{F_н \cdot h \cdot E_{рн} \cdot a} = \frac{5760}{7{,}1 \cdot 1 \cdot 4100 \cdot 2} = 0{,}098 \quad (6)$$

где h = 1 м - высота слоя катионита;

а - количество одновременно работающих фильтров;

$E_{Рн}$ = 4100 г-экв/м^3 - рабочая обменная ёмкость катионита.

Межрегенерационный период работы фильтра, ч:

$$T = \frac{24}{n} - t_{рег} = \frac{24}{0{,}098} - 0{,}5 = 244 \quad (7)$$

$t_{РЕГ}$ = 0,5 ч - время регенерации фильтра;

n - количество регенераций фильтра в сутки.

Расход кислоты на одну регенерацию, кг:

$$Q_{к} = \frac{E_{рн} \cdot F_{н} \cdot h \cdot q_{к}}{1000} = \frac{1200 \cdot 7{,}1 \cdot 1 \cdot 120}{1000} = 1022{,}44 \quad (8)$$

где $E_{Рн}$ - рабочая обменная ёмкость катионита;

$F_{н}$ - площадь фильтрования;

h - высота слоя катионита;

$q_{к}$ = 120 г/г-экв - удельный расход на регенерацию.

Расход воды на взрыхляющую промывку фильтра, м^3:

$$Q_{взр} = \frac{i \cdot F_{н} \cdot 60 \cdot t_{взр}}{1000} = \frac{4 \cdot 7{,}1 \cdot 60 \cdot 15}{1000} = 25{,}5 \quad (9)$$

где $F_{н}$ - площадь фильтрования;

I = 4 - интенсивность взрыхляющей промывки (л/сек м^2);

$t_{ВЗР}$ = 15 мин. - продолжительность взрыхляющей промывки.

Расход воды на отмывку катионита от продуктов регенерации, м^3:

$$Q_{от} = q_{от} \cdot F_{н} \cdot h = 4 \cdot 7{,}1 \cdot 1 = 28{,}4 \quad (10)$$

где $q_{ОТ}$ = 4 м^3/м^3 - удельный расход воды на отмывку катионита;

$F_{н}$ - площадь фильтрования, м^2;

h - высота слоя катионита.

Расход воды на приготовление регенерационного раствора, м^3:

$$Qр = \frac{Qc \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot \rho} \quad (11)$$

где Qр -расход воды на приготовление регенерационного раствора, м^3;

Qc- расход кислоты на одну регенерацию;

b-концентрация регенерационного раствора, в %;

ρ- плотность регенерационного раствора

$$Qр = \frac{1022{,}44 \cdot 100}{1000 \cdot 0{,}8 \cdot 3{,}65\rho} = 35$$

С использованием отмывочной воды на взрыхляющую промывку, расход на собственные нужды составит, м^3:

$$Q_{сн} = Q_{взр} + Q_{р} + Q_{от} = 25{,}5 + 35 + 28{,}4 = 88{,}4 \quad (12)$$

где $Q_{ВЗР}$ - расход воды на взрыхляющую промывку;

Q_P - расход воды на приготовление регенерационного раствора;

Q_{OT} - расход воды на отмывку катионита от продуктов регенерации.

Сравнительный анализ расхода реагентов и воды на собственные нужды в период работы схемы подпитки теплосети

Период работы схемы подпитки теплосети - отопительный - с ноября по март. Рассчитаем расходы воды и реагента при использовании Амберлайт IRC-86.

Исходя из результата, рассчитанного по формуле (3), число регенераций в сутки составляет 0,098, соответственно, в месяц оно будет равно 0,098·30=2,94 регенерации. Так как период работы подпитки теплосети с ноября по март составляет5 месяцев, то число регенераций составит 2,94·5=14,7 (приблизительно 15).

Расход кислоты на одну регенерацию составляет 1022,44 кг, значит, расход кислоты за 5 месяцев составит:15·1022,44=15,336 т приблизительно 15,336 т.

Расход воды на одно взрыхление составляет 25,5м^3, следовательно, расход за 5 месяцев составит: 25,5·15=382,5 м^3 приблизительно 382 м^3.

Расход воды на отмывку составляет 28,4 м^3, следовательно, расход за 5 месяцев составит: 28,4·15=426 м^3.

Расход воды на приготовление раствора составляет 35 м^3, следовательно, расход за 5 месяцев составит: 35·15=525 м^3.

Для КУ2-8 расход кислоты составит 14,410 т (число определено из данных многолетней эксплуатации Минусинской ТЭЦ).

Расход воды на взрыхление фильтра при использовании КУ2-8: 2189 м^3(число определено из данных многолетней эксплуатации Минусинской ТЭЦ).

Расход воды на отмывку фильтра при использовании КУ2-8 равен 0 м^3, так как идет подкисление методом дозации кислоты и отмывка не требуется.

Расход воды на приготовление раствора фильтра при использовании КУ2-8 равен 0 $м^3$, так как идет подкисление методом дозации кислоты и приготовление раствора не требуется.

Полученные результаты анализа сведены в таблицу 10.

Таблица 10 - Расход реагентов и воды на собственные нужды в период работы схемы подпитки теплосети "ноябрь – март» (5 месяцев)

H_2SO_4		Вода					
		Взрыхление		Регенерация		Отмывка	
IRC86	КУ-2-8	IRC86	КУ-2-8	IRC86	КУ-2-8	IRC86	КУ-2-8
15,336 т	14,410 т	382 $м^3$	2189 $м^3$	525 $м^3$	0	426 $м^3$	0

Получается, что при использовании КУ2-8 кислоты израсходовали 14,410 т, а воды 2189 $м^3$, и за этот же период при использовании IRC86 израсходовали бы воды 1333=382+525+426$м^3$ и кислоты 15,336 т. Отсюда следует, что при использовании IRC86 экономия за счет расхода на воду составила 858 $м^3$, а рост затрат - за счет увеличения объемов используемой кислоты на 0,926 т.

Декарбонизатор

Декарбонизатор представляет собой цилиндрический стальной бак, внутри которого на высоте 700 мм от днища расположена решетка, на которую загружаются кольца Рашига размером 25х25х3 мм. Вода подается в декарбонизатор сверху через патрубок на царгу, в которой имеется 48 патрубков, 5 для стока воды и 8 патрубков большей высоты, 7 для выхода воздуха. Вода сливается через патрубки на поверхность насадки. Омывает элементы насадки тонким слоем (пленкой), а навстречу ей движется воздух и выводится из декарбонизатора в атмосферу через патрубок. Прошедшая очистку вода стекает в

поддон декарбонизатора и через гидравлический затвор по патрубку поступает в бак декарбонизированной воды.

Произведем расчет декарбонизатора с насадкой из колец Рашига.

Исходными данными будут являться производительность, определяемая местом включения декарбонизатора в схему ВПУ, концентрация CO_2 на входе и выходе из декарбонизатора, температура обрабатываемой воды.

Для работающей на данный момент ВПУ эти данные составляют:

Концентрация CO_2 входе в декарбонизатор равна:

$$C_{co2}^{вх} = 44Щ_{б}^{ост} + 22Щ_{к}^{ост} = 44 \cdot 0{,}35 + 22 \cdot 0{,}35 = 23{,}1 \quad (13)$$

Количество CO_2, удаленного в декарбонизаторе:

$$\sigma CO_2 = Q_{д} \cdot (C_{CO2}^{вх} - C_{CO2}^{вых}) \cdot 10^3 = 406{,}7 \cdot (23{,}1 - 4) \cdot 10^3 = 7{,}76 \text{ кг/ч} \quad (14)$$

Необходимая площадь десорбция при температуре 40°С (с учетом коэффициента десорбции $К_ж$=0,50м^3/(м/ч) и средней движущей силы десорбции $\Delta C_{CO2}^{ср} = 0{,}015$кг/м^3:

$$F_{дес} = \frac{\sigma CO_2}{(К_ж \cdot \Delta C_{CO2}^{ср})} = \frac{7{,}76}{(0{,}50 \cdot 0{,}015)} = 1035 м^2 \quad (15)$$

Площадь требуемой поверхности насадки:

$F_{нас}$=(1-0,075)·$F_{дес}$=0,925·1035=958 м^2.

Объем насадки при удельной поверхности колец Рашига $f_{кр}$=206м^2/м^2:

$$V_{нас} = \frac{F_{нас}}{f_{кр}} = \frac{958}{206} = 4{,}65 м^2 \quad (16)$$

Площадь поперечного сечения декарбонизатора при плотности орошения δ=60м^3(м^2 / ч):

$$f_{\partial} = \frac{Q_{\partial}}{\delta} = \frac{406{,}7}{60} = 6{,}8 \text{ м}^2 \quad (17)$$

Диаметр декарбонизатора:

$$d^{\partial} = \sqrt{\frac{4 \cdot f^{\partial}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6 \cdot 8}{3{,}14}} = 2{,}94 \text{ м.} \quad (18)$$

Высота насадки колец Рашига:

$$h_{нас} = \frac{V_{нас}}{f_д} = \frac{4,65}{6,8} = 0,7 \text{ м.} \quad (19)$$

Расход воздуха на декарбонизацию воды:

$$Q_{воз} = 40 \cdot Q^д = 40 \cdot 406,7 = 16270 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (20)$$

Аэродинамическое сопротивление декарбонизатора:

$$H^д = 30h_{нас} + 40 = 30 \cdot 0,7 + 40 = 61 \text{ мм вод. ст.} \quad (21)$$

Декарбонизаторы, а также баки декарбонизированной воды, насосы декарбонизированной воды не подлежат реконструкции (остаются прежними).

Таким образом, проведенный анализ позволил обосновать использование в качестве наполнителя фильтров ВПУ смолы Амберлайт IRC-86, и модернизации ВПУ на его базе.

3 Технико-экономическое обоснование модернизации, эксплуатация ВПУ и охрана труда

3.1 Технико-экономические показатели модернизированной ВПУ

Экономический эффект модернизации ВПУ за счет замены в фильтрах КУ-2-8 на Амберлайт IRC-86 определяется путём соизмерения годовой экономии, которая будет получена за счёт реконструкции и капитальных вложений, необходимых для ее проведения. Для этого необходимо рассчитать себестоимость воды до и после реконструкции и оценить размер капитальных вложений. Расчёты выполнялись с использованием реальных цен на Минусинской ТЭЦ 2015-2016 года. Результаты расчётов представлены в таблицах (Приложение «Движение денежных потоков»).

Учёт затрат, образующих себестоимость продукции, должен группироваться в соответствии с экономическим содержанием по следующим элементам:

- Материальные затраты, в том числе: материалы на содержание оборудования; химические реагенты; услуги подрядных организаций; износ малоценных быстроизнашивающихся предметов; услуги вспомогательных цехов; содержание и расходы по эксплуатации транспорта; плата за воду;

- Затраты на оплату труда;

- Отчисления на социальные нужды;

- Амортизация основных фондов;

- Прочие затраты, в том числе: расходы по электроэнергии и тепловой энергии; затраты на связь; расходы по охране труда; общестанционные расходы.

В таблица 11 приведен экономический анализ затрат на модернизацию.

Таблица11 - Экономический анализ затрат на модернизацию ВПУ

Стоимость 1т.	КУ2-8	IRC86
	95000,00	21500,00
Досыпка 1мес/за5 мес	19110,00/95550,00	2079,76/10398,80
Насып. масса ионита т/м^3(сухого)	0,78	0,75
$V_{заг}$=7,1м^3/4фильтра	0,78·95000,00=74100/ 296400,0	0,75·215000,00= 161250,0/645000,0
Итого расходы на закуп материала	296400,0+95550,0= 391950,00	645000,0+10398,80= 655398,8
H_2SO_4 т/5месяцев	2882/14410,0	3067,32/15336,6
Затраты, в руб, на H_2SO_4	14410,0·2640= 38042400,00	15336,6·2640= 40488624,00
Вода, м^3/5мес	0+0+437,8/2189,0	35+28,4+25,5=88,9·3=266,7·5=13 33,5
Затраты на воду, руб	2189·4,5=9850,5	1333,5·4,5=6000,75
Всего затраты	391950+38042400,0+ 9850,5=38.444.200,0	655398,80+40488624+6000,75=41 150022,0
Материал IRC86 имеется на загрузку одного фильтра	41150022,0- 161250,0=40.988.772,0	
Оборудование		
Замена дренажного трубопровода 41м	-	41·240,0=9840,0
Замена арматуры 11шт	-	11·161.469,09=1.776.159,9
Замена НДРУ(4шт)	-	1.106.000·4=4.424000

Продолжение таблицы 11

Итого по оборудованию	-	9840,0+1.776.159,9+ 4.424000=6.209.999,9
Строительно-монтажные работы		1.791.000,0
Всего потребуется руб. на модернизацию	38.444.200,0	40.988.772,0+6.209.999,9+1.791.000,0= 48.989.771

Так как смола IRC86 имеется на загрузку одного фильтра, то от общих затрат отнимем стоимость материала на 1 фильтр (161250,0) и получим всего затрат по материалам 41.150.022,0-161.250,0=40.988.772,0 руб.

Тогда получим разницу на закупку между материалами равную 2.705.822,0.

Стоимость 1м трубы равна 240,0 руб. (включая доставку)

Стоимость 1 задвижки (нержавеющая сталь с эл.приводом) 161.469,09руб (включая доставку).

Стоимость 1 НДРУ 1.106.000 (включая доставку)

Остальное оборудование модернизации не подлежит.

Таким образом, затраты на модернизацию ВПУ составят 48.989.771,0 руб.

Если бы при эксплуатации установки продолжали использовать КУ2-8, то пришлось бы затратить 38.444.200,0 руб., а это меньше всего на 10.545.571,0. Но, так как при режиме работы на КУ2-8 не выдерживались нормы по РН, то целесообразно проведение модернизации для обеспечения требуемых параметров.

Срок окупаемости рассчитан в приложении (таблица Microsoft Excel «Движение денежных потоков») и будет составлять 1,7 лет.

Помимо полученного экономического эффекта, имеет место эффект в долгосрочной перспективе за счет увеличения объемов отпускаемой тепловой энергии потребителю (извлечение прибыли) в последующие отопительные сезоны и обеспечение температурного графика (его несоблюдение чревато штрафами надзорных органов и судебными расходами (иски потребителей)).

Кроме того, исключаются риски наложения штрафов инспектирующих органов (административный штраф для юридических лиц - до одного миллиона рублей).

Годовой экономический эффект составляет: 9 680 737 + 1 000 000=10 680 777 (в Приложении в формате Microsoft Excel «Расчет экономики для реконструкции теплосети»).

Показатели экономической эффективности проекта, а также баланс капитальных вложений представлены, соответственно, в таблицах 12 и 13.

Таблица 12 - Показатели экономической эффективности проекта

№п/п	Показатель	Ед. изм.	Значение
1	Чистая приведенная стоимость (NPV)	тыс.руб.	6619,0
2	Дисконтированный срок окупаемости (DPP)	лет	1,7
3	Индекс прибыльности (PI)	руб.	2,7
4	Внутренняя норма доходности (IRR)	%	72,5

Таблица 13 - Баланс капитальных вложений

Наименование	Оплата, тыс. руб. с НДС		Освоение, тыс. руб. без НДС		Ввод, млн. руб.
	2015г.	Всего	2015г.	Всего	
СМР	1791,0	1791,0	1518,0	1518,0	1,8
Оборудование	6210,0	6210,0	5263,0	5263,0	6,2
ИТОГО:	8001,0	8001,0	6781,0	6781,0	8,0

3.2 Эксплуатация схемы ВПУ после модернизации

Обрабатываемая вода фильтруется через слой карбоксильного катионита Амберлайт IRC-86.

Эксплуатация любого ионообменного фильтра заключается в последовательном проведении операций: фильтрование и регенерация (взрыхление, пропуск регенерационного раствора, отмывка).

В процессе фильтрования происходит удаление из обрабатываемой воды катионов различных солей. Катионы Ca^{2+}, Mg^{2+} заменяются на катионы H^{+}, что можно представить в виде уравнений:

$$2H^{+}R^{-} + Ca^{2+}(HCO_3)^{2-} = Ca^{2+}R^{2-}+2H_2O + 2CO_2\uparrow$$

$$2H^{+}R^{-} + Mg^{2+}(HCO_3)^{2-} = Mg^{2+}R^{2-}+2H_2O + 2CO_2\square$$

Такой режим работы фильтров позволит снизить общую жесткость обрабатываемой воды на величину, эквивалентную разрушенной бикарбонатной щелочности. Катионы Na^{+} остаются нетронутыми, фильтрат имеет щелочную реакцию по индикатору метиленовому оранжевому, т.е. pH>4,4. В нем содержится углекислота в количестве, эквивалентном разрушенным бикарбонатам. При этом режиме работы воды удельный расход серной кислоты близок к стехиометрическому, к 49 граммам на один удельный грамм-эквивалент жесткости.

Ниже приводится последовательность операций, необходимых при эксплуатации фильтров ВПУ после модернизации (схема модернизированной ВПУ – Приложение Д).

1. Включение фильтра в работу:

1.1. Открыть воздушник №11, задвижки №1-1, 1-2, (1-3, 1-4) Х734,(735).

1.2. Заполнить фильтр.

1.3. Открыть задвижки №4-1, 4-2, (4-3, 4-4), промывка фильтра перед включением в работу до рабочих параметров.

1.4. Открыть задвижку №2-1, 2-2, (2-3, 2-4), закрыть задвижку №4-1, 4-2, (4-3, 4-4), воздушник №11 фильтр включен в работу.

Н-катионитовые фильтры подпитки теплосети должны всегда работать в паре «кислый-щелочной» поддерживая жесткость в промежуточном баке подпитки теплосети 0,5 мг экв/дм^3 и общую щелочность не ниже 0,7 мг экв/дм^3.

2. Отключение на регенерацию:

2.1.Открыть воздушник №11;

2.2. Закрыть задвижки №1-1, 1-2, (1-3, 1-4); №2-1, 2-2, (2-3, 2-4).

3. Взрыхление НБ-фильтров:

3.1. Открыть задвижки №3-1, 3-2, (3-3, 3-4); №5-1,5-2,(5-3, 5-4); №5, СВ-5.

3.2. Установить расход сырой воды 80т/ч, взрыхление проводить до чистой воды, следить, чтобы не было выноса материала.

3.3. Закрыть задвижки: СВ5, №5, №5-1,5-2,(5-3, 5-4); №3-1, 3-2, (3-3, 3-4);

4. Регенерация Н-буферных фильтров:

4.1. Открыть задвижки: №6-1,6-2,(6-3,6-4); №4-1, 4-2, (4-3, 4-4); СВ-4.

4.2. Установить расход сырой воды 70 т/ч.

4.3 Открыть задвижки: К6-1, К7-1, К8-1, К9, К9а.

4.4 Включить НДК№1(ход плунжера 15мм) чтобы концентрация кислоты была 0,6-0,7%. Отобрать пробу на «входе» в фильтр и сверить с показаниями автоматического концентратомера. Вести непрерывный контроль за концентрацией регенерационного раствора по приборам автоматического контроля.

4.5. Сразу после начала пропуска регенерационного раствора отобрать пробы из пробоотборных точек всех работающих фильтров (для того, чтобы убедиться, что на них не попадают кислые воды).

Время пропуска регенерационного раствора, мин, определяется по формуле:

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{P} \cdot 60}{Q \cdot \mathrm{K} \cdot 10} \qquad (22)$$

где P - количество кислоты, необходимое для регенерации данного фильтра, кг;

Q - расход регенерационного раствора, $м^3$/час;

K- концентрация регенерационного раствора, %.

Реакции, происходящие при регенерации:

$Ca^{2+}R^{2-} + H_2SO_4 = Ca\ SO_4 + HR$

$Mg\ ^{2+}R^{2-} + H_2SO_4 = Mg\ SO_4 + HR$

4.6. Выключить НДК№1.

4.7. Закрыть задвижки К9а, К9, К8-1, К7-1, К6-1.

5.Отмывка НБ-фильтров до рабочих параметров.

Закрыть задвижки: СВ-4, №4-1, 4-2, (4-3, 4-4); №6-1,6-2,(6-3,6-4).

6. Фильтр отключен в резерв.

При обслуживании Н-буферных фильтров выполняется технологический и химический контроль в общей и оперативной формах.

Общий технологический контроль проводится инженерным персоналом согласно графика и предусматривает:

- периодическое (1 раз в 6 месяцев) вскрытие фильтра для визуального осмотра фильтрующей загрузки (степень загрязненности на различной глубине, степень измельченности, ямы и выступы на поверхности материала), состояние антикоррозийного покрытия фильтра, состояние ВДРУ;
- периодическое (1 раз в 2 года) вскрытие фильтра с выгрузкой фильтрующего материала для осмотра НДРУ и антикоррозийного покрытия.

Данные осмотра с указанием даты вносятся в "Журнал состояния фильтров ВПУ".

Оперативный технологический контроль проводится сменным персоналом и предусматривает:

- химический контроль за щелочностью и жесткостью на входе и на выходе из Н-буферных фильтров согласно приложении№9«нормы теплосети»;

- подсчет выработанного за смену количества воды на каждом фильтре, рассчитывается следующим образом: сумму показаний прибора разделить на количество работающих фильтров;
- собственные нужды ВПУ рассчитываются 1 раз в сутки: разность между количеством воды, поступившей на ВПУ по показаниям прибора, и воды, отданной на подпитку тепловых сетей по показаниям прибора. Расход сырой воды на собственные нужды ВПУ должен быть не более 5,5% от обработанной воды.
- контроль за перепадом давления каждые 2 часа;
- контроль за отсутствием выноса фильтрующего материала каждый час;
- контроль за температурой сырой воды поступающей на фильтр, не более 40ºС;
- контроль за концентрацией регенерационного раствора;
- контроль за процессом взрыхления фильтрующего материала.

Эксплуатация декарбонизатора сводится к наблюдению за работой вентилятора и ежесменному контролю за содержанием углекислоты в обрабатываемой воде. Остаточное содержание углекислоты составляет 3-5 мг/дм^3 в зависимости от ее исходной концентрации.

Транспортировка и хранение 92% технической серной кислоты осуществляется в обычной стальной аппаратуре, так как серная кислота становится коррозионно-активной только в разбавленных растворах. Имеются три бака для хранения серной кислоты, расходные мерники, одна цистерна для приёма крепкой серной кислоты и два насоса (один резервный) перекачки кислоты.

Заполнение мерников кислоты для регенерации Н - буферных фильтров производится насосом перекачки кислоты.

Алгоритм эксплуатации центробежных насосов НДВ т/с №1,2,3 приведен ниже.

1 Подготовка насосов к пуску.

1.1. Убедитесь, что все ремонтные работы закончены. На электродвигателе и насосе нет посторонних предметов.

1.2. Проверьте наличие ограждений муфт.

1.3. Проверьте наличие и исправность контрольно-измерительных приборов и убедитесь, что приборы подключены.

1.4. Проверьте наличие воды в емкости, откуда выведен всас насоса.

2. Пуск насоса и его работа.

2.1. Откройте задвижку на всасе насоса, заполните насос, удалите из него воздух.

2.2. Включите электродвигатель.

2.3. Когда насос наберет полное число оборотов и манометр покажет соответствующее давление, медленно откройте задвижку на нагнетание и следите за показанием манометра.

2.4. Во избежание нагревания корпуса насоса, он не должен работать при закрытой напорной задвижке более 2-3 минут.

2.5. Во время работы насоса следите за температурой подшипников, которая не должна превышать 70 ºС.

2.6. Сальники считаются в хорошем состоянии, если вода через них просачивается каплями, чрезмерная затяжка болтов вызывает быстрый износ защитной втулки, а также снижение КПД насоса.

3. Останов насоса.

3.1. Медленно закройте задвижку на напорном трубопроводе насоса.

3.2. Отключите электродвигатель.

4. Аварийный останов насоса.

4.1. Электродвигатель должен быть немедленно отключен от сети при несчастном случае с людьми, появлении дыма или огня из корпуса электродвигателя, его пусковых или возбудительных устройств.

4.2. Электродвигатель должен быть остановлен после пуска резервного (если он имеется) в случаях:

- появления запаха горелой изоляции;
- резкого увеличения вибрации электродвигателя или механизма;
- при нагревании подшипников выше 70 ºС;
- срыва насоса, т.е. когда вода не поступает на всас насоса;
- перегрузки выше допустимых значений.

Установки водоподготовки располагаются в объединённом вспомогательном корпусе ТЭЦ, принятом на основании унифицированного ОВК для серийных ТЭЦ. Длина фильтровального зала 60 м., для складских помещений 90 м.

При модернизации подпитки теплосети используется действующее оборудование, задействованное на станции Минусинской ТЭЦ в ОВК.

Расширение здания ОВК, фильтровального зала, демонтажа оборудования подпитки теплосети не требуется.

3.3 Вопросы охраны труда

Анализ опасных и вредных факторов

Процесс подготовки и коррекционной обработки воды на ТЭЦ относится к производствам с повышенной опасностью. Источники вредных воздействий на человека предусматривается размещать в отдельных помещениях. Площадь производственного помещения на одного рабочего превышает 4,5 м^2, а объём 15 м^3. Здание химического цеха перекрывается железобетонными блоками, стены сборные, панели толщиной 300 мм. Общая характеристика условий работы химического цеха Минусинской ТЭЦ представлена в таблице14.

Таблица 14 - Общая характеристика условий работы химического цеха

Наименование цеха	Санитарный класс производства	Класс пожароопасности по ПУЭ	Класс взрывоопасности по ПУЭ	Класс помещения по опасности поражения электрическим током по ПУЭ	Категория производства по пожарной опасности
Химический цех	V	П -I	В -I-Б	Помещение повышенной опасности	Д

При эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, проведении ремонтных работ возможно возникновение следующих ситуаций:

-разрыв паропровода или арматуры;

-появление неплотностей в резервуарах, занятых кислотой или щёлочью;

-ожоги при работе с крепкими кислотами и щелочами;

-ожоги при отборе проб;

-отравления при работе с ядовитыми веществами;

-порезы при работе со стеклянными приборами и хим.посудой;

-захват спецодежды движущимися частями оборудования;

-ранения от остроконечных рабочих инструментов;

-поражение электрическим током;

-воздействие вибрации и шума на организм.

Для безопасной работы производственного оборудования в соответствии с ГОСТ - 12.2.003 - 91 предусматриваются:

- защитное ограждение оборудования по ГОСТ 12.2.062 - 81. На период ремонта вместо снятого ограждения следует выполнять временное. Лестницы и площадки оградить перилами высотой не менее 1 метра, с бортовым элементом по низу перил не менее 0,14 метра. Расстояние от уровня площадки до верхнего перекрытия - не менее 2 метров;

- звуковая, световая сигнализация и знаки безопасности, предупредительные плакаты по ГОСТ 12.4.026 – 76* (переиздан апр. 1987 пост. №1927 27.06.86);
автоматизация управления оборудования (щиты управления). Щиты управления звукоизолированы, освещены, обеспечены кондиционерами;
предохранительные устройства по ГОСТ – 12.2.085 – 82.

Шум и вибрация

Источником производственного шума и вибрации являются насосы, вентиляторы, фильтры, декарбонизаторы.

Для защиты от шума по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и вибрации по СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 - 96 предусматриваются:

-обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты по ГОСТ 12.4.011 - 89;

-установка звукоизолирующих кабин;

-звукоизолирующие кожухи и экраны;

-виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Допустимые уровни шума представлены в таблице 15, а технические нормы вибрации в таблице 16.

Таблица 15 - Допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Фильтровальный зал	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Таблица 16 - Технические нормы вибрации

Вид вибрации	Среднеквадратичная частота, Гц									
	Логарифмический уровень виброскорости									
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500
Фильтровальный зал	-	103	100	101	106	112	118	-	-	-

Тепловое излучение

В химическом цехе в результате технологического процесса имеет место тепловое излучение от трубопроводов пара 13 кгс/см^2.

Для снижения теплового излучения по ГОСТ 12.4.123-83 предусматриваются следующие меры:

-тепловая изоляция горячих поверхностей с температурой наружной поверхности более 45 ºС;

- специальная сигнальная окраска для предохранения работающих от ожогов;

- ограждение по ГОСТ 12.2.062 - 81 (01.07.82).

Температура пара равна $t_п$=370 ºС, следовательно, по этой температуре выбираем материал, каким будем изолировать подогреватель. Выбираем минеральную вату, так как ее максимальная температура, при которой можно использовать - это 400ºС.

Температура окружающей среды:

$t_{ос}$=25ºС (принимаем).

Температура на поверхности изоляции:

- подогреватель находится в зоне обслуживания персонала, тогда температура на поверхности по стандартам равна $t_{из}$=45ºС.

Средняя температура изоляции:

$$t_{ср} = \frac{t_п + t_{из}}{2} = \frac{370+45}{2} = 207{,}5°C \quad (23)$$

Коэффициент теплопроводности для минеральной ваты:

$$\lambda_{из} = 0{,}043 + 0{,}00022 \cdot t_{ср} = 0{,}043 + 0{,}00022 \cdot 207{,}5 = 0{,}0887 Вт/м \cdot К \quad (24)$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки к окружающей среде:

$\alpha_{нв}=\alpha_{к}+\alpha_{и}$ (25)

Коэффициент теплоотдачи за счет конвекции для вертикального корпуса:

$a_к = 1{,}82 \cdot \sqrt[3]{\Delta t}$ (26)

где Δt- разность между температурой поверхности изоляции и температурой окружающей среды: $\Delta t=t_{из}-t_{ос}=45-25=20ºC$;

$a_к = 1{,}82 \cdot \sqrt[3]{20} = 4{,}94$Вт/м ^{2}·К.

Коэффициент теплоотдачи от излучения:

$\alpha_{и}=C_п \cdot ((T_{из}/100)^4-(T_{ос}/100)^4)/(t_{из}-t_{ос})$ (27)

где $C_п$ - коэффициент, зависящий от вида материала покрывного слоя (для минеральной ваты $C_п$ =1,2...2,0 , принимаем $C_п$ =2,0);

$\alpha_{и}=2{,}0 \cdot ((45+273/100)^4-(25+273/100)^4)/(45-25)=2{,}34$Вт/м ^{2}·К.

Тогда коэффициент от стенки к окружающей среде равен:

$\alpha_{нв}=4{,}94+2{,}34=7{,}28$Вт/м ^{2}·К.

Тепловые потери:

$q=\alpha_{нв} \cdot (t_{из}-t_{ос})=7{,}28 \cdot (45-25)=145$Вт/м ^{2} (28)

Толщина минеральной ваты:

$q=(t_п-t_{из})/\delta_{из}/\lambda_{из}$ (29)

тогда

$\delta_{из}=\lambda_{из} \cdot (t_п-t_{из})/q=0{,}0887 \cdot (370-45)/146=0{,}198$ м

Принимаем стандартное значение толщины для минеральной ваты $\delta_{из}$ = 200 мм.

Характеристика токсичных веществ

Для защиты от вредных веществ предусматриваются:

-герметизация оборудования;

-средства индивидуальной защиты;

-местная приточно-вытяжная вентиляция;

-автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ.

Вся характеристика токсичных веществ по ГОСТ 12.1.005 – 88 представлена в таблице 17.

Таблица 17 - Характеристика токсичных веществ по ГОСТ 12.1.005 – 88

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Характер воздействия на организм человека	ПДК, мг/м^3	Класс опасности
аммиак NH_3	жидкое	Органы дыхания	20	4
оксиды азота	газообразное	общее	5	2
серный ангидрид SO_3	газообразное	общее	1	2
оксид серы SO_2	газообразное	общее	10	3
оксид углерода CO	газообразное	общее	20	4
щёлочи едкие (в пересчёте NaOH)	жидкое	кожа	0,5	2
кислота серная H_2SO_4	жидкое	кожа	1	2
кислота соляная HCl	жидкое	кожа	5	2

Опасность поражения электрическим током

Химический цех относится к классу повышенной опасности по поражению электрическим током от 380В до 0,4кВ; напряжение освещения -220 В; напряжение ручных ламп не более 12В; для электросварочных работ используется напряжение 2 – 42 В. Общее требование по электробезопасности выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 79 и ПУЭ.

Для обеспечения электробезопасности предусматривается:

- заземление, зануление токоведущих частей оборудования по ГОСТ 12.1.030 - 81 и ПУЭ, сопротивление заземления не более 4Ом;
- ограждение и изоляция оборудования и токопроводов по ГОСТ 12.1.030-81 и ПУЭ;
- недоступность проводки;
- автоматическое отключение и блокировка при аварии;
- малое напряжение в особо опасных местах.

К общей системе заземления подключают все металлические части оборудования, не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под током вследствие замыкания под корпус.

Производственная санитария

По параметрам микроклимата помещение химического цеха характеризуется:
-повышенной влажностью;
-наличием большого количества металлического оборудования;
-скоростью движения воздуха;
-пониженной температурой.

Все оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 18

Таблица 18 - Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Сезон года	Категория работ	Температура,ºС		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		По ГОСТ 12.1.005-88	Фильтровальный зал	По ГОСТ 12.1.005-88	Фильтровальный зал	По ГОСТ 12.1.005-88	Фильтровальный зал
Холодный	Средней тяжести	17-19	15-21	40-60	70-30	0,3	0,2

Продолжение таблицы18

Тёплый со значит. избытком теплоты	Средней тяжести	20-22	16-27	40-60	60-30	0,2-0,5	0,5

Для обеспечения нормального микроклимата в соответствии с СанПИН 2.2.4.548- 96 предусматривается следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05-91 (28.11.91)
- установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем местных отсосов по СНиП 2.04.05-91 для удаления вредных, пожароопасных и взрывоопасных веществ от мест их образования и выделения;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;
- герметизация технологического оборудования.

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами представленными в таблице 19**.**

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла выделяемого в помещении и периода года.

Освещение

В помещении Химического цеха предусматривается освещение в соответствии со СНиП 23-05-95:

- естественное через боковые проёмы;
- искусственное, комбинированная система. Источники освещения: лампы накаливания, лампы газоразрядные;
- рабочее, для освещения помещения в соответствии с характером выполняемых работ применяют люминесцентные лампы низкого давления дневного света с

исправленной цветностью ЛДЦ, и дневного света ЛД со светильниками рассеянного света типа ОД, ОДОР, пылеводозащищённые типа ПВЛМ, ППР;

- аварийное, для продолжения работ при отключении рабочего освещения (питание от независимого источника энергии, аккумуляторных батарей) с лампами накаливания в универсальных светильниках прямого света типа Астра, УПМ-15, светильник типа ПСХ;
- дежурное и охранное (вдоль границы территории) прожекторы заливающего света ПГЦ с лампами ДРИ;
- эвакуационное (по основным проходам и лестничным клеткам).

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры освещения в соответствии с нормами, представленными в таблице 19.

Таблица 19 - Нормы освещённости рабочих мест

Наименование помещения	Характер работы	КЕО, %		Искусственная освещённость		Тип светильника
		При вертикальном и комбинированном	При боковом	Комбинированное	Общее	
Щит управления	Наблюдение за измерениями, приборами	1	0,8	300-350	200-350	(ЛД – 40) ОДОР – 100
Фильтровальный зал	Наблюдение за технологическим процессом	1	0,25	300	100	ЛДЦ –40 ППР –100

Выполним расчёт искусственного освещения инструментальной мастерской. По зрительным условиям работа относится к малой точности (разряд У, подразряд «а»). Освещение осуществляется лампами накаливания, светильники типа УПМ-15. Потолок и стены побелены. Напряжение в сети 220В.

Размеры помещения: А = 6 м, В = 4 м, Н = 3,5 м. Коэффициент неравномерности освещения z = 1,2. Условия среды в помещении - нормальные.

Расстояние от потолка до рабочей поверхности, м:

$h_п=H-h_р=3,5-0,8=2,7$ (30)

Расстояние от потолка до светильника, м:

$h_с=0,2\cdot h_п=0,2\cdot 2,7=0,54$ (31)

Высота подвеса светильника (расстояние от светильника до рабочей поверхности), м:

$h=h_п-h_с=2,7-0,54=2,16$ (32)

Для светильника УПМ-15 наивыгоднейшее светотехническое расположение светильников $\lambda_с=1,4$.

Наивыгоднейшее относительное расстояние между соседними светильниками:

$L=\lambda_с\cdot h=1,4\cdot 2,16=3,024$ (33)

Количество светильников, шт.:

$N=S/L^2=A\cdot B/L^2=6\cdot 4/3,024^2=2,625$ (34)

Принимаем к установке 3 светильника.

Коэффициент отражения потолка и стен: $S_п=70\%$, $S_с=50\%$. (35)

Индекс помещения:

$i=A\cdot B/h\cdot(A+B)=6\cdot 4/2,16\cdot(4+6)=1,11$ (36)

Коэффициент использования светового потока: $\eta=50$. Коэффициент запаса: $K_3=1,3$. Минимальная нормируемая освещённость: $E_н=200$ лк.

Световой поток лампы, лк:

$F=T_у\cdot S\cdot R_р\cdot Z/N\cdot\eta=200\cdot 24\cdot 1,3\cdot 1,2/3\cdot 50=50$ (37)

Выбираем лампу накаливания для напряжения 220В НВ-15 со световым потоком 105 лм.

Фактическая освещённость, лк:

$E_{факт}=E_н \cdot F_{выбр}/F_{расч}=200 \cdot 105/50=420$ (38)

Безопасность работы систем, находящихся под давлением

В химическом цехе находятся трубопроводы под давлением от 0,07 до 1,65 МПа, фильтры до 0,6 МПа.

Для обеспечения безопасной работы предусмотрены следующие мероприятия, в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»:

-предохранительные устройства, дополнительные трубопроводы для сброса среды;

-запорная арматура;

-указатели уровня жидкости;

-контрольно-измерительные приборы и автоматика.

Пожарная безопасность

Химический цех относится к категории Д по НПБ-105-95, III степени огнестойкости здания с пределом огнестойкости СНиП 21.01-97: ограждений R 120, перекрытий RYE 60, лестничных клеток RYE 120.

Основными причинами пожаров являются:

-возгорание пожароопасных веществ;

-возгорание промасленной ветоши;

-замыкание электропроводки;

-электрогазосварочные работы;

-возгорание электродвигателей.

Основным источником пожарной опасности в химическом цехе является применение растворов аммиака пожароопасные свойства аммиака представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Пожароопасные свойства аммиака

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Пределы воспламенени		Средства и способы тушения
		$Н_К$ПР, %	$В_К$ПР, %	
Аммиак	газообразное	15-20	28	Применение пены

В зависимости от вероятных причин возникновения пожара по ГОСТ 12.1.004-91 предусматривается:

-ящики с песком;

-порошковые огнетушители;

-углекислотные огнетушители;

-пенные огнетушители;

-внутренний пожарный водопровод;

-пожарная изоляция.

Меры безопасности в отделении химводоочистки:

- установки по химической обработке воды находятся в изолированном помещении;
- подвоз реагентов к складу осуществляется без промежуточной перегрузки;
- трубопроводы имеют специальную окраску;
- предусмотрено специальное покрытие полов, наличие в них воронок, бортиков для предупреждения затекания разлившихся жидкостей;
- подвоз кислот, щелочей, аммиака осуществляется в специальной таре;
- для рабочего персонала предусмотрена спецодежда;
- рабочие места снабжены аптечками, на видных местах стоят колбы с нейтрализующими растворами;
- имеются фонтанчики для промывки глаз.

Меры, принимаемые на Минусинской ТЭЦ для охраны окружающей среды

При производстве энергии, связанном со сжиганием любого вида топлива, происходит «тепловое загрязнение» природной среды. Так, при сжигании топлива атмосфера загрязняется газообразными и паро-пылевыми выбросами, в ряде случаев имеет место термическое загрязнение поверхностных вод, при использовании твердого топлива (угля) земная поверхность загрязняется золой. Наблюдаемая в последнее время частичная замена угля нефтью и природным газом существенно снижает вредное влияние производства электроэнергии на атмосферу и земную поверхность.

Однако необходимо отметить, что в общих запасах минерального топлива нефть и газ составляют весьма небольшую часть: если произвести расчет в тоннах условного топлива (ТУТ), то доля нефти составит всего 6, а природного газа-менее 2%. Следовательно, снижение вредного экологического воздействия производства электрической энергии на окружающую среду за счет замены твердого минерального топлива жидким и газообразным нельзя считать перспективным.

Чтобы понять, как используется топливо для получения электрической энергии, необходимо рассмотреть принцип действия типичной тепловой электростанции. В результате сжигания топлива выделяется тепло. Это тепло используется для нагревания воды и получения пара. Пар, имеющий высокие температуру и давление, направляется в турбину и приводит ее в движение. Турбина вращает якорь генератора в магнитном поле, тем самым, возбуждая электрический ток. Так генерируется электроэнергия. После того как пар покидает турбину, его температура и давление снижаются. Отработанный пар вновь превращается в воду в конденсаторе, через который пропускается холодная вода.

В процессе конденсации пара охлаждающая вода нагревается. Это вода либо сбрасывается в водоем, откуда она забиралась, либо пропускается через градирни для охлаждения и повторного использования в конденсаторе. Вода,

образовавшаяся из сконденсированного пара, возвращается в котел, и описанный выше цикл повторяется.

На МТЭЦ охлаждающая вода пропускается через градирни и затем повторно используется в конденсаторе. Поэтому термического загрязнения поверхностных вод не происходит.

Через дымовые трубы электростанции в атмосферу поступают: летучая зола и частицы недогоревшего пылевидного топлива (унос), сернистый и серный ангидрид, окислы азота и газообразные продукты неполного сгорания, а при сжигании мазута, кроме того соединения ванадия, соли натрия, коксик и частицы сажи, удаляемые с поверхностей нагрева при их обдувке. В золе некоторых видов топлива содержатся также мышьяк, свободная двуокись кремния, свободная окись кальция и др.

При сжигании природного газа выброс окислов азота является единственным, но весьма существенным загрязнителем атмосферы. Поэтому особое внимание на станции уделяется очистке и отводу в атмосферу дымовых газов. На современных ТЭЦ применяют различные аппараты для очистки дымовых газов от золы: батарейные циклоны, золоуловители со смоченной поверхностью, электрофильтры и комбинированные золоуловители.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На Минусинской ТЭЦ имеет место водоподготовительная установка проектной мощностью 800т/ч (на данный момент работает с частичной загруженностью в 230т/ч), которая предназначена для обработки подпиточной воды с целью предупреждения всех видов отложений и коррозионных повреждений на внутренних поверхностях теплосилового оборудования.

Однако в связи с проблемой несоблюдения температурного графика, при повышении температуры сетевой воды выше 118˚С, происходит понижение индекса pH, что приводит к интенсификации отложений на трубных пучках бойлеров теплофикационной установки. Поэтому необходимо было найти такое технологическое решение при модернизации ВПУ ТЭЦ, которое позволит решить данную проблему.

В существующей схеме ВПУ МТЭЦ (подкисление, декарбонизация, деаэрация) подкисление происходит дозированием серной кислоты насосами дозаторами в зависимости от расхода подпиточной воды (в ручном режиме) на вход Н-буферных фильтров заполненных фильтрующим материалом КУ2-8. Чтобы выдержать pH 8,3-9,0, необходимо держать щелочность 0,2-0,8 мг-экв/дм^3, но такой режим затруднителен ввиду частых изменений расхода подпиточной воды. Кроме того, при малейшей передозировке кислоты возникает опасность получение коррозионно-активной воды.

Анализ имеющейся схемы позволил сделать вывод, что данный метод ВПУ необходимо заменить на метод полной очистки химочищенной воды, который реализуется в схеме Н-катионирования с «голодной» регенерацией и заменой фильтрующего материала (т.к. имеющийся КУ2-8 уже выработал свой ресурс).

Для замены КУ2-8 были предложены два фильтрующих материала: карбокислый катионит Амберлайт IRC-86 и Сульфоуголь.

При сравнении качества, экономических затратах на закупку и затрат на эксплуатацию этих двух материалов, был сделан вывод о целесообразности использования фильтрующего материала Амберлайт IRC-86, для применения которого необходима поузловая модернизация схемы. Также сравнили Амберлайт IRC-86 с заменяемым КУ2-8, чтобы убедиться, что он не будет уступать новому материалу по эксплуатационным характеристикам .

Чтобы применить в работе Амберлайт IRC-86, необходимо произвести следующую поузловою модернизацию:

- замена дренажного трубопровода и трубопровода подачи кислоты с узлом смешения с Ду 100 на Ду 150(41м.);

- замена существующей арматуры с Ду100 на Ду150 согласно прилагаемой схемы (11 шт.);

- установка на дренажном-отмывочном коллекторе контрольного прибора pH –метра (есть в наличии);

- на входе воды в фильтр установлены расходомерные шайбы и показывающие приборы по расходу воды (есть в наличии);

- замена нижних распределительных устройств (НДРУ).

Остальное оборудование замене не подлежит и остается в работе без изменений.

Проведение модернизации позволит увеличить отпуск тепловой энергии в последующие отопительные сезоны, а, следовательно, и приведет к росту прибыли МТЭЦ. Кроме этого, будет исключен риск наложения штрафов надзорных органов за невыдерживание температурного графика.

Следует также отметить, что применение карбоксильного катионита Амберлайт IRC-86:

-позволяет улучшить органолептические свойства воды в системе горячего водоснабжения в десятки раз по сравнению с гигиеническими требованиями ГОСТ «Вода питьевая»;

-снизить расход воды на собственные нужды в 2раза;

- увеличить фильтроцикл в 4 раза;

-увеличить интенсивность использования существующего оборудования в 2-3 раза;

- снизить материальные и трудовые затраты на ежегодную досыпку фильтрующего материала в 10 раз.

Исходя из почти двадцатилетнего опыта эксплуатации химводоочистки подпитки теплосети, можно утверждать, что для открытых систем теплоснабжения наиболее целесообразно применение предлагаемого карбоксильного катионита.

Анализ затрат на модернизацию схемы и закупку материала показал, что они окупятся в течение приблизительно двух лет эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Любимова Л.Л. Инженерные расчеты в водоподготовке: Учебное пособие-Томск: Изд. ТПУ, 2001.

2 Фрог Б.Н.-проф.д.х.н. Левченко А.П.-доц.к.нт.н. Водоподготовка: Учебное пособие для вузов М.Издательство МГУ,2003г.Издание2.

3 Герзон В.М. и др. Управление водоподготовительным оборудованием и установками М.Энергоатомиздат 1985г.

4 Кострикин Ю.М. и др. Водоподготовка и водный режим энергоблоков низкого и среднего давления: Справочник М.Энергоатомиздат 1990г.

5 Копылов А.С. Лавыгин В.М. Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике:Учебное пособие для вузов М. Издательство МЭИ 2003г.

6 Типовая инструкция по обслуживанию водоподготовительных установок, работающих по схеме химического обессоливания Москва 1975г. Составлено Специализированным центром научно-технической информации ОРГРЭС.

7 Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции М.Энергоатомиздат 1987-328с.

8 Плаузнер С.П. Златопольский А.Н. Эуравлев В.Г. Организация, планирование и управление энергетическим предприятием М.ВШ 1981г.-432с.

9 Барановский А.И.Хозяйственный расчет энергетических объединений М.Энергоатомиздат 1990г.-128с.

10 Румянцева н.А. Соломатин Р.В. и др. Менеджмент организации: Учебное пособие М. ИНФРА 1995г.-432с.

11 Гужулев Э.П. Шалай В.В. Лямин А.Н. Калистратов А.Б. Основы современной малой энергетики: Учебное пособие Омск издательство ОМГТУ 2006г.-440с. ISBN 5-8149-0387-2.

12 Громогласов А.А. Копылов А.С. Пильщиков А.П. Водоподготовка: «процессы и аппараты».

13 Кострикин Ю.М. Мещерский Н.А. Коровина О.В. : «Водоподготовка и водный режим энергообъетов низкого и среднего давления».

14 Разумова В.Т. Шмакова Е.Н. Лобастов А.И.: «Лабороторный практикум по курсу физико-химические основы использования воды».

15 «Методически указания по применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций» РД34.37.526-94.

16 Копылов А.С. Лавыгин В.М. Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике 2006г. МЭИ ISBN: 5-903072-45-3, 320с

17 Трухний А.Д. Изюмов М.А. Поваров О.А. Малышенко С.П. МЭИ ISBN978-5-383-00502-6 2010г. 494с. 2тома.

18 Стерман Л.С. Покровский В.Н. «Физические и химические методы обработки воды на ТЭС» Издательство Энергоатомиздат 1991г.328с.

19 Кульский Л.А. Накорчевская В.Ф. «Химия воды:Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод» 1983г.240с.

20 Чиж В.А. Карницкий Н.Б. Нерезько А.В. «Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС» 2010г. 285с. ISBN: 978-985-06-1877-1.

21 Вихрев В.Ф. «Водоподготовка» Издательство Энергия 1973г.

22 Белан Ф. И.«Водоподготовка. Расчеты, примеры,задачи» Энергия 1980г.

23 Техника А.С. «Водоподготовка (пособие аппаратчика)» 1978г.184с.

24 Лопотышкина Н.П. Сазонов Р.П. «Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей» Энергоиздат 1982г.188с.

25 Белан Ф.И. «Водоподготовка» ГЭИ 1958г.256с.

26 Буров В.Д. Дорохов Е.В. Елизаров Д.П. и др. подредактированно Лавыгина В.М. Седлова А.С. Цанева С.В. Учебник для вузов «Электрические

станции» 3-е издание М. Издательский дом МЭИ 2009г.466с. ISBN978-5-383-00404-3. ISBN978-5-383-00404-3

27 Соколов Е.Я. «Теплофикация и тепловые сети» М-издат.1982г.

28 Лавыгина В.М. Седлова А.С. Учебник для вузов 3-е издание Москва издательский дом МЭИ 2009г

Электронные ресурсы:

29 Использование твердых продуктов термокаталического пиролиза в химической подготовке Галикеев А.Р.

http://ogbus.ru/authors/Galikeev/gal3.pdf

30 Основные требования к применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций. Технологические рекомендации по диагностике их качества и выбору СТО ВТИ 37.002-2005

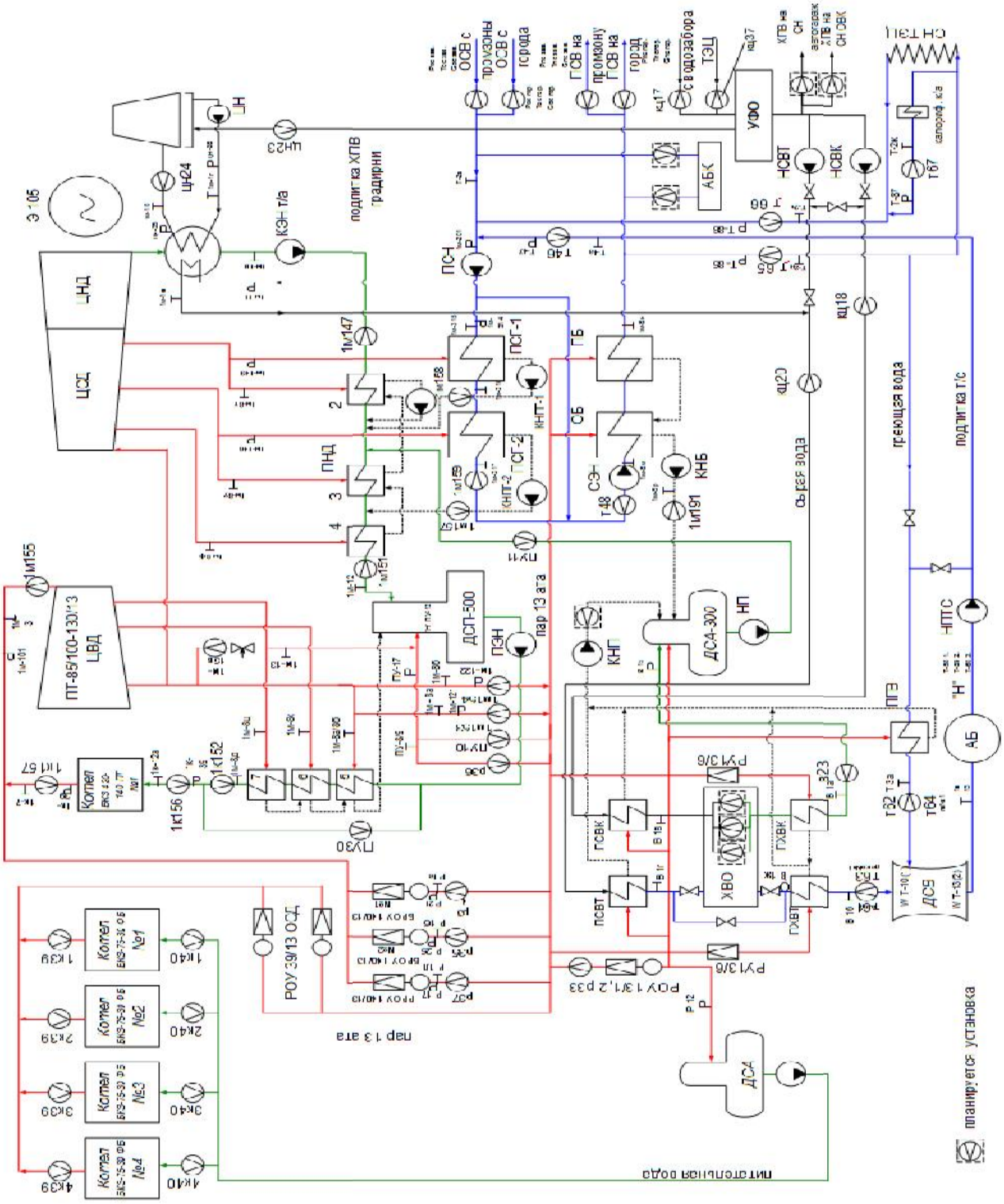
http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/53/53598/

31 Методические указания по применению ионитов на водоподготовительных установках тепловых электростанций РД34.37.3526-94

http://www.docload.ru/Basesdoc/38/38766/index.htm

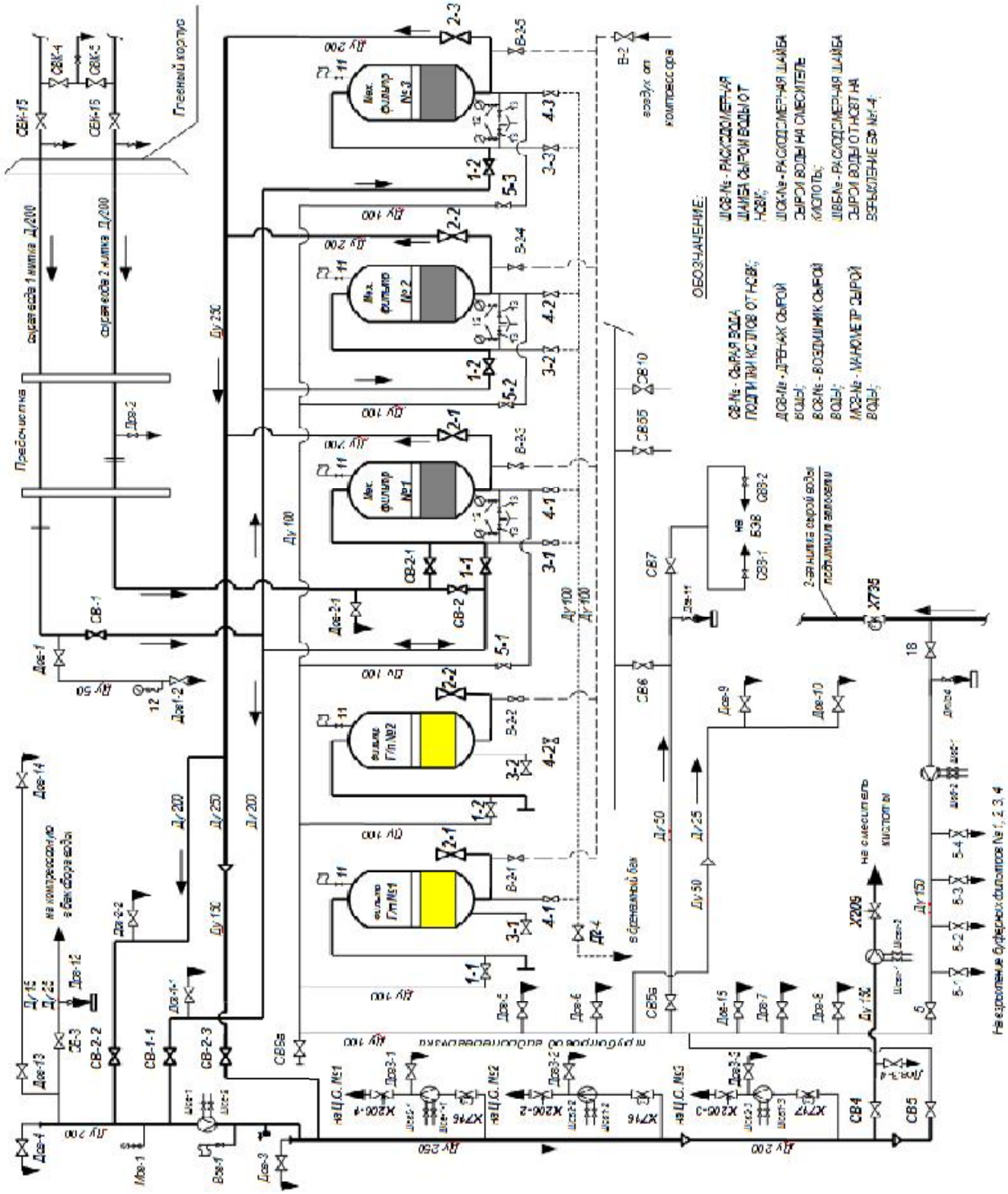
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Тепловая схема Минусинской ТЭЦ



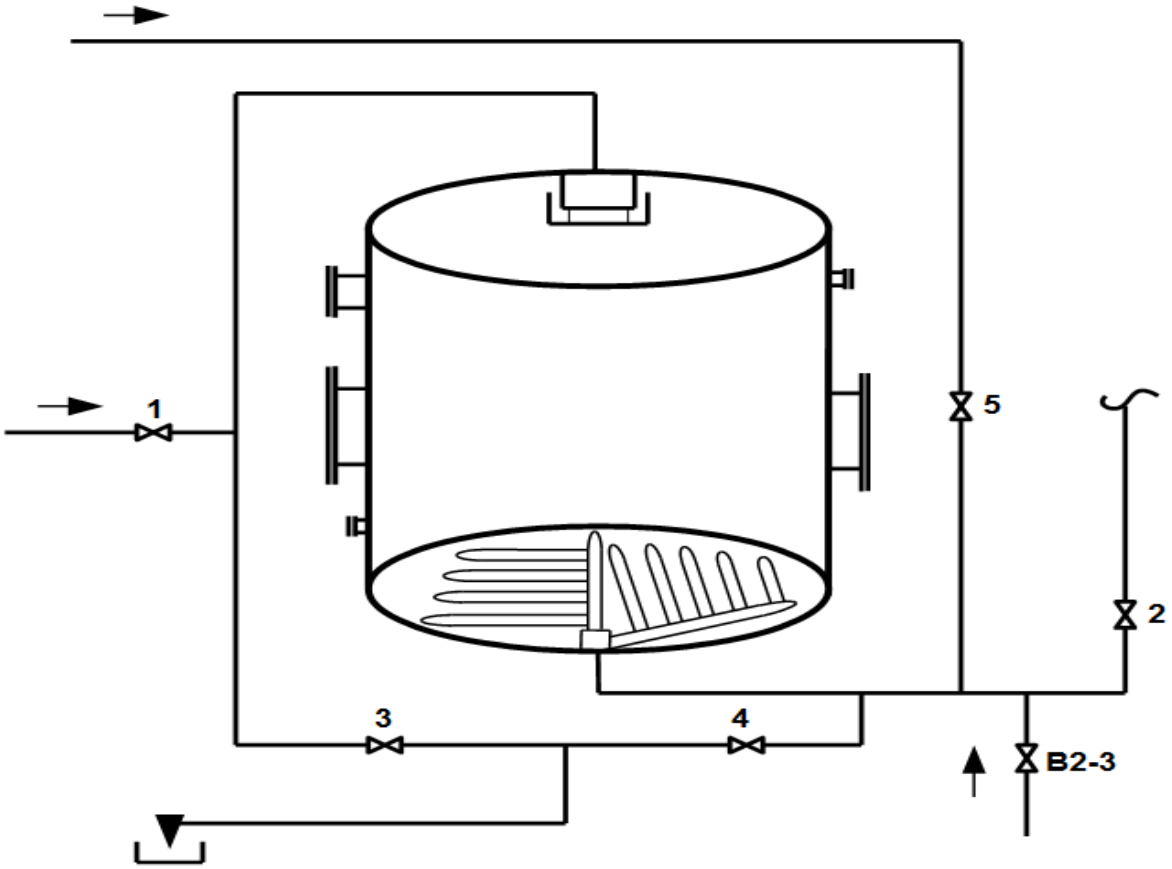
Приложение Б

Схема сырой воды



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Устройство фильтра

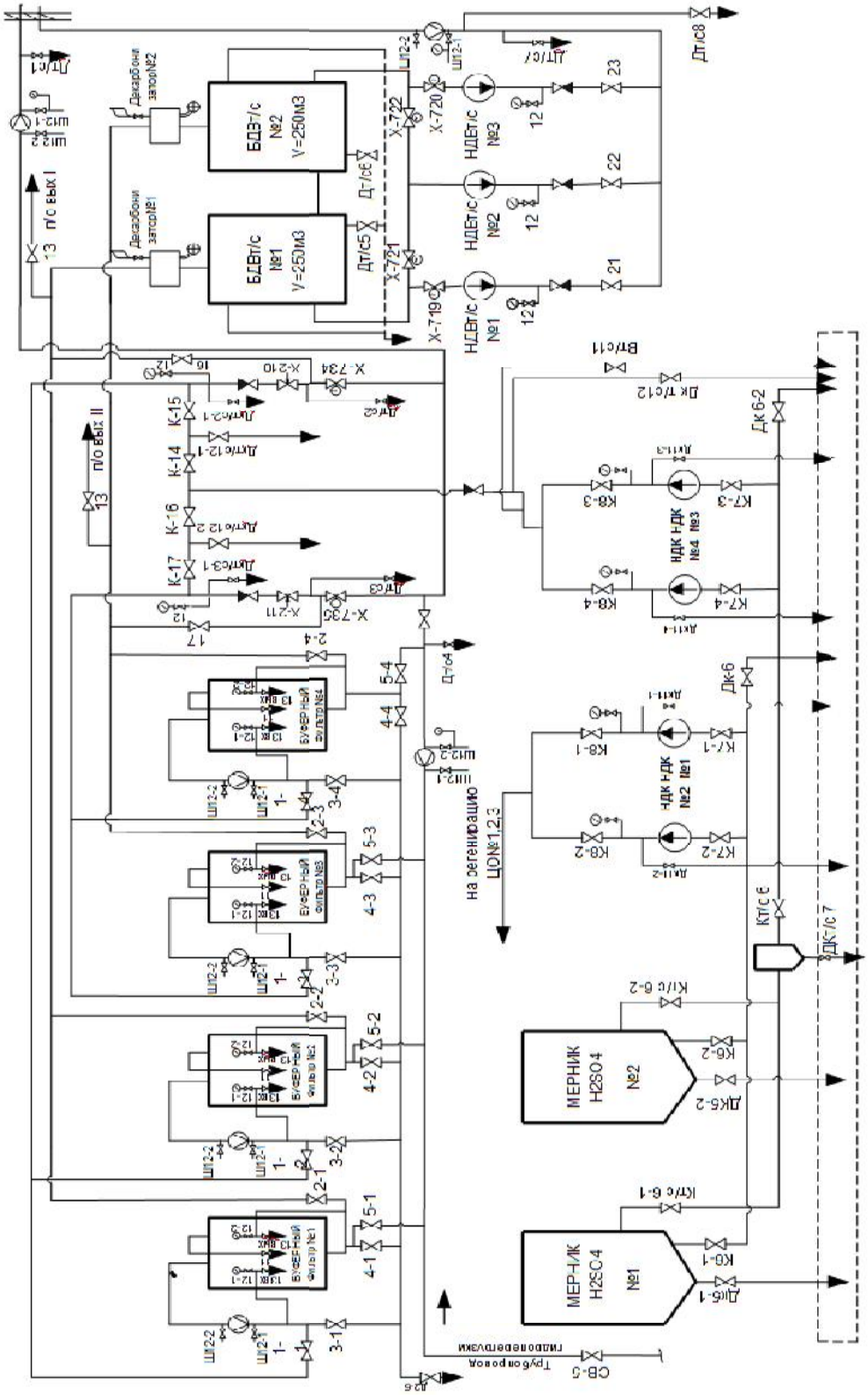


1. Вход обрабатываемой воды
2. Выход обрабатываемой воды
3. Верхний дренаж
4. Нижний дренаж
5. Вода на взрыхление

В2-3 –подвод сжатого воздуха

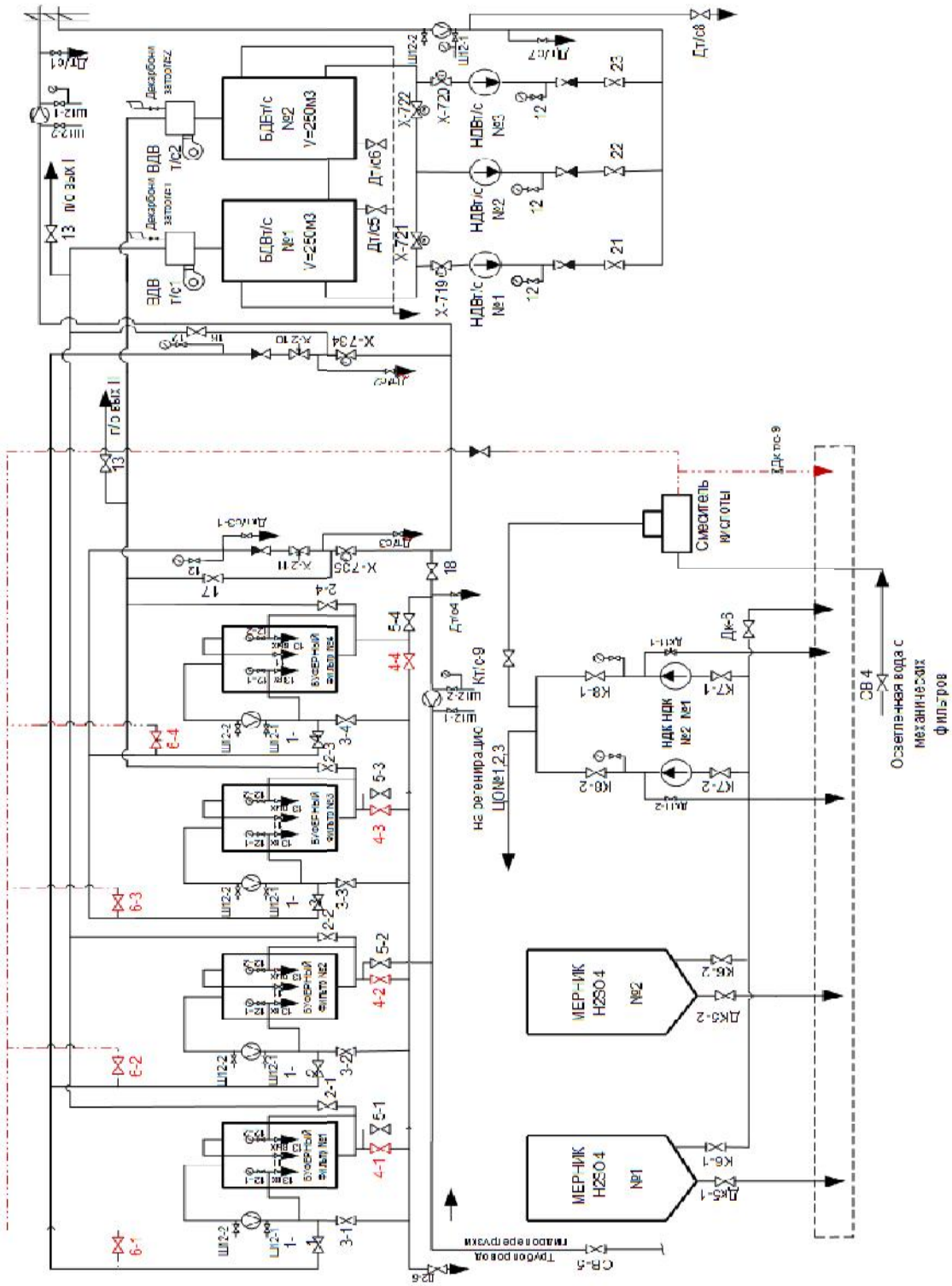
ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Схема подпитки теплосети на Минусинской ТЭЦ


БДВт/с №1 V=250м3
БДЭт/с №2 V=250м3
Декарбонизатор №1
Декарбонизатор №2
п/с вых I
п/с вых II
НДВт/с №1
НДВт/с №2
НДВт/с №3
Х-719
Х-721
Х-722
Х-720
Х-734
Х-733
Х-211
Х-210
К-14
К-15
К-16
К-17
Дт/с5
Дт/с6
Дт/с8
Дт/с1
Дт/с2
Дт/с3
Дт/с4
Дт/с7
Вт/с11
Дк т/с12
Дк 6-2
Дк-6
НДК+ДК №4 №3
НДК+ДК №2 №1
К7-1
К7-2
К7-3
К7-4
К8-1
К8-2
К8-3
К8-4
Кт/с 6
Дк т/с 7
МЕРНИК H2SO4 №2
МЕРНИК H2SO4 №1
Кт/с 6-2
Кт/с 6-1
Дк5-2
Дк5-1
К5-2
К5-1
на регенерацию ЦОН№1,2,3
Трубопровод рециркуляции
СВ-5
Шп2-1
Шп2-2
Шп12-1
Шп12-2
Дт/с6
Дт/с5
Дт/с8
Дт/с1
Дт/с2
Дт/с3
Дт/с4
Дт/с7
Дк т/с12
Дк 6-2
Дк-6
Кт/с 6
Дк т/с 7
Кт/с 6-2
Кт/с 6-1
Дк5-2
Дк5-1
К5-2
К5-1
К7-1
К7-2
К7-3
К7-4
К8-1
К8-2
К8-3
К8-4
Х-719
Х-721
Х-722
Х-720
Х-734
Х-733
Х-211
Х-210
К-14
К-15
К-16
К-17
Дт/с5
Дт/с6
Дт/с8
Дт/с1
Дт/с2
Дт/с3
Дт/с4
Дт/с7
Вт/с11

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Схема подпитки теплосети после реконструкции



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Критерии и пределы безопасного состояния и режимов работы оборудования ВПУ подпитки теплосети.

Качество подпиточной воды должно удовлетворять следующим нормам: (таблица 21)

Таблица 21 – Нормы качества подпиточной воды

№	Показатели	Норма	Единица измерения
1	pH	8,3- 9,0	ед. pH
2	Растворенный кислород	не более 20*	мкг\дм^3
3	Взвешенные вещества	не более 5	мг\дм^3
4	Нефтепродукты	не более 0,1	мг\дм^3

*- норма установлена по распоряжению главного инженера МТЭЦ.

В зависимости от pH (не менее 8,5) и температуры сетевой и подпиточной воды должен выдерживаться карбонатный индекс (табдица 22).

Ик - предельное значение произведения общей щелочности и кальциевой жесткости воды (мг-экв\дм^3)^2, выше которого протекает карбонатное накипеобразование с интенсивностью более 0,1г\(м^{2}ч).

Таблица 22 – нормы выдерживания индекса карбонатного

Ик (мг-зкв/дм^3) / Температура	pH не выше 8,5	pH 8,51-8,8	pH 8,81-9,2	pH выше 9,2
70-100	4,0	2,6	2,0	1,6
101-120	3,0	2,1	1,6	1,4
121-140	2,5	1,9	1,4	1,2
141-150	2,0	1,5	1,2	0,9
151-200	1,0	0,8	0,6	0,4

Подпиточная вода после буферных фильтров и подкисления должно удовлетворять следующим нормам (таблица 23):

Таблица 23 – Нормы качества подпиточной воды после буферных фильтров и подкисления

№	Показатели	Норма	Единица измерения
1	pH	7,0- 9,0	ед. pH
2	Свободная углекислота	не более 5	мкг\дм^3
3	Щелочность	не менее 0,7	мг-экв г\дм^3
4	Сульфаты	не более 500	мг\дм^3

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

№ п/п	Обозначение	Наименование	Количество
1	Котел БКЗ75-39	Котел Белгородского котельного завода с производительностью 75 тонн в час пара, давлением в барабане котла 39ата	*4*
2	Котел 420-140ПТ	Котел Белгородского котельного завода с производительностью 420 тонн в час пара, давлением в барабане котла 140ата с паровой турбиной	*1*
3	ПТ85/100-130/13 ЦВД1	Паровая турбина мощностью85МВт и параметрами пара 130кг/см^2	*1*
4	ЦСД	Цилиндр среднего давления	*1*
5	ЦНД	Цилиндр низкого давления	*1*
6	Э105	Электрогенератор	*1*
7	ЦН	Циркуляционный насос	*3*
8	КЭН	Конденсатный электронасос	*1*
9	ПУ	Пункт управления	*1*
10	РОУ39/13ОСД	Редукционно- охладительная установка на входе 39ата, на выходе 13ата среднего давления	*1*
11	РОУ140/13	Редукционно- охладительная установка на входе 140ата, на выходе 13ата высокого давления	*1*
12	БРОУ140/13	Быстрая редукционная установка на входе 140ата, на выходе 13ата высокого давления	2
13	ПЭН	Питательный электронасос	1
14	ДСП500	Деаэратор сетевой подпитывающий производительностью500 т/ч	1
15	ПНД	Подогреватель низкого давления	3

16	ПСГ	Подогреватель сетевой горизонтальный	2
17	ПСН	Подогреватель сетевой низкого давления	1
18	КНП	Конденсатный насос подогревателй	2
19	НП	Подпиточный насос	1
20	СЭН	Сетевой электронасос	1
21	КНБ	Канденсатный насос болеров	1
22	ОБ	Основной болер	1
23	ПБ	Пиковый болер	1
24	ДСА300	Деаэратор сетевой атмосферный	1
25	ДСА	Деаэратор сетевой атмосферный	1
26	ПСВК	Подогреватель сетевой воды котлов	1
27	ПСВТ	Подогреватель сетевой воды теплосети	1
28	АБ	Автомат блокировки	1
29	ДСВ	Деаэратор сетевой воды	1
30	ПХВК	Подогреватель хим.очищенной воды котлов	1
31	ПХВТ	Подогреватель хим.очищенной воды теплосети	1
32	ХВО	Хим.водоочистка	1
33	ПГВ	Подогреватель греющй воды	1
34	НПТС	Насос питательный теплосети	1
35	НСВК	Насос сетевой воды подпитки котлов	1
36	НСВТ	Насос сетевой воды подпитки теплосети	1
37	УФО	Ультрафиолетовая установка	1
38	ПСВ на город	Прямая сетевая вода на город	1
39	ОСВ с города	Обратная сетевая вода с города	1
40	ОСВ с пром.зоны	Обратная сетевая вода с пром.зоны	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

№ п/п	Обозначение	Наименование	Количество
1	Мерник H_2SO_4№1;№2	Бак мерник серной кислоты 92%	2
2	НДК№1;№2	Насос дозатор серной кислоты 92% для регенерации цепочек обессоленной воды	2
3	НДК№3;№4	Насос дозатор серной кислоты 92% для подкисления теплосети	2
4	НБ№1;№2;3;4	Н-катионированный буферный фильтр	4
5	БДВт/с№1;№2	Бак декарбонизированной воды №1;№2	2
6	НДВ т/с№1;№2;№3	Насос декарбонизированной воды теплосети№1;№2;№3	3
7	13	Пробоотборные точки	10
8	ш	Расходомерные шайбы	12
9	11	воздушники	4
10	12	Вентиль на манометр	13
11	Х210;Х211	регуляторы	2
12	Х	Элетрофецированные задвижки	6
13	Д	дренаж	1
14	СВ	Сырая вода	1
15	Дт/с	Дренаж теплосети	6
16	Дк	Дренаж кислоты	6
17	К	кислота	4
18	Кт/с	Кислота теплосети	3
19	Вт/с	Воздушник теплосети	1

ПРИЛОЖЕНИЕ И

№ п/п	Обозначение	Наименование	Количество
1	Мерник H_2SO_4№1;№2	Бак мерник серной кислоты 92%	2
2	НДК№1;№2	Насос дозатор серной кислоты 92% для регенерации цепочек обессоленной воды	*2*
3	НБ№1;№2;3;4	Н-катионированный буферный фильтр	4
4	БДВт/с№1;№2	Бак декарбонизированной воды №1;№2	2
5	НДВ т/с№1;№2;№3	Насос декарбонизированной воды теплосети№1;№2;№3	3
6	13	Пробоотборные точки	10
7	ш	Расходомерные шайбы	12
8	11	воздушники	4
9	12	Вентиль на манометр	13
10	Х210;Х211	регуляторы	2
11	Х	Элетрофецированные задвижки	6
12	Д	дренаж	1
13	СВ	Сырая вода	1
14	Дт/с	Дренаж теплосети	6
15	Дк	Дренаж кислоты	6
16	К	кислота	4
17	Кт/с	Кислота теплосети	3
18	Вт/с	Воздушник теплосети	1