

Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Промышленная теплоэнергетика  
Специальность 6М071700 - Теплоэнергетика

Допущен к защите

Зав. кафедрой

Мусабеков Т.А.

«    »      2015 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**  
**пояснительная записка**

Тема Исследования и разработка  
технологии подогрева подпиточной  
воды тепловым сетью для ТЭЦ

Магистрант С. Сериков Мамад С. Ш  
подпись (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации Сериков Т.А.  
подпись (Ф.И.О.)

Рецензент Маржаментов Б.А.  
подпись (Ф.И.О.)

Алматы, 2015 г.

Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Теплоэнергетика  
Специальность 6-80-04-00 - Теплоэнергетика  
Кафедра Промышленная теплоэнергетика

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Мамай Ерену Мератуловичу  
(фамилия, имя, отчество)

Тема диссертации Исследование и разработка оптимальных параметров и режимов работы котлов на паровой воде котловых сетей для ТЭС  
утверждена Ученым советом университета №      от «      »

Срок сдачи законченной диссертации «      »

Цель исследования Исследование и разработка оптимальных параметров работы котлов на паровой воде в зависимости от качества и количества воды, особенностей теплового режима работы и состава абразивов в ТЭС

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или краткое содержание магистерской диссертации:

Описание структуры, системы котлов на паровой воде на ТЭС. Исследование и анализ параметров работы котлов и систем котлов на паровой воде на ТЭС в различных режимах. Разработка оптимальных параметров работы котлов на паровой воде при использовании различных систем водоснабжения.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Рекомендуемая основная литература

1. Справочник / Вод. ред. д.т.н., действительного члена академии наук Республики С.Е. Селихова. М.: Вода-Терм, 2007. 240 с.  
 2. Ткаченко-Цирилин Ю.В., Киловский В.П., Туданов А.В. Задача об изотермической кинетике гидролиза карбоната кальция с использованием 1997. 24 с.

ГРАФИК  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Обзор литературы обзорной характером подготовки магистерской работы на ФАС.	30.11.2013 г.	
Изучение качественного состава природной воды на территории ТР использования как исходная вода на ФАС.	20.12.2013 г.	
Разработка наиболее оптимальных систем подготовки магистерской работы для исходных данных источников исходной воды.	14.04.2014 г.	

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) Туданов А.В. (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации \_\_\_\_\_ (подпись) Селихов С.Е. (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ (подпись) Ковалев Е.И. (Ф.И.О.)

Рекомендуемая основная литература

1. Сорокин И. / Заг. ред. д.т.н., действительного члена академии наук.  
 тринин С. Е. Семикова. №: Вода - Жизнь, 2007. - 240 с.  
 2. Третьяков-Иришкин Ю.В., Роговский В.Ф., Туданов А.П. Задача об  
 излучении в пористой среде. Доклады Академии наук СССР №: Диффузия  
 излуч., 1997. - 24 с.

ГРАФИК  
 подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общая характеристика сырьевой структуры и разработки котельной воды на ТЭС.	30.11.2013 г.	
Изучение качественного состава и структуры воды на территории ТЭС используемой как исходная вода на ТЭС.	20.12.2013 г.	
Разработка наиболее оптимальной системы подготовки котельной воды для использования источников сырьевой воды.	14.04.2014 г.	

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись) Туданов Т.А. (Ф.И.О.)

Руководитель диссертации \_\_\_\_\_ (подпись) Семиков С.А. (Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению магистрант \_\_\_\_\_ (подпись) Кочнев Е.И. (Ф.И.О.)

## Аңдатпа

Жылулық желілерінің барлық элементтерінің үнемділігін, экологиялық қауіпсіздігін және жұмыс сенімділігін арттыру үшін ЖЭС қорек суының рационалды су-химиялық шешімін қамтамасыз ету қажет. Магистерлік диссертациясының мақсаты: бастапқы судың сапасына, жылулық жұмыс режимінің ерекшеліктеріне және ЖЭС жабдықтарының құрамына байланысты қорек суын дайындаудың қолайлы технологиялық схемасын әзірлеу және зерттеу. Берілген жұмыста ЖЭС жылулық желілеріне арналған қорек суын дайындау схемасының ең қолайлы схемасының әзірленуі және сынағы сипатталған.

## Аннотация

В целях повышения экономичности, экологичности и надежности работы всех элементов тепловых сетей, необходимо обеспечение рационального водно-химического решения подпиточной воды на ТЭС. Цель магистерской диссертации: исследование и разработка оптимальных технологических схем подготовки подпиточной воды в зависимости от качества исходной воды, особенностей теплового режима работы и состава оборудования ТЭС. В данной работе приведена разработка и пилотное испытание наиболее оптимальной схемы подготовки подпиточной воды для тепловых сетей ТЭС.

## Annotation

In order to improve the efficiency, sustainability and reliability of all the elements of heat networks it is required provide sustainable water-chemical solution make-up water to the power station. The purpose of the master's thesis: research and development of optimal technological schemes of preparation of make-up water, depending on the source water quality, features and thermal regime of the composition of TPP equipment. This paper presents the development and pilot testing of the optimal training schemes make-up water for heating networks TPP.

## Содержание:

- Нормативные ссылки.
- Определения.
- Перечень обозначений и сокращений.
- Введение.
- 1. Общие сведения о системах подготовки подпиточной воды на ТЭЦ.
  - 1.1. Нормируемые показатели качества подпиточной и сетевой воды.
  - 1.2. Существующие методы подготовки подпиточной воды.
    - 1.2.1. Натрий катионирование.
    - 1.2.2. Подкисление.
    - 1.2.3. Комплексонная обработка подпиточной воды.
  - 1.3. Недостатки существующих методов подготовки подпиточной воды.
- 2. Обследование и анализ источников водоснабжения и систем подготовки подпиточной воды на ТЭЦ в Республике Казахстан.
  - 2.1. Изучения качественного состава природных вод на территории Республики Казахстан используемых в качестве исходной воды на ТЭС.
  - 2.2. Технологические схемы подготовки подпиточной воды на примере Алматинской ТЭЦ-2 и Карагандинской ТЭЦ-3.
    - 2.2.1. Алматинская ТЭЦ-2.
    - 2.2.2. Карагандинская ТЭЦ-3.
    - 2.2.3. Выводы.
- 3. Разработка оптимальных технологических схем для подготовки воды при использовании различных систем водоснабжения.
  - 3.1. Пилотные испытания по подготовке подпиточной воды на экспериментальной установке
  - 3.2. Схемы подготовки подпиточной воды (комбинированные методы).
- Заключение.
- Список используемой литературы.



## Введение

Долгое время, до бурного развития промышленности, водоподготовка не считалась отраслью техники, а тем более отраслью химической технологии. Использовались примитивные методы подготовки воды, главным образом для обеззараживания и для устранения инфекций. История водоподготовки – это история оборудования, приспособлений и технологий для подготовки и очистки воды известных химических процессов и технологий, нашедших или находящих свое применение.

Водоподготовка для питьевого и промышленного водоснабжения принципиально отличается от других способов подготовки воды, потому что в этих отраслях подготовка проходит в оборудовании вмещающих большой объем воды, а вода при большом объеме имеет малое количество примесей. В таких методах используется технология «тонких» методов обработки воды.

В качестве исходной воды для водоснабжения энергетических объектов в основном используется природная вода, которая делится на два типа: поверхностная (реки, озера, моря, прочие водоемы), подземная (из артезианских скважин). В некоторых регионах страны имеет место отсутствие или недостаточное количество источников природных вод, а также строгие предписания по охране природных водоемов, в связи с этим энергообъекты используют воду циркуляционных систем предприятий и слабозагрязненные сточные воды. Вода из разных источников имеет различные примеси. Природная вода получает примеси в ходе естественного круговорота, также она может иметь в составе примеси полученные от бытовых отходов.

**Актуальность.** При разработке системы подготовки подпиточной воды на промышленных объектах, таких как ТЭС, ТЭЦ, ГРЭС, КЭС и т.д., ставится задача по повышению экономичности, экологичности и надежности работы всех элементов тепловых сетей. Основными проблемами водно-химического режима тепловых сетей являются: наличие отложений в сетевых подогревателях, тепловых магистралях, коррозия металла оборудования, что приводит к снижению температуры сетевой воды, производительности установок, увеличению расхода топлива, а также к снижению надежности работы оборудования.

К сожалению, существующие решения не дают в полной мере желаемого результата.

Исходя из этого, целью магистерской диссертации является исследование и разработка оптимальных технологических схем подготовки подпиточной воды в зависимости от качества исходной воды, особенностей теплового режима работы и состава оборудования ТЭС.

Для решения поставленных целей выполняются следующие задачи:

1. Изучение качественного состава природных вод на территории РК используемых как исходная вода на ТЭС;
2. Разработка наиболее оптимальных систем подготовки подпиточной воды для используемых источников исходной воды;
3. Разработка режимной карты для систем подготовки подпиточной воды на примере ТЭЦ-2.

## 1. Общие сведения о системах подготовки подпиточной воды на ТЭЦ

Задачей подготовки подпиточной воды теплосети является приведение физико-химических показателей исходной воды к уровню, удовлетворяющему требованиям ПТЭ.

Обработку исходной воды можно разделить на три основные стадии:

1. предочистка,
2. снижение жесткости (умягчение) и/или щелочности воды,
3. деаэрация воды.

Показатели качества обработанной воды должны отвечать требованиям указанным в «Правилах технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Казахстан». Нормируемые показатели качества подпиточной и сетевой воды указаны в разделе 1.1.

### 1.1. Нормируемые показатели качества подпиточной и сетевой воды.

Качество воды для подпитки тепловых сетей должно удовлетворять следующим нормам:

Содержание свободной угольной кислоты	0
Значение рН для систем теплоснабжения	
открытых	8,3-9,0 <sup>1</sup>
закрытых	8,3-9,5 <sup>1</sup>
Содержание растворенного кислорода, мкг/дм <sup>3</sup> , не более	50
Количество взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup> , не более	5
Содержание нефтепродуктов. Мг/дм <sup>3</sup> , не более	0,3

Карбонатный индекс<sup>2</sup>  $I_k$  должен быть не выше значений, приведенных в таблице.

<sup>1</sup>Верхний предел значения рН допускается при глубоком умягчении воды, либо для систем, обеспечивающих подпитку открытых систем теплоснабжения дистиллятом опреснительных установок, нижний – с разрешения вышестоящей организации энергосистемы или специализированной технической организации, определенной центральным органом и может корректироваться в зависимости от интенсивности коррозионных явлений в оборудовании и трубопроводах систем теплоснабжения. Для закрытых систем теплоснабжения верхний предел значения рН допускается не более 10,5 при одновременном уменьшении значения карбонатного индекса до 0,1 (мг-экв/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup>, нижний предел может корректироваться в зависимости от коррозионных явлений в оборудовании и трубопроводах систем теплоснабжения.

<sup>2</sup>Карбонатный индекс  $I_k$  – предельное значение произведения общей щелочности и кальциевой жесткости воды (мг\*экв/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup>, выше которого протекает карбонатное накипеобразование с интенсивностью более 0,1 г/(м<sup>2</sup>\*ч).

**Таблица – 1.1.1.** Нормативные значения  $I_k$  воды для подпитки тепловых сетей.

Тип оборудования	Температура нагрева сетевой воды, °С	$I_k$ (мг-экв/дм <sup>3</sup> ) для системы теплоснабжения	
		Открытой	Закрытой
Водогрейные котлы,	70-100	3,2	3,0
	101-120	2,0	1,8



установленные на электростанциях и в котельных*	121-130	1,5	1,2
	131-140	1,2	1,0
	141-150	0,8	0,5
Сетевые подогреватели	70-100	4,0	3,5
	101-120	3,0	2,5
	121-140	2,5	2,0
	141-150	2,0	2,0
	151-200	1,0	0,5

\*Качество подпиточной и сетевой воды водогрейных котлов, установленных в промышленных котельных, принимается по ОСТ 108.030.47-81.

Качество подпиточной воды открытых систем теплоснабжения (с непосредственным водоразбором) должно удовлетворять также требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством».

При силикатной обработке подпиточной воды предельная концентрация кальция должна определяться с учетом суммарной концентрации не только сульфатов (для предотвращения выпадения  $(CaSO_4)$ ), но и кремниевой кислоты (для предотвращения выпадения  $(CaSiO_3)$ ) для заданной температуры нагрева сетевой воды с учетом ее превышения в пристенном слое труб котла на  $40^{\circ}C$ .

При применении комплексной обработки воды (ОЭДФ, цинковая соль ОЭДФ, ИОМС) обработка подпиточной воды должна вестись согласно норм, утвержденных руководством вышестоящей организации.

Непосредственная присадка гидразина и других токсичных веществ в подпиточную воду тепловых сетей воду запрещается.

**Таблица – 1.1.2. Нормируемые показатели качества сетевой воды**

Содержание свободной угольной кислоты	0
Значение рН для систем теплоснабжения открытых закрытых	8,3- 9,0 <sup>1</sup>
	8,3- 9,5 <sup>1</sup>
Содержание соединений железа, мг/дм <sup>3</sup> , не более, для систем теплоснабжения: открытых закрытых	0,3 <sup>2</sup>
	0,5
Содержание растворенного кислорода, мкг/дм <sup>3</sup> , не более	50
Количество взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup> , не более	5
Содержание нефтепродуктов, мг/дм <sup>3</sup> , не более, для систем теплоснабжения: открытых закрытых	0,1
	1
<sup>1</sup> Верхний предел допускается при глубоком умягчении воды или для схем, обеспечивающих подпитку открытых систем теплоснабжения дистиллятом опреснительных установок. Для закрытых систем теплоснабжения верхний предел значения рН допускается не более 10,5 (при согласовании с вышестоящей организацией или специализированной технической организацией, определенной	

центральным органом) при одновременном уменьшении значения карбонатного индекса до 0,1 (мг-экв/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup>, нижний предел может корректироваться в зависимости от коррозионных явлений в оборудовании и трубопроводах систем теплоснабжения.

<sup>2</sup>По согласованию с санитарными органами допускается 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

В начале отопительного сезона и в послеремонтный период допускается превышение норм в течение 4 нед для закрытых систем теплоснабжения и 2 нед для открытых систем по содержанию соединений железа – до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>, растворенного кислорода – до 30 мкг/дм<sup>3</sup> взвешенных веществ – до 15 мг/дм<sup>3</sup>.

Карбонатный индекс  $I_k$  должен быть не выше значений, приведенных в таблице.

**Таблица – 1.1.3. Нормативные значения  $I_k$  сетевой воды\***

Тип оборудования	Температура нагрева сетевой воды, °С	$I_k$ , (мг-экв/дм <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Водогрейные котлы, установленные на электростанциях и в котельных*	70-100	3,3
	101-120	2,0
	121-130	1,5
	131-140	1,2
	141-150	0,8
Сетевые подогреватели	70-100	4,0
	101-120	3,0
	121-140	2,5
	141-150	2,0
	151-200	1,0
*При подпитке теплосети натрий-катионированной водой значение $I_k$ не должно превышать 0,5 (мг-экв/дм <sup>3</sup> ) <sup>2</sup> для температур нагрева сетевой воды 121-150°С и 1,0 (мг-экв/дм <sup>3</sup> ) <sup>2</sup> для температур 70-120.		

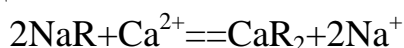
По окончании отопительного сезона или при останове водогрейные котлы и теплосети должны быть законсервированы.

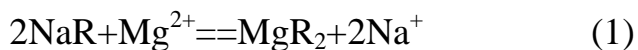
## **1.2. Существующие методы подготовки подпиточной воды для тепловой сети**

На сегодняшний день на тепловых станциях для подготовки подпиточной воды для тепловых сетей применяются следующие методы: натрий катионирование, комплексонная обработка, подкисление и комбинированные методы обработки воды.

### **1.2.1. Натрий катионирование**

Na-катионирование воды должно обеспечить замену содержащихся в воде катионов на ионы натрия. При обработке природных вод Na-катионирование служит в основном для умягчения воды, т.е. удаления из нее ионов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ . Реакции обмена катионов в этом случае могут быть записаны:





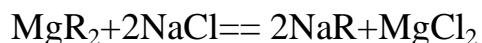
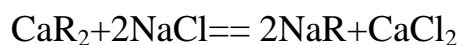
Здесь R-фиксированные ионы катионита, которые принято считать одновалентными.

Ионный обмен представляет собой стехиометрический процесс, поэтому на каждый эквивалент иона, поглощенного из раствора, ионит отдает в раствор один эквивалент другого иона того же знака. При Na-катионировании жесткой воды на каждый эквивалент поглощенных из раствора ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в раствор поступает один эквивалент ионов  $\text{Na}^+$ . Общая концентрация катионов в растворе, выраженная в миллиграмм-эквивалентах на 1 л (или мкг-экв/л), при этом не изменяется. Если иметь в виду массовую концентрацию катионов (мг/л или мкг/л), то при Na-катионировании она всегда увеличивается, так как эквивалентная масса иона натрия (23) больше эквивалентных масс ионов кальция (20) и магния (12). Зная концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в исходной воде, легко подсчитать изменение общей массовой концентрации катионов в процессе Na-катионирования воды.

Концентрация каждого из присутствующих в растворе анионов, так же как и их суммарная концентрация, в процессе Na-катионирования остается постоянной, поскольку анионы не могут участвовать в ионном обмене на катионите. Отсюда следует, что общая щелочность воды и отдельные ее формы в процессе Na-катионирования не изменяются. Общее солесодержание, выраженное в массовых единицах, возрастает тем больше, чем больше доля магния в общей жесткости исходной воды. Общее солесодержание при условии, что концентрации всех ионов выражены в миллиграмм-эквивалент на 1 л (или мкг-экв/л), сохраняются постоянным. Значения жесткости Na-катионирования воды определяются условиями регенерации катионита.

Возможность регенерации катионита, т.е. перевода его в исходную ионную форму, обуславливается обратимостью реакций ионного обмена. В то время, как процесс Na-катионирования воды соответствует протеканию реакций (1) в направлении слева направо, процесс регенерации Na-катионита отвечает протеканию этих же реакций в обратном направлении. Из уравнения (1) видно, что для получения катионита в Na-форме необходимо, чтобы отработанный ионит контактировал с раствором какого-либо соединения натрия. При выборе конкретного реагента следует учитывать растворимость образующихся продуктов регенерации. С этой позиции нельзя считать пригодным для регенерации истощенного катионита едкий натр, поскольку вытесняемые из катионита ионы  $\text{Mg}^{2+}$  образуют с ионами  $\text{OH}^-$  труднорастворимую гидроксид магния  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , которая, осаждаясь на зернах катионита, не удаляется из фильтрующего слоя вместе с регенерационным раствором. Из числа реагентов, дающих хорошо растворимые продукты регенерации, выбирают наиболее дешевый и недефицитный продукт. Всем

перечисленным выше требованиям отвечает техническая поваренная соль, поэтому ее и применяют на Na-катионитных установках. Реакции регенерации катионита раствором хлорида натрия в молекулярной форме могут быть записаны так:



Обычно при регенерации промышленных ионитных фильтров не ставится задача осуществления полной регенерации, которая подразумевает замену всех противоионов ионита на ионы его исходной формы. Для полной регенерации требуется расходовать регенерирующий реагент с весьма большим избытком по сравнению с фактически потребляемым количеством и применять не технические, а химически чистые реагенты. Стоимость и дефицитность реагентов квалификации «х.ч.» значительно выше, чем технических продуктов. Поэтому, полная регенерация ионитов обходится очень дорого.

В ионитных фильтрах насыпного типа очистка воды, в том числе и Na-катионирование, всегда проводится на неполностью регенерированных ионитах. Количественной мерой неполноты регенерации является *степень регенерации*, под которой понимают отношение разности между полной обменной емкостью слоя ионита  $E_{\text{п}}^{\text{сл}}$  и количеством оставшихся после регенерации ионов  $q_{\text{ост}}$  к полной обменной емкости слоя:

$$\text{Степень регенерации} = (E_{\text{п}}^{\text{сл}} - q_{\text{ост}}) / E_{\text{п}}^{\text{сл}} = 1 - q_{\text{ост}} / E_{\text{п}}^{\text{сл}}$$

При полной регенерации, когда  $q_{\text{ост}} = 0$ , степень регенерации равна единице, во всех остальных случаях она меньше единицы.

Степень регенерации слоя Na-катионита зависит от содержания в растворе поваренной соли посторонних катионов (в основном  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ ), концентрации и расхода регенерирующего раствора. При весьма большом расходе регенерирующего раствора постоянного состава в системе катионит-регенерирующий раствор устанавливается равновесие. При этом распределение остающихся в катионите ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  по всей высоте слоя получается одинаковым. Чем больше в поваренной соли кальция и магния, тем выше их концентрация в отрегенированном катионите, и следовательно, тем больше остаточная жесткость фильтрата в последующем цикле Na-катионирования воды.

В зависимости от требований к остаточной жесткости Na-катионированной воды выбирают тот или иной сорт поваренной соли. Чтобы получить воду с остаточной жесткостью менее 0,02 мг-экв/л, нужно применять соль с содержанием примесей  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  не выше 0,1 %.

Обычно в целях экономии соли не добиваются установления равновесия всего объема катионита, находящегося в колонне, с исходным раствором NaCl и ограничиваются пропуском меньших количеств регенерационного раствора.



Поскольку при ограниченном расходе соли оставшиеся после регенерации ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  по высоте слоя располагаются неравномерно, в последующем рабочем цикле количество фильтрата получается непостоянным. Характер изменения остаточной жесткости Na-катионированной воды зависит при этом от направления движения воды по отношению к направлению движения регенерационного раствора. Когда направление движения потоков воды и регенерационного раствора совпадают, регенерацию называют *прямоточной*. Когда направления движения потоков воды и регенерационного раствора противоположны друг другу, регенерацию называют *противоточной*. Независимо от того, как подается вода, снизу или сверху, в случае прямоточной регенерации при движении через катионит вода сначала контактирует со слоями, где количество оставшихся после регенерации ионов  $q_{\text{ост}}$  минимально, а затем со слоями, где количество оставшихся после регенерации ионов  $q_{\text{ост}}$  постепенно увеличивается. В указанных условиях при установлении (в последних по ходу раствора слоях) новых равновесных соотношений между твердой фазой и раствором происходит переход ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из катионита в раствор. Результатом этого является изменение остаточной жесткости фильтрата на протяжении рабочего цикла фильтра. Наибольшая в начале рабочего цикла остаточная жесткость фильтрата постепенно снижается, некоторое время держится постоянной и в конце цикла (при наступлении проскока) резко возрастает. В случае противоточной регенерации вода, проходя через катионит, контактирует сначала со слоями, где количество оставшихся после регенерации ионов  $q_{\text{ост}}$  постепенно уменьшается, а затем со слоями, где количество оставшихся после регенерации ионов  $q_{\text{ост}}$  сохраняет постоянное значение. Благодаря этому остаточная жесткость фильтрата на протяжении большей части рабочего цикла остается постоянной.

Средняя за рабочий цикл остаточная жесткость Na-катионированной воды зависит при прочих равных условиях (одинаковом составе исходной воды, качестве регенерационного раствора) от удельного расхода соли на регенерацию. Когда удельные расходы поваренной соли NaCl одинаковы, средняя остаточная жесткость при противоточной регенерации получается меньше, чем при прямоточной. Удельный расход хлорида натрия NaCl выражают, указывая количество граммов или грамм-эквивалентов NaCl, которое фактически расходуется на удаление из катионита 1 г-экв ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Теоретический удельный расход NaCl поваренной соли соответствует стехиометрическим соотношениям обмена ионов по реакциям (1), в эквивалентных единицах он составляет 1 г-экв/г-экв, в массовых единицах 58,5 г/г-экв. Способ выражения удельных расходов соли в эквивалентных единицах дает наглядное представление об экономичности регенерации. Сравнивая в этих единицах фактические и теоретические удельные расходы, не приходится

прибегать к каким-либо пересчетам, чтобы оценить избыток расходуемого реагента.

Для определения удельного расхода  $\text{NaCl}$  необходимо знать общий расход 100 %-ной поваренной соли на регенерацию  $A_{\text{NaCl}}$ , рабочую обменную емкость катионита  $E_p$  и объем регенерируемого слоя катионита  $V_{\text{кат}}$ :

$$a_{\text{NaCl}} = A_{\text{NaCl}} / E_p V_{\text{кат}}, \text{ г-ЭКВ/г-ЭКВ или г/г-ЭКВ.}$$

Иногда удельный расход поваренной соли выражают количеством килограмм  $\text{NaCl}$ , затраченных на регенерацию 1 м<sup>3</sup> катионита.

Окончанием рабочего цикла фильтра при Na-катионировании считается момент, когда остаточная жесткость фильтрата возрастает до максимально допустимого значения или когда наступает проскок жесткости. Значение допустимой жесткости  $J_{\text{доп}}$  определяется требованиями, предъявляемыми к качеству умягченной воды.

Рабочая обменная емкость всего объема катионита численно равна произведению  $Q_{\text{раб}}(J_0^{\text{исх}} - J_{\text{ост}}^{\text{сред}})$ , выраженному в грамм-эквивалентах. Рабочую обменную емкость катионита определяют по отношению к единице объема фильтрующего материала. Расчет обычно проводят по формуле:

$$E_p = Q_{\text{раб}} J_0^{\text{исх}} / V_{\text{кат}}, \text{ г-ЭКВ/м}^3, \text{ пренебрегая остаточной жесткостью фильтрата, так как } J_{\text{ост}} \ll J_0^{\text{исх}},$$

в которой  $J_0^{\text{исх}}$  – общая жесткость исходной воды, мг-ЭКВ/л;  $Q_{\text{раб}}$  – количество воды, пропущенной через катионит за рабочий цикл, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{кат}}$  – насыпной объем катионита, м<sup>3</sup>.

При ограниченном расходе соли на регенерацию катионита степень его регенерации, а следовательно, и рабочая обменная емкость зависят от концентрации регенерационного раствора хлорида натрия. Оптимальной концентрацией раствора хлорида натрия обычно считают концентрацию 6-8 %.

При одинаковой степени регенерации катионита эффект умягчения воды при Na-катионировании получается разным в зависимости от общего солесодержания исходной воды (чем выше общее солесодержание воды, тем больше остаточная жесткость фильтрата).

Принципиально повышения степени регенерации Na-катионита возможно добиваться увеличением удельных расходов хлорида натрия и уменьшением содержания примесей  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в исходном солевом растворе. При условии использования дешевой технической поваренной соли практически возможным остается первый путь. Наиболее рациональной в экономическом отношении оказалась его реализация в схеме многоступенчатого Na-катионирования. Первоначально такую схему применяли для умягчения лишь высокоминерализованных вод, позже двухступенчатое Na-катионирование стали использовать во всех случаях, когда требовалось получить глубоко-умягченную воду.

Сущность двухступенчатого Na-катионирования воды состоит в следующем. Вода проходит последовательно через два слоя катионита, регенерация которых проводится с различными удельными расходами хлорида натрия. Первый по ходу воды слой (1-вая ступень) регенерируется с небольшими удельными расходами, поэтому степень регенерации этого слоя невелика. Второй по ходу воды слой катионита (2-рая ступень) регенерируется с весьма большими удельными расходами хлорида натрия, поэтому количество оставшихся в нем ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  существенно меньше, чем в первой ступени. Оно определяется в основном содержанием примесей  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в поваренной соли.

Оставшиеся после регенерации ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в слоях катионита первой и второй ступеней распределяются неодинаково.

Вследствие высокой степени регенерации слоя катионита, находящегося во второй ступени, и равномерного распределения в нем остаточных концентраций ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  качество Na-катионированной воды на выходе на второй ступени характеризуется ничтожно малой остаточной жесткостью на протяжении всего рабочего цикла. При обработке вод с общим солесодержанием менее 500 мг/л остаточная жесткость после второй ступени находится на пределе чувствительности обычно применяемого метода анализа, а именно <2 мкг-экв/кг. Из-за невысокой степени регенерации катионита в первой ступени глубокого умягчения воды на этой ступени катионирования не достигается (остаточная жесткость составляет 20-100 мкг-экв/л). Но при наличии двух ступеней катионирования этого и не требуется, поскольку вода после первой ступени не является готовым продуктом. Первая ступень предназначена для удаления основного количества ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , содержащихся в обрабатываемой воде. Получение глубоко-умягченной воды в двухступенчатой схеме обеспечивает вторая ступень.

В схеме двухступенчатого катионирования слои катионита первой и второй ступеней размещаются в разных аппаратах. Вода, выходящая из первой ступени, по отношению ко второй ступени является исходной. По сравнению с исходной водой, поступающей на первую ступень, она имеет очень небольшую жесткость при одинаковом общем солесодержании, выраженном в миллиграмм-эквивалентах на 1 л. Из-за существенного различия жесткости воды, поступающей на Na-катионитные фильтры первой и второй ступеней, продолжительность их рабочих циклов заметно различается. Чтобы сократить затраты на оборудование, схему двухступенчатого Na-катионирования обычно строят секционированной. При секционном способе включения аппаратов, когда подвод и отвод воды из каждой ступени ионирования осуществляются через общие коллекторы, есть возможность выключать фильтры из работы и проводить их регенерацию вне зависимости от работы других фильтров.

Принцип секционного построения схемы позволяет иметь на второй ступени Na-катионирования меньшее число аппаратов, одновременно сокращая в них общий объем катионита. Когда фильтры включены по блочному принципу, каждому аппарату первой ступени соответствует свой фильтр второй ступени, число катионитных фильтров на установке при этом удваивается. При регенерации одного из фильтров блочной схемы должны выключаться из работы все другие фильтры, включенные с регенерируемым в одну «цепочку».

Регенерацию катионита в обоих ступенях при Na-катионировании, как правило, осуществляют прямотоком. Фильтры первой ступени отключают на регенерацию, когда остаточная жесткость фильтрата достигает определенного значения (обычно 0,2-0,4 мг-экв/кг, а иногда и выше). Фильтры второй ступени отключают на регенерацию, не дожидаясь проскока жесткости, а несколько раньше, с тем чтобы исключить кратковременное увеличение остаточной жесткости фильтрата при наступлении момента проскока. Окончание рабочего цикла Na-катионитных фильтров второй ступени определяют расчетным путем, вычисляя количество воды, которое может быть умягчено до проскока жесткости. Для выполнения такого расчета необходимо знать среднюю остаточную жесткость воды после первой ступени катионирования, объем и рабочую обменную емкость катионита, загруженного в фильтры второй ступени.

Размеры и число катионитных фильтров первой ступени согласно нормам технологического проектирования ТЭС выбирают таким образом, чтобы при максимальном солесодержании исходной воды и останове на ремонт одного фильтра расчетное число регенераций каждого фильтра было не более трех и не менее одного раза в сутки. Скорость фильтрования воды в фильтрах первой ступени составляет 20-30 м/ч, а в фильтрах второй ступени не более 50 м/ч; минимальная высота слоя катионита – не менее 1,0 м. Межрегенерационный период для фильтров первой ступени укладывается обычно в пределы от 8 до 24 ч; рабочие циклы Na-катионитных фильтров второй ступени продолжаются до 100 часов и более. Если подсчитать общий расход поваренной соли на регенерацию всех фильтров двух Na-катионитных установок, одна из которых работает по схеме одноступенчатого, а вторая – по схеме двухступенчатого катионирования, то при одинаковых производительности и составе исходной и обработанной воды затраты на соль на первой установке окажутся значительно большими. Более высокая экономичность работы установок двухступенчатого Na-катионирования воды обусловлена тем, что дополнительные затраты соли на регенерации фильтров второй ступени с избытком компенсируются экономией соли на первой ступени, где регенерации производятся практически так же часто, как и в схеме



с одной ступенью катионирования, но с гораздо меньшими удельными расходами.

При наличии двух ступеней есть также возможность экономить соль, повторно используя отработанный регенерационный раствор с фильтров второй ступени для регенерации фильтров первой ступени. Количество соли, идущей на сброс, при этом заметно уменьшается. На установках с одной ступенью отработанные растворы хлорида натрия выбрасываются вместе с другими стоками водоочистки. Абсолютный удельный расход хлорида натрия зависит от общего солесодержания обрабатываемой воды и природы используемого катионита.

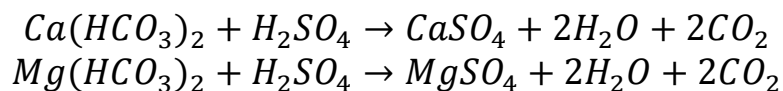
Технология регенерации Na-катионитных фильтров кроме основной операции – пропуска через слой катионита раствора хлорида натрия – предусматривает выполнение других вспомогательных операций. В фильтрах насыпного типа с прямоточной регенерацией перед пропуском раствора хлорида натрия выполняют операцию, называемую *взрыхлением*. Цель взрыхления – устранить уплотненность фильтрующего слоя и удалить накопившиеся в слое катионита пылевидные частицы. Уплотнение слоя в процессе истощения катионита обуславливается изменением степени набухания зерен в связи с изменением ионной формы катионита. Накопление пылевидных частиц связано с постепенным истиранием зерен ионообменного материала, а также с поступлением грубодисперсных примесей с недостаточно осветленной исходной водой и регенерационным раствором соли. Взрыхление осуществляется восходящим током воды со скоростью, которая обеспечивает получение взвешенного слоя. Когда вода на выходе из фильтра становится прозрачной, подачу взрыхляющей воды прекращают. Оседающие в неподвижной жидкости зерна катионита образуют весьма рыхлый слой. После взрыхления проводится регенерация.

Завершающая операция называется *отмывкой*. Она предназначена для удаления из фильтра и слоя катионита оставшегося там солевого раствора. Отмывку ведут обычно исходной водой, используемой в рабочем процессе, но при меньшей скорости фильтрования (5-8 м/ч). Окончанием отмывки считается момент, когда жесткость и концентрация хлоридов в сбрасываемой воде снижается до заданного предела. Общая продолжительность всех операций при регенерации Na-катионитного фильтра составляет 1,5-2 часа.

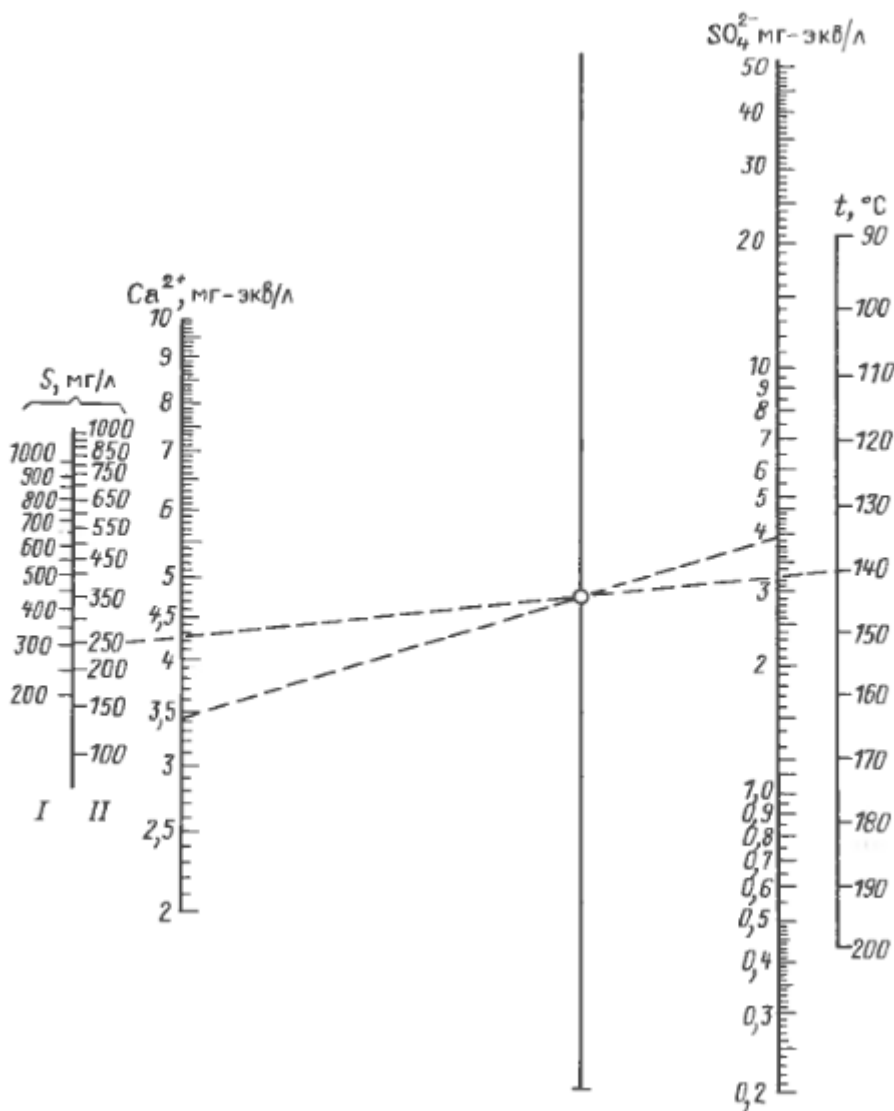
### 1.2.2. Подкисление

Закон об окружающей среде требует предусматривать защиту водоемов от стоков водоподготовки. Поэтому следует выбирать схему подготовки воды с минимальным или с полным отсутствием стоков в природные водоемы. Схема подкисления воды с последующей декарбонизацией и деаэрацией воды

практически не имеет сбросных вод. Метод подкисления воды с помощью серной кислоты разрушает карбонатную жесткость воды до значения <0,7 мг-экв/л и переводит ее в некарбонатную жесткость:



Из разрушенной карбонатной жесткости образуется углекислота, которую можно удалить с помощью декарбонизатора и понизить концентрацию до 3-5 мг/л и полностью в деаэраторах с барботажем. При подкислении с помощью серной кислоты в обрабатываемой воде увеличивается содержание сульфат-иона и может возникнуть опасность выпадения гипса  $\text{CaSO}_4$ . Чтобы провести правильную оценку возможности применения подкисления следует воспользоваться специальной номограммой на рисунке 1.2.2.



**Рисунок-1.2.2.** Номограмма по определению стабильности воды по  $\text{CaSO}_4$

С помощью номограммы на рисунке 1 определяется допустимое содержание сульфат-иона по содержанию кальция в обрабатываемой воде (мг-

экв/л), солесодержанию и максимальной температуре подогрева сетевой воды от 90 до 200 °С. Определение ведется в следующем порядке: солесодержание берется по одной из совмещенных шкал; I–шкала соответствует солесодержанию, в котором (по массе) одновалентных ионов 50%; II–шкала соответствует солесодержанию, в котором масса одновалентных ионов составляет 10% общего солесодержания. Зная температуру подогрева воды (принимают с запасом 5-10 °С), соединяют прямой найденные точки S и T. Точку соответствующую содержанию  $Ca^{2+}$  в обрабатываемой воде, соединяют с точкой пересечения первой прямой со средней вспомогательной осью и продолжают до пересечения со шкалой  $SO_4^{2-}$ . Найденная точка на шкале  $SO_4^{2-}$  и будет допустимым содержанием сульфатов в подпиточной воде  $(SO_4^{2-})_{доп.}$ . Фактическая концентрация иона  $SO_4^{2-}$  в подпиточной воде определится из уравнения

$$(SO_4^{2-})_{о.в.} = (SO_4^{2-})_{и.в.} + (HCO_3^-)_{и.в.} - (HCO_3^-)_{ост}$$

где индекс «о.в.» означает обработанную воду, «и.в.» - исходную воду, «ост» - остаточную щелочность, принимается согласно норме - 0,7 мг-экв/л.

Если  $(SO_4^{2-})_{доп} > (SO_4)_{о.в.}$ , схема подкисления серной кислотой возможна (в расчете надо принимать максимальные концентрации в исходной воде). Если  $(SO_4^{2-})_{доп} < (SO_4)_{о.в.}$ , схема подкисления серной кислотой недопустима: можно для подкисления применить соляную кислоту или использовать другую схему обработки воды. Возможно применение умягчения части подкисленной воды на Na-катионитных фильтрах.

Доза кислоты при подкислении определяется из уравнения

$$D_{H_2SO_4} = 49[(HCO_3^-)_{исх} - (HCO_3^-)_{ост}]/10pc$$

где  $D_{H_2SO_4}$  - доза серной кислоты, л/м<sup>3</sup>; 49 - эквивалентная масса серной кислоты;  $p$  - плотность кислоты, кг/л;  $c$  - концентрация  $H_2SO_4$ , %.

Для устранения попадания кислой воды в сеть в схеме имеется буферный фильтр (скорость фильтрования до 50 м/ч), который периодически (периоды устанавливаются при наладке) «регенерируют» пропуском исходной воды до получения одинаковой жесткости на входе и выходе из фильтра. Подкисление ведут серной кислотой. Подача кислоты регулируется автоматически пропорционально расходу обрабатываемой воды, желательно с корректировкой по pH подкисленной воды.

### 1.2.3.Комплексонная обработка подпиточной воды

На данный момент широкое распространение получают способы реагентной - комплексонатной водоподготовки подпиточной и сетевой воды водогрейных котлов и систем теплоснабжения, что может быть эффективной альтернативой стандартной водоподготовке - умягчению воды с использованием Na или H-катионированием и её деаэрации.

Применение комплексонатного способа водоподготовки позволяет:

1. Снизить стоимость подготовки подпиточной воды при улучшении технологических характеристик теплоносителя, по сравнению с ее умягчением и деаэрацией;
2. Уменьшить коррозию металла внутренних поверхностей систем теплоснабжения;
3. Устранить образование накипи, способствовать отмывке имеющихся на поверхностях систем теплоснабжения накипи и отложений;
4. Обеспечить соблюдение требований нормативной документации к оборудованию, объему химического контроля оснащению лабораторий, ведению эксплуатационной документации.

Применение комплексонатов позволяет обеспечить надежность, безопасность и экономичность эксплуатации систем теплоснабжения. Эти комплексонаты являются ингибиторами как накипеобразования, так и коррозии.

Комплексонаты - реагенты, применение которых для обработки подпиточной и сетевой воды котлов, систем теплоснабжения предотвращает коррозионное повреждение металла и накипеобразование на поверхностях нагрева.

Доза комплексоната - необходимая и достаточная концентрация реагента в подпиточной и сетевой воде системы теплоснабжения, водогрейных котлов, определяемая по результатам лабораторных исследований для максимально полного подавления накипеобразования и коррозии и (или) отмывки ранее образовавшихся отложений и накипи.

**Общие сведения о комплексонатах.** В настоящее время производится большое разнообразие комплексонатов, применение которых зависит от технологических особенностей схемы, температуры подогрева и качества исходной и обработанной воды. Как указано выше, для подготовки подпиточной воды тепловых сетей на теплоисточниках ГКП «Костанайскаятеплоэнергетическая Компания» применяется коррекционная обработка подпиточной воды ингибитором ИОМС-1, основные свойства которого приведены в табл. 1.2.3.1.

**Таблица-1.2.3.1.** Физико-химические показатели реагента ИОМС-1

№	Наименование показателя	ТУ 2415-124-16670872-96
1	Внешний вид	Однородная жидкость от желто-зеленого до коричневого цвета
2	Массовая доля основного вещества, %, не менее	25



3	Массовая доля свободного формальдегида, %, не более	0,05
4	рН, в пределах	5,5 – 7,5
5	Эффективность ингибирования по сульфату кальция, %, не менее	90
6	Эффективность ингибирования по карбонату кальция, %, не менее	90
7	Массовая доля фосфатов, (PO <sub>4</sub> ), %, не более	1,8

С целью выбора наиболее эффективного ингибитора накипеобразования и коррозии были исследованы реагенты ИОМС-1, ОЭДФ-Zn, СК-110 и проведено сравнение их свойств.

**Реагент СК-110** имеет санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.04.515.Д.000.799.02.01 от 19.02.2001 г. на применение в тепловых сетях открытого водоразбора, технологический регламент на технологию применения реагентов в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения и технические условия на реагент (ТУ – 245830-33912561-97).

Реагент СК-110 представляет собой композицию на основе оксиэтилендифосфоновой кислоты, и низкомолекулярного полиакрилата в определенном соотношении. Реагент СК-110 предназначен для коррекционной обработки воды в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения с целью предупреждения образования накипи на поверхностях нагрева в водогрейных котлах и бойлерах, а также для снижения загрязненности внутренних поверхностей стенок трубопроводов и оборудования в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения. Физико-химические показатели реагента СК-110 приведены в таблице 1.2.3.2.

**Таблица - 1.2.3.2. Физико-химические показатели реагента СК-110**

№	Наименование показателя	Норма
1	Внешний вид	Прозрачная жидкость без сгустков и механических включений желтого или коричневого цвета
2	Массовая доля основного вещества, %, не менее	35
3	рН, не ниже	2,0
4	Удельная масса, кг/дм <sup>3</sup> , в пределах	1,26 – 1,33
5	Тест стабилизации раствора карбоната кальция, %, не менее	92

Реагент СК-110 не горюч, пожаро- и взрывобезопасен. По степени воздействия на организм продукт в концентрированном виде умеренно опасен, 2 класс опасности по ГОСТ 12.1.007-88. ПДК в воде систем горячего водоснабжения (открытых систем теплоснабжения) не более 3,5 мг/дм<sup>3</sup>.

**Цинковый комплекс ОЭДФ (ОЭДФ-цинк)** имеет санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.243.Д.006947.12.04 от 10.12.2004 г. на применение в тепловых сетях открытого водоразбора, технологический регламент на технологию применения реагентов в системах теплоснабжения и

горячего водоснабжения и технические условия на реагент (ТУ – 2439-001-24210860-97).

ОЭДФ-цинк представляет собой цинковый комплекс оксиэтилендифосфоновой кислоты. Реагент ОЭДФ-цинк предназначен для коррекционной обработки воды в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения, водоохлаждающих оборотных системах и системах пароснабжения с целью предупреждения образования накипи и замедления коррозии. Физико-химические показатели ОЭДФ-цинк приведены в таблице 1.2.3.3.

**Таблица – 1.2.3.3. Физико-химические показатели ОЭДФ-цинк**

№	Наименование показателя	Норма ТУ
1	Внешний вид	Жидкость светло-желто-зеленого цвета
2	Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1,2 – 1,3
3	Массовая доля цинка, %	4,8 – 5,3
4	pH	8 – 10
5	Содержание основного вещества, %	Не нормируется

Реагент ОЭДФ-цинк не горючий, не взрывоопасный, 4 класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88. ПДК в воде систем горячего водоснабжения (открытых систем теплоснабжения) не более 5 мг/дм<sup>3</sup>.

Доза комплексоната выбирается лабораторно для максимально полного подавления накипеобразования и коррозии и (или) отмывки ранее образовавшихся отложений и накипи.

Расход комплексоната зависит от:

1. Дозы комплексоната.
2. Расхода воды на подпитку системы теплоснабжения, водогрейных котлов.

Применение технологии обработки подпиточной и сетевой воды комплексонатами позволяет:

1. Снизить коррозионную агрессивность воды и предотвратить образование железо-оксидных отложений и накипи на поверхностях водогрейных котлов, систем теплоснабжения; исключить деаэрацию подпиточной воды.

Механизм защитного действия этих ингибиторов объясняется их адсорбцией на поверхностях металла и образованием защитного слоя труднорастворимых смешанных комплексных соединений.

При высоких концентрациях сульфатов и хлоридов, что является еще одной из причин высокой коррозионной агрессивности воды, достигается степень защиты поверхностей металла систем теплоснабжения, водогрейных котлов. Механизм защитного действия основан на уменьшении скорости анодного и катодного процессов.

Применение комплексонатов в качестве ингибиторов коррозии и накипеобразования возможно в широком диапазоне pH. Коррозионные процессы вызывают значительное повышение содержания железа общего в сетевой воде систем теплоснабжения, что приводит к загрязнению железо-

оксидными отложениями поверхностей нагрева котлов, других элементов систем. Таким образом, применение комплексонов в качестве ингибиторов коррозии позволяет практически полностью подавить образование железно-оксидных накипи и отложений.

Комплексоны также связывают растворенное в воде железо и способствуют отмывке ранее образовавшихся железно-оксидных отложений и накипи.

2. Предотвратить образование карбонатно-кальциевых накипи и отложений на поверхностях водогрейных котлов, систем теплоснабжения и исключить умягчение подпиточной воды.

Предотвращение накипеобразования карбонатно-кальциевого типа на поверхностях водогрейных котлов, систем теплоснабжения при обработке воды комплексонами, основывается на их способности вступать во взаимодействие с солями кальция и магния, присутствующими в воде, с образованием устойчивых водорастворимых комплексов в широком диапазоне рН.

Механизм антинакипного действия комплексонов основан на их избирательной адсорбции на активных центрах образующихся кристаллов накипи, что препятствует как росту самих кристаллов, так и вызывает изменение их формы, тормозит зарождение центров кристаллизации. В воде с большим содержанием солей жесткости комплексоны образуют прочный комплекс с ионами Са и Mg, который блокирует направленный рост и агломерацию кристаллов накипи. Отсутствие центров кристаллизации за счет блокирования поверхностей кристаллов обеспечивает поддержание солей жесткости во взвешенном состоянии без выпадения на поверхности котлов, систем теплоснабжения в виде накипи и отложений.

3. Произвести отмывку в процессе эксплуатации ранее образовавшихся накипи и отложений на поверхностях котлов, магистральных и внутридомовых трубопроводов.

При длительном использовании обработки воды комплексонами (свыше одного отопительного сезона) происходит изменение структуры ранее образовавшейся накипи как железно-оксидного, так и карбонатно-кальциевого характера на поверхностях нагрева водогрейных котлов, магистральных трубопроводов, внутридомовых систем - твердые накипь и отложения размягчаются, происходит процесс их постепенного удаления с продувками и в грязевиках.

Внедрение и применение технологии стабилизационной обработки подпиточной и сетевой воды комплексонами производится по усмотрению эксплуатирующей организации, может рекомендоваться в случаях:

- неэффективной работы существующей ХВО - наличия коррозии, накипи и отложений на внутренних поверхностях котлов, систем теплоснабжения;
- недостаточной мощности существующей водоподготовки;
- отсутствия водоподготовки;
- высоких эксплуатационных затратах на существующую схему водоподготовки.

Выбор дозы комплексоната производится по результатам лабораторных и натуральных испытаний.

#### **1.2.4. Недостатки существующих методов подготовки подпиточной воды**

Вышеперечисленные методы обширно применяются на тепловых станциях, при правильном применении этих методов можно получить требуемые результаты при подготовке воды, но и эти методы имеют определенные недостатки.

Использование ионного обмена позволяет получить воду высокого качества в большом объеме, но фильтровальные установки как правило занимают большие площади. Имеет место высокий расход реагента на регенерацию, особенно у параллельноточных натрий-катионитных фильтров. Эксплуатационные расходы увеличиваются пропорционально солесодержанию исходной воды, необходима нейтрализация сточных вод, а также возникают сложности с их сбросом.

Основным недостатком использования комплексонатного метода подготовки воды является ограничение по температуре ( $t < 110 - 120$  °С).

Недостатками подкисления являются:

- 1) серная кислота является прекурсором;
- 2) ограничением к применению метода подкисления серной кислотой являются высокие концентрации сульфатов и большая щелочность воды источника водоснабжения. Снижать щелочность добавочной воды ниже  $0,5-1,0$  мг-экв/дм<sup>3</sup> не рекомендуется из-за переокисления, которое вызывает интенсификацию коррозии оборудования и из-за возможности появления на трубопроводах отложений сульфата кальция.

## **2. Обследование и анализ источников водоснабжения и систем подготовки подпиточной воды на ТЭЦ в Республике Казахстан.**

Тепловые станции в Республике Казахстан используют различные источники воды для получения исходной воды для работы станции. В качестве источников используются три вида:

1. Водопроводная вода
2. Поверхностные источники природной воды (реки, озера, водохранилища)
3. Подземные артезианские источники воды.

В качестве ВПУ для подготовки подпиточной воды для тепловых сетей в РК используются схемы Na-катионирования и комплексонная обработка.

## 2.1. Изучения качественного состава природных вод на территории Республики Казахстан используемых в качестве исходной воды на ТЭС.

Исходная вода в своем первоначальном виде не может использоваться в работе станции, она должна пройти специальную очистку. Для разработки способа очистки исходной воды требуется провести анализ исходной воды. Соответственно, требуется индивидуальный подход к разработке системы подготовки подпиточной воды на каждой тепловой станции, так как схема, которая прекрасно работает на одной станции, может не достигнуть нужных показателей, а иногда и ухудшить, на другой станции. В таблице – 2.1 приведены анализы некоторых источников природных вод, используемых в качестве исходной воды на тепловых станциях РК.

**Таблица – 2.1.** Анализ качества воды природных источников.

Населенный пункт	Источник водоснабжения	Качество исходной воды (среднегодовые показатели)									Удельный расход реагента, г/т-экв		
		Жесткость, мг-экв/кг	Щелочность, мг-экв/кг	pH	Окисляемость, мг/кг O <sub>2</sub>	Солесодержание, мг/кг	Fe, мг/кг	SiO <sub>2</sub> , мг/кг	SO <sub>4</sub> , мг/кг	Cl, мг/кг	NaCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH
г. Усть-Каменогорск	р. Ульба	2,61	1,43	7,9	6,7	237	0,5	18,5	11	87	128	110	138
г. Семипалатинск	р. Иртыш	1,6	1,4	7,2	3	200	0,05	7,4	17	23	170	-	-
г. Атырау	р. Урал	7,4	3,9	8,2	8	904	-	2,64	129	233	192	135,5	160
г. Актюбинск	р. Ирек	6,8	4	8	1,04	610	0,104	14,7	250	120	160	55	-
г. Балхаш	о. Балхаш	12,9	0,5	8,7	3,8	2315	0,093	15,1	683	355	325	-	-
г. Джезказган	Кенгирское водохранилище	10,7	3,7	7,8	3,2	1226	0,4	14	462	255	250	-	-
г. Павлодар	р. Иртыш	1,6	1,7	7,5	3,3	120	0,8	20	60,7	6	180	95	85
г. Тараз	р. Талас	5	4,06	8,2	0,7	353	0,13	11	160	11	220	91,4	98,7

В таблице – 2.1 указаны среднегодовые показатели качества воды. Эти показатели могут значительно меняться в зависимости от сезонов (паводковый и засушливый периоды). Анализируя приведенные показатели качества воды можно заметить, что они значительно разнятся, это говорит о том, что создание универсальной схемы подготовки подпиточной воды для тепловых станций невозможно.

## 2.2. Технологические схемы подготовки подпиточной воды на примере Алматинской ТЭЦ-2 и Карагандинской ТЭЦ-3.

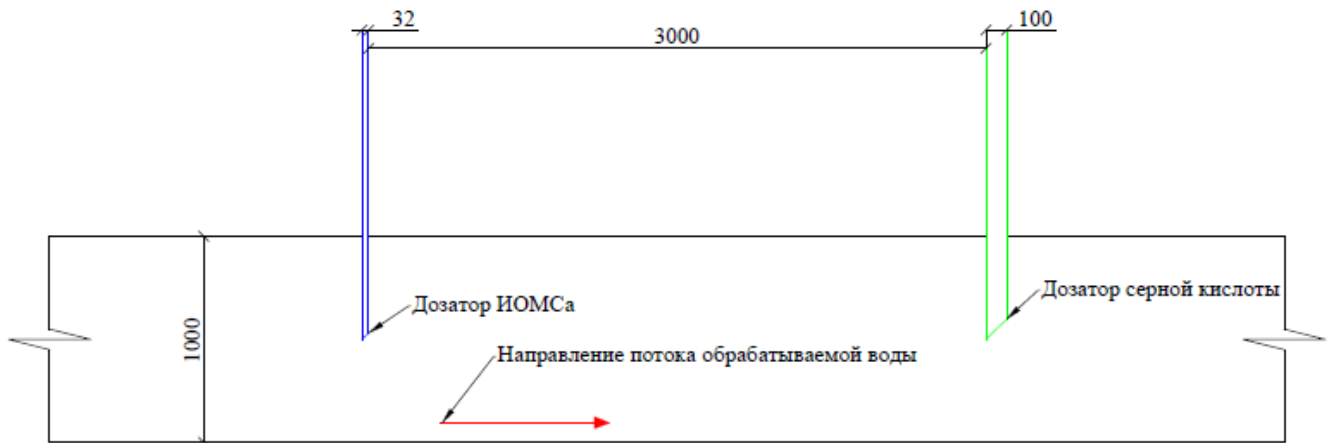
Рассмотрим схемы Na-катионирования и комплексонную обработку для подготовки подпиточной воды для тепловых сетей на примере Алматинской ТЭЦ-2 и Карагандинской ТЭЦ-3.

### 2.2.1. Алматинская ТЭЦ-2.

Выбор проектной схемы подготовки подпиточной воды для открытой системы теплоснабжения ТЭЦ-2 был сделан с учетом качества исходной воды, характеристик установленного теплофикационного оборудования и параметров работы. Особенностью работы АТЭЦ-2 является использование однотрубной системы теплоснабжения, выполняющей функции подпиточной линии системы теплоснабжения г.Алматы. В большинстве случаев величина подпитки, то есть производительность системы подготовки подпиточной воды составляет незначительный объем от общего объема теплосети. При незначительном превышении концентраций основных накипеобразующих компонентов в подпиточной воде над концентрацией этих же компонентов в сетевой воде, этот фактор не окажет существенного влияния на качество сетевой воды, вследствие существенного разбавления. При работе по однотрубной системе, когда транзитная линия выполняет функции подпиточной линии тепловых сетей, превышение нормируемых показателей оказывает существенное влияние на интенсивность накипеобразования, поэтому при работе по однотрубной системе необходима организация водно-химического режима полностью исключая процессы накипеобразования.

До перехода на комплексный водно-химический режим подготовка подпиточной воды осуществлялась по схеме Na-катионирования с подкислением. Причем в летний период осуществлялось только подкисление. Для подкисления до необходимой остаточной щелочности использовалась серная кислота. С 2000 г. был введен комплексный водно-химический режим. Данная технология позволила существенно снизить эксплуатационные затраты и значительно упростить схему подготовки сетевой воды. Однако применение ИОМСа не позволило работать в безнакипном режиме при температурах выше ~110-120С. В связи с этим было принято решение о переходе на комбинированный режим: ввод ИОМСа при предварительном подкислении исходной воды серной кислотой. Данная схема обработки подпиточной воды применяется и в настоящее время. Принципиальная схема ввода реагентов показана на рисунке 2.2.1. Как видно из рисунка 2.2.1 на первом этапе исходная вода обрабатывается ИОМСом, а затем серной кислотой. Для ввода ИОМС и серной кислоты в трубопровод исходной воды Ø1000 мм сделаны взаимно перпендикулярные врезки с косым срезом труб Ø32 мм и Ø100 мм соответственно. Расстояние между врезками ~3 м.

Дозирование ИОМСа производится насосом-дозатором, а кислоты эжекторами. Необходимая концентрация реагентов достигается ручной корректировкой по результатам химического анализа проб, отобранных на различных участках подогрева сетевой воды.



**Рисунок – 2.2.1.** Схема ввода в трубопровод исходной воды ИОМСа и  $H_2SO_4$

## 2.2.2. Карагандинская ТЭЦ-3.

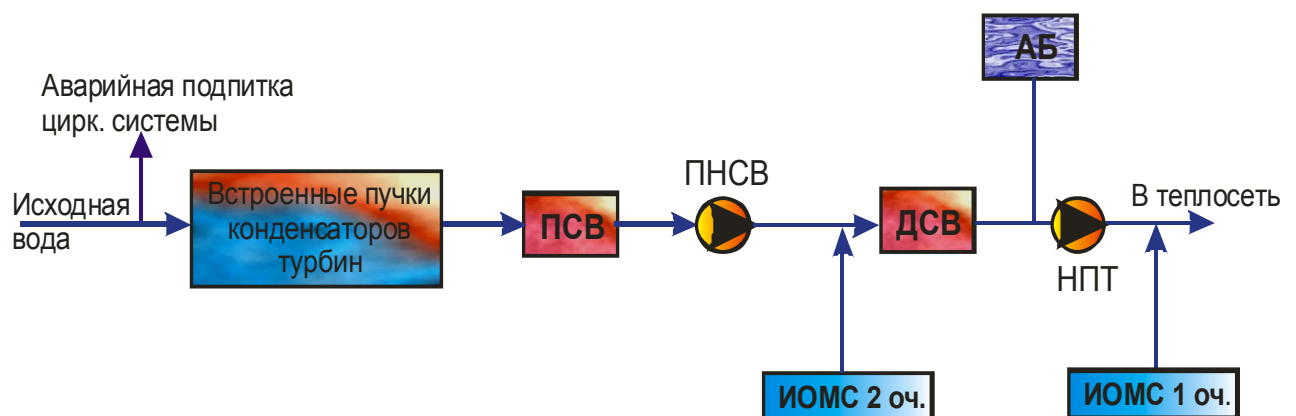
### Подготовка подпиточной воды .

#### Общие положения.

В качестве исходной воды для подпитки теплосети используется горводопроводная вода.

Задачи водоподготовки для тепловых сетей на Карагандинской ТЭЦ-3 сводятся к обработке воды комплексонами.

Принципиальная схема представлена на рисунке – 2.2.2.



<b>ПСВ</b>	подогреватель сырой воды
<b>ПНСВ</b>	повысительный насос сырой воды
<b>ДСВ</b>	деаэратор вакуумный
<b>АБ</b>	аккумуляторный бак запаса подпиточной воды



## НПТ насос подпитки теплосети

### Рисунок – 2.2.2. Принципиальная схема теплофикационной установки

Регулирование концентрации рабочего раствора ИОМСа в подпиточной воде производится путем регулирования концентрации рабочего раствора в баке (регулирование производительности насоса-дозатора невозможно).

Характеристики оборудования приведены в таблице – 2.2.2.1.

**Таблица – 2.2.2.1. Характеристики оборудования**

Наименование оборудования	Количество, шт.	Тип	Технические характеристики
Бак крепкого раствора ИОМСа	1		4 м <sup>3</sup>
Бак рабочего раствора ИОМСа (подщелачивания)	1		10 м <sup>3</sup> , высота – 3,8 м
Фильтр рабочего раствора ИОМСа	1		6 м <sup>3</sup>
Насос-дозатор ИОМСа	4	НД	Q-1000 л/ч P-10 кгс/см <sup>2</sup>
Насос рециркуляции ИОМСа, щелочи	1	X50-32-125A	P-10 кгс/см <sup>2</sup> Q- 12,5 м <sup>3</sup> /ч H-20 м в ст
Бак ИОМСа (щелочи)	1		60 м <sup>3</sup> , H-4,5 м, d-4,2 м

**Показатели качества исходной и сетевой воды.** Показатели качества сырой воды, сетевой воды и состав отложений на поверхностях нагрева пиковых бойлеров приведены в таблицах – 5, 6, 7.

**Таблица – 5. Показатели качества исходной (сырой) воды за 2007 г.**

Дата отбора	Жобщ.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Щфф	Щобщ.	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	
зима	4,76	2,6	2,16	0	3,0	3,0	7,65
	СГ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Fe	Cu	SiO <sub>2</sub>	Окисляемость
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
зима	3,84	3,25	5,4	0,14	0,003	0,92	2,75
	Жобщ.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Щфф	Щобщ.	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	
весна	4,0	2,3	1,7	0	2,6	2,6	7,7
	СГ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Fe	Cu	SiO <sub>2</sub>	Окисляемость
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
весна	3,2	2,5	4,3	0,22	0,022	1,13	2,8
	Жобщ.	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Щфф	Щобщ.	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	
лето	4,3	2,3	2,0	0	2,2	2,2	7,6
	СГ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Fe	Cu	SiO <sub>2</sub>	Окисляемость
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	мг/л	мг/л	мг/л	мг/л
лето	3,7	2,8	4,3	0,32	Отс.	2,8	2,7

**Таблица 6.** Показатели качества сетевой воды за 24.10.07 г.

Показатели	Единицы измерения	Прямая	Обратка
Жобщ.	мг-экв/л	3,8	3,9
Ca <sup>2+</sup>	мг-экв/л	1,95	2,0
Mg <sup>2+</sup>	мг-экв/л	1,85	1,9
Щобщ.	мг-экв/л	2,25	2,25
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг-экв/л	2,21	2,21
Cl	мг/л	133	132
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/л	140	135
K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	мг-экв/л	5,0	4,8
Fe <sup>3+</sup>	мг/л	0,3	0,3
Cu <sup>2+</sup>	мг/л	0,003	0,003
SiO <sub>2</sub>	мг/л	0,85	0,93
pH		8,1	8,0
окисляемость	мг/л	2,2	2,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/л	0,32	0,11
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/л	0,007	0,027
NH <sub>3</sub>	мг/л	0,28	0,3
мутность	единицы мутности	0,5-0,7 - иногда 1,0, 2,0	0,5-0,7
цветность	град.	12-20	12-20
взвешенные вещества	мг/л	1,1	1,1

**Таблица 7.** Состав отложений на пиковых бойлерах (%)

Дата	Показатели	%
<b>Пиковый бойлер ст. № 4</b>		
15.09.07 г.	ППП*	26
	SiO <sub>2</sub>	1,5
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,8
	CuO	отс.
	SO <sub>3</sub>	1,8
	CaO	9,1
	MgO	5,0
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47,2
<b>Пиковый бойлер ст. № 2</b>		
Июнь 2007 г.	ППП*	35,6
	SiO <sub>2</sub>	1,8
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,4
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,2
	CuO	отс.
	SO <sub>3</sub>	1,1
	CaO	13,0
	MgO	9,4
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,7

\* - потери при прокаливании.

### **2.2.3. Недостатки применяемых на Алматинской ТЭЦ-2 и Карагандинской ТЭЦ-3 методов очистки подпиточной воды.**

**Алматинская ТЭЦ-2.** Выбранный режима подготовки подпиточной воды позволяет нагревать сетевую воду до температуры 135 °С (проектная температура нагрева составляет 150 °С).

**Карагандинская ТЭЦ-3.** На мой взгляд, принятый на станции Карагандинской ТЭЦ-3 водно-химический режим (дозирование комплексонов) не позволит поднять температуру подогрева сетевой воды.

2. Оптимизация схемы ХВО возможна за счет использования Накатионитных фильтров для подготовки подпиточной воды теплосети.

3. Выбор конкретной схемы обработки подпиточной воды из предложенных вариантов определяется Заказчиком в зависимости от наличия оборудования и возможностей финансирования.

4. Параметры водно-химического режима теплосети при оптимизации схемы ХВО могут быть установлены только после проведения наладочных испытаний.

### **3. Разработка оптимальных технологических схем для подготовки воды при использовании различных систем водоснабжения.**

#### **3.1. Пилотные испытания по подготовке подпиточной воды на экспериментальной установке**

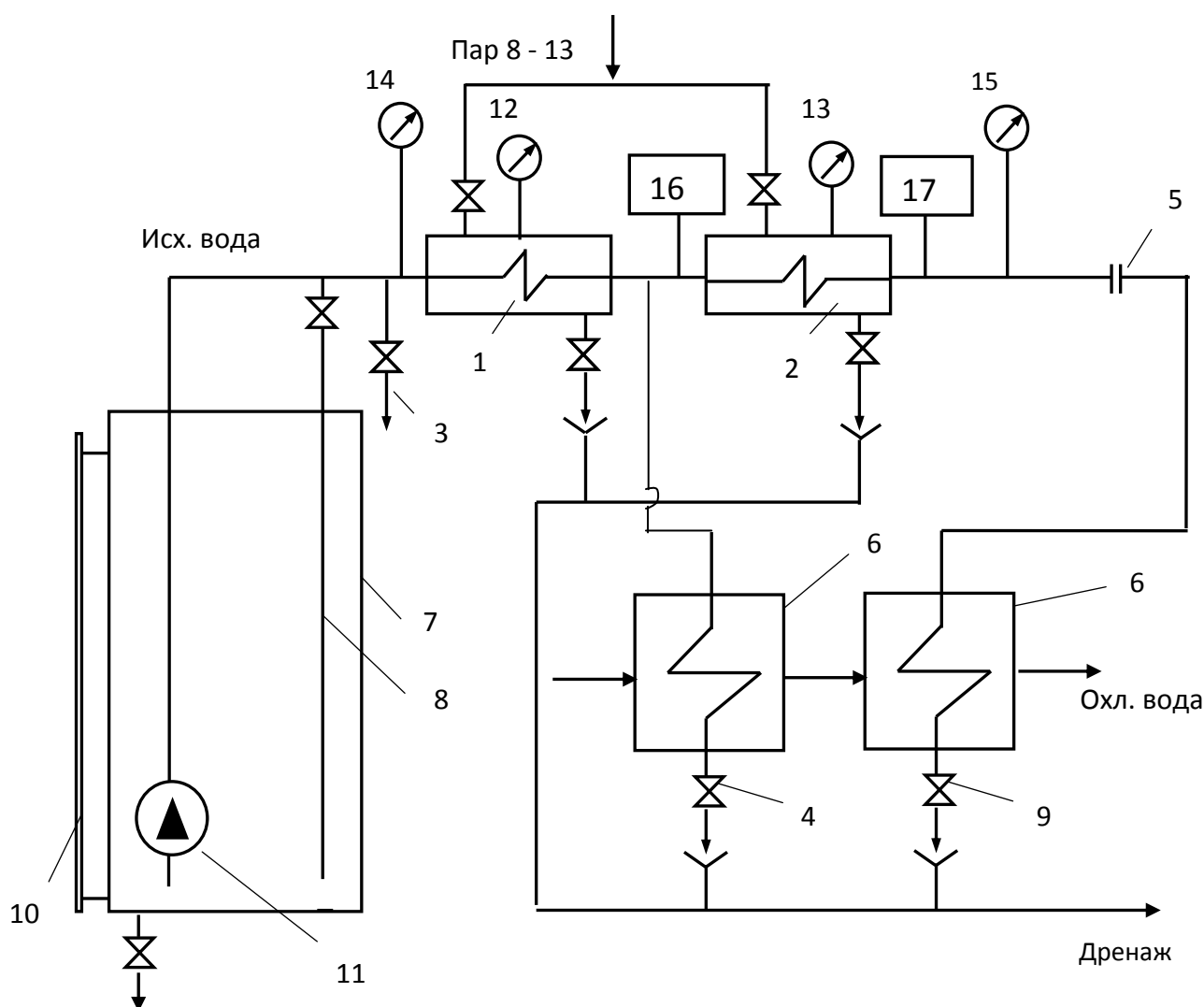
**Описание схемы и оборудования экспериментальной установки, методика проведения опытов.** Первая ступень теплообменника подогревает исходную воду от 15 °С до 120 °С, вторая ступень догревает воду до 150 °С. Первая и вторая ступени представляют собой одноходовые кожухо-трубчатые теплообменники типа "труба в трубе". Нагреваемая вода проходит по внутренней трубке, а греющий пар подается в кожух теплообменника. Теплоотдача от пара к стенке трубки происходит за счет пленочной конденсации на ее поверхности. Схема экспериментальной установки показана на рисунке - 1.

**Методика проведения опытов.** В бак исходной воды (7), снабженный уровнемерным стеклом (10), дозируется реагент, который тщательно перемешивается при помощи насоса (11) по линии рециркуляции. Затем исходная вода с определенным содержанием растворенного в ней реагента подается под давлением при помощи насоса (11) на первую ступень теплообменника (1), где происходит её подогрев до 120°С, далее вода поступает на вторую ступень теплообменника (2), где она нагревается до 150

$^{\circ}\text{C}$ . Расход воды фиксируется по счетчику (5). Для контроля тепловых параметров первая и вторая ступени установки оборудованы соответствующими контрольно-измерительными приборами: манометрами (12, 13), термометрами и термопарами (16, 17). Перепад давления воды на установке фиксируется с помощью манометров (14, 15), установленных на входе и выходе установки. Отбор охлажденных в холодильнике (6) проб производится с помощью пробоотборников установки: пробоотборника исходной воды (3), пробоотборника воды за первой ступенью теплообменника (4) и пробоотборника воды за второй ступенью (9). Контроль параметров водно-химического режима осуществляется по показателям общей жесткости, общей щелочности воды и концентрации реагентов на входе и выходе установки.

Конструкция теплообменной установки позволяет снимать и производить замену внутренней трубки, что даёт возможность исследовать состав накипи на стенках трубки и сделать вывод об эффективности того или иного режима.

Рисунок – 3.1.1. Схема экспериментальной установки



№ позиции	Наименование оборудования
1	1-я ступень теплообменника
2	2-я ступень теплообменника
3	Пробоотборник исходной воды
4	Пробоотборник воды за 1-й ступенью теплообменника
5	Счетчик расхода воды
6	Холодильник
7	Бак исходной воды
8	Перфорированная труба (линия рециркуляции)
9	Пробоотборник воды за 2-й ступенью теплообменника
10	Уровнемерное стекло
11	Глубинный насос
12, 13, 14, 15	Манометр
16, 17	Термометр

**Экспериментальные исследования.** С целью определения оптимального водно-химического режима при повышении температуры сетевой воды были проведены несколько серий экспериментов при различных тепловых и водно-химических режимах. Эксперименты проводились при различном качестве подпиточной воды (сырая + Na-катионированная вода), а также с изменением дозировки комплексона с изменением температуры подогрева. Планируемые режимы для проведения экспериментов представлены в таблице – 3.1.1.

**Таблица – 3.1.1.** Планируемые режимы для проведения экспериментов

№ режима	Температура, °С	Состав исходной воды	Дозировка СК-110, мг/л
1	100 - 110	(50%-100%)СВ+(50%-00%)Na	1,0-2,0
2	110 – 120	(40%-100%)СВ+(60%-00%)Na	1,0-3,0
3	120 – 130	(25%-75%)СВ+(75%-25%)Na	2,0-3,0
4	130 – 140	(25%-75%)СВ+(75%-25%)Na	2,0-4,0
5	140 – 150	(25%-75%)СВ+(75%-25%)Na	3,0-4,0

Примечание: СВ – сырая вода (исходная вода - имитат);  
Na – натрий-катионированная вода.

**Результаты экспериментальных исследований в режиме подогрева.** Отбор проб с экспериментальной установки производился с помощью пробоотборников. Контроль параметров водно-химического режима осуществлялся по показателям общей жесткости и общей щелочности воды на входе и выходе установки. Длительность опытов составляла 2-4 часа. Скорость движения воды – 1,0-1,5 м/с. При образовании накипи проводилась замена и чистка трубок.

Результаты экспериментальных испытаний представлены в таблице – 3.1.2 и на рисунках 1, 2.

**Таблица – 3.1.2. Результаты экспериментальных испытаний.**

Жо <sub>исх</sub>	Жо <sub>выход</sub>	Що <sub>исх</sub>	Т	С <sub>СК-110</sub> <sub>исх</sub>	Разность (вход - выход)	
					Жо	Що
МГ-ЭКВ/Л			°С	МГ/Л	МГ-ЭКВ/Л	
1	2	3	4	5	6	7
1.5	1.5	1.2	110	2.0	0	0
	1.5	1.2	115	1.2	0	0
	1.5	1.2	140	1.2	0	0
	1.5	1.2	140	1.4	0	0
	1.5	1.2	150	2.0	0	0
2.1	2.1	1.8	110	1.2	0	0.1
	1.8	1.6	140	1.2	0.3	0.4
	2.1	1.8	145	4.4	0	0
	1.8	1.5	150	0.8	0.3	0.3
2.4	2.4	1.9	110	2.8	0	0
	2.4	2	130	2.4	0	0.1
	2.4	1.9	130	3.2	0	0.1
	2.4	1.9	150	2.4	0	0.1

1	2	3	4	5	6	7
3.0	3	2.3	110	2.4	0	0.1
	2.5	2.4	130	1.8	0.5	0.6
	3.0	2.1	140	2.6	0	0
	2.9	2	150	2.4	0.1	0
	2.8	1.9	150	2.4	0.2	0
	3.0	2.3	150	2.8	0	0
3.3	3.3	2.8	115	2.4	0	0.2
	3.3	2.6	115	2.6	0	0

	3.3	2.7	140	1.6	0	0.2
	3.1	2.6	140	2.2	0.2	0.2
	3.3	2.7	140	2.2	0	0.2
	2.6	2.5	145	3	0.7	0.6
	2.8	2.7	150	3.4	0.5	0.6
3.5	3.5	2.7	115	3.2	0	0
	3.3	2.6	115	3	0.2	0
	3.3	2.6	130	2.2	0.2	0.1
	3.3	2.6	135	3.2	0.2	0
3.6	3.5	2.8	110	1.6	0.1	0
	2.3	2.9	115	1.2	1.3	1.3
	3.3	3.0	130	1.6	0.3	0.4
	3.5	2.9	130	2.2	0.1	0.3
	3.6	2.8	130	2.2	0	0.2
	3.3	2.5	130	2.6	0.3	0
	3.3	2.9	140	2	0.3	0.3
	3.3	2.6	145	2.2	0.3	0.3
3.7	3.7	3.0	110	2.4	0	0
	3.7	3.0	110	2.4	0	0
	3.7	3.0	110	4.2	0	0
	2.1	2.7	130	1	1.6	1.4
	3.4	2.7	150	1.6	0.3	0.1
3.8	3.7	-	110	3	0.1	0.1
	3.5	-	120	2.6	0.3	0.2
	3.3	3.0	130	3	0.5	0.4
	3.1	-	140	3.2	0.7	0.9



Изменение общей жесткости на выходе из экспериментальной установки в зависимости от температуры нагрева воды и жесткости исходной воды

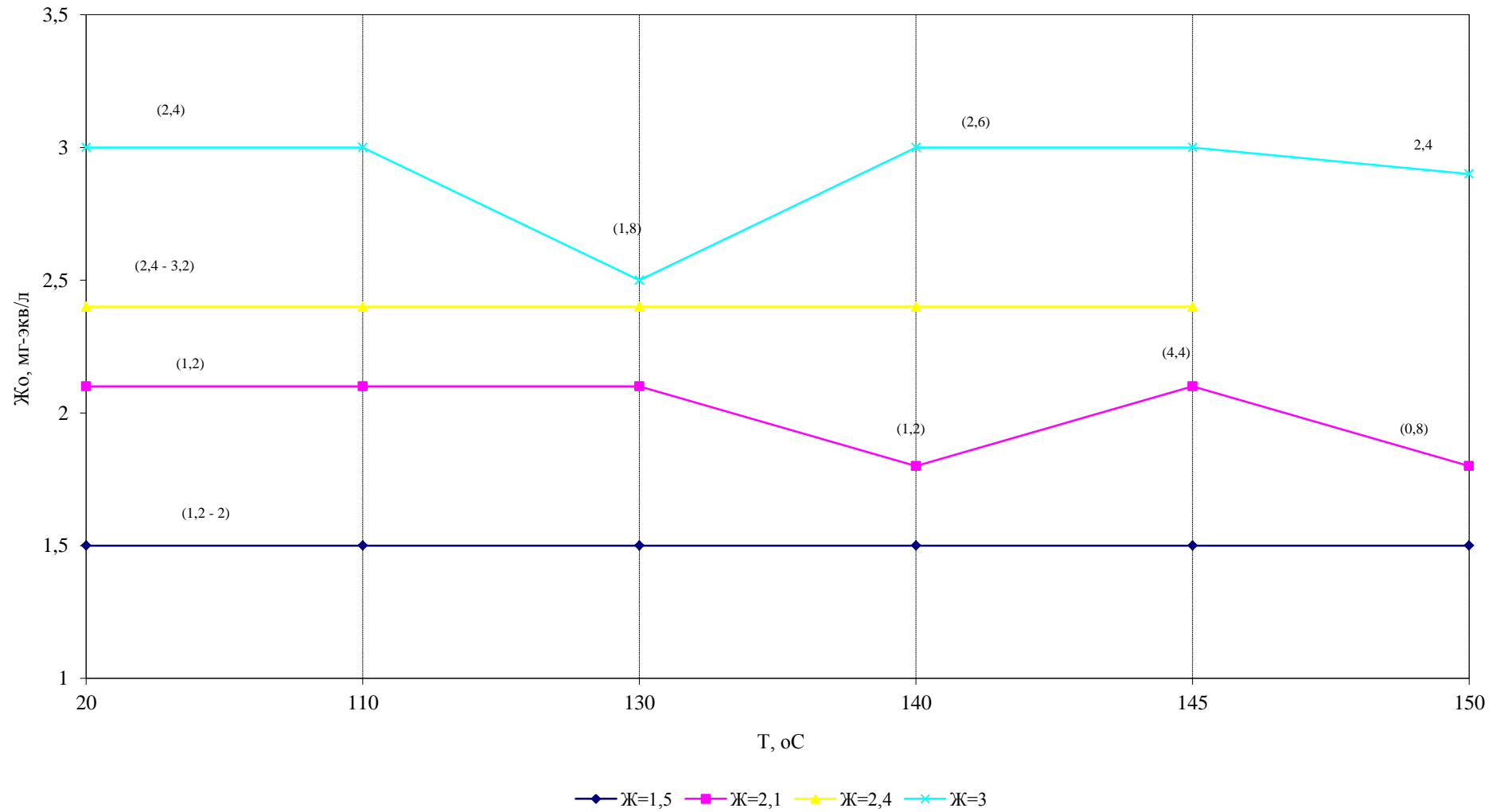


Рисунок - 2

Изменение общей жесткости воды на выходе из экспериментальной установки в зависимости от температуры нагрева и жесткости исходной воды

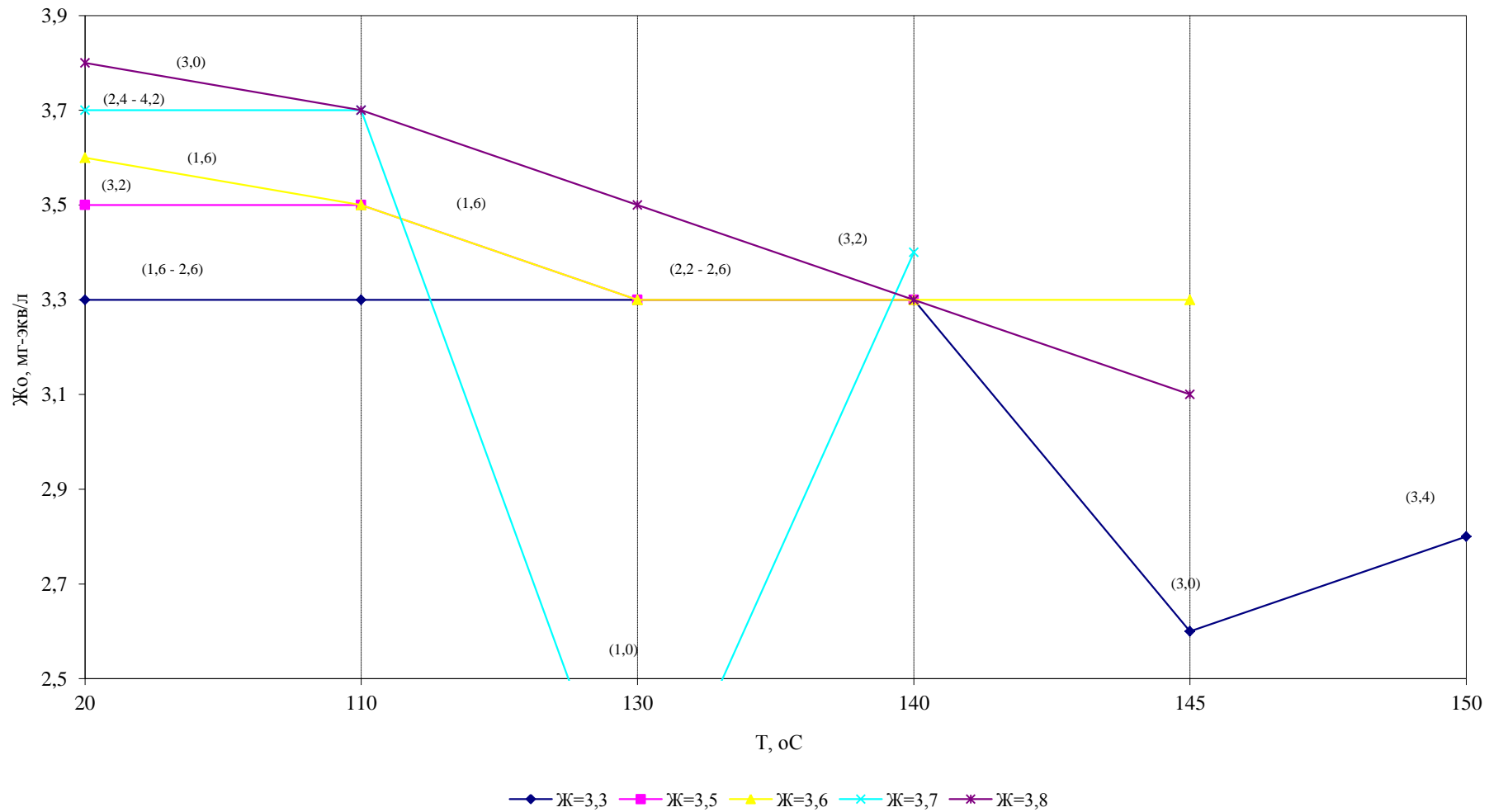


Рисунок - 3

**Результаты экспериментального исследования по определению оптимальной дозы СК-110 в режиме кипения.** Для определения оптимальных параметров проведения водно-химического режима были проведены исследования влияния дозы СК-110 в режиме кипения. При проведении экспериментов использовался имитат водного раствора, с более жесткими по отношению к реальной воде характеристиками. Эксперименты проводились при температуре 100<sup>0</sup>С в режиме кипения. Состав исходной воды приведен в таблице 3. Результаты экспериментов приведены в таблицах 4-5.

**Таблица – 3.1.3.** Состав исходной воды, мг-экв/л

Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CL <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
3,64	7,38	2,52	2,15	1,46	5,54

**Таблица – 3.1.4.** Изменение Жо и Що при различной концентрации СК-110 при температуре 100<sup>0</sup>С в режиме кипения

Время, мин	С=0 мг/л		С=0,5мг/л		С=1мг/л	
	Жо, мг-экв/л	Що, мг-экв/л	Жо, мг-экв/л	Що, мг-экв/л	Жо, мг-экв/л	Що, мг-экв/л
0	9,90	5,54	9,90	5,54	9,90	5,54
5	7,60	3,20	8,90	4,54	9,18	4,82

**Таблица – 3.1.5.** Изменение Жо и Що при различной концентрации СК-110 при температуре 100<sup>0</sup>С

Время, мин	С=2мг/л		С=5 мг/л		С=10 мг/л	
	Жо, мг-экв/л	Що, мг-экв/л	Жо, мг-экв/л	Що, мг-экв/л	Жо, мг-экв/л	Що, мг-экв/л
0	9,90	5,54	9,90	5,54	9,90	5,54
5	9,50	5,14	9,70	5,34	9,90	5,53

При температуре 100<sup>0</sup>С и дозировании 0,5 мг/л СК-110 результаты опытов показывают снижение общей жесткости до 8,90 мг-экв/л, что обусловлено образованием труднорастворимого соединения. При дозировании 1 мг/л СК-110 результаты опытов показывают снижение общей жесткости до 9,18 мг-экв/л. При увеличении дозы СК-110 до 10 мг/л снижения общей жесткости нет.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований показывают, что дозирование СК-110 приводит к ограничению накипеобразования и обеспечивает безнакипный режим работы при дозе 6-10 мг/л.

### **3.2. Схемы подготовки подпиточной воды (комбинированные методы).**

**Оптимизация схемы ХВО подпитки теплосети.** Основной задачей режима теплоснабжения на Карагандинской ТЭЦ-3 является повышение температуры сетевой воды, что невозможно без реконструкции существующей схемы подготовки подпиточной воды.

Обследование существующей системы подготовки воды позволяет сделать следующие выводы:

1. Существующий водно-химический режим с применением комплексона ИОМС оптимален как с точки зрения выбора дозировки, так и с точки зрения предельного подогрева сетевой воды и не позволяет повысить температуру сетевой воды. По нашему мнению, ни один из производимых в мире на сегодняшний день комплексонов не позволит повысить температуру сетевой воды до проектных значений.
2. Повышение температуры сетевой воды до проектных значений возможно только при применении натрий-катионирования, либо комбинированной схемы с использованием натрий-катионирования.
3. Наличие в исходной воде грубодисперсных (взвешенных) и коллоиднодисперсных (органических) примесей приводит не только к появлению специфического запаха (при определенной температуре подогрева), но и к появлению значительного количества отложений даже до системы подогрева. Так, если окисляемость исходной воды составляет – 2,8 мг/л, а взвешенные – 3,5 мг/л (табл. 5), то в год в системе осаждается более 200 тонн примесей (при подпитке 4000 м<sup>3</sup>/час). Косвенным подтверждением этого факта является не только визуальный осмотр сетевых и трубопроводов исходной воды, но и анализ отложений пиковых и основных бойлеров (табл.7).
4. По нашему мнению, не рационально используется продувочная вода системы оборотного водоснабжения. Предлагается вариант использования продувки в качестве исходной воды теплосети или исходной воды схемы химического обессоливания.

Исходя из вышесказанного, предлагается несколько вариантов реконструкции различных по временным и финансовым затратам.

Для достижения указанных в таблице 3 нормативных значений карбонатного индекса подпиточная вода может быть обработана по одной из следующих схем:

Предочистка → Na-катионирование;

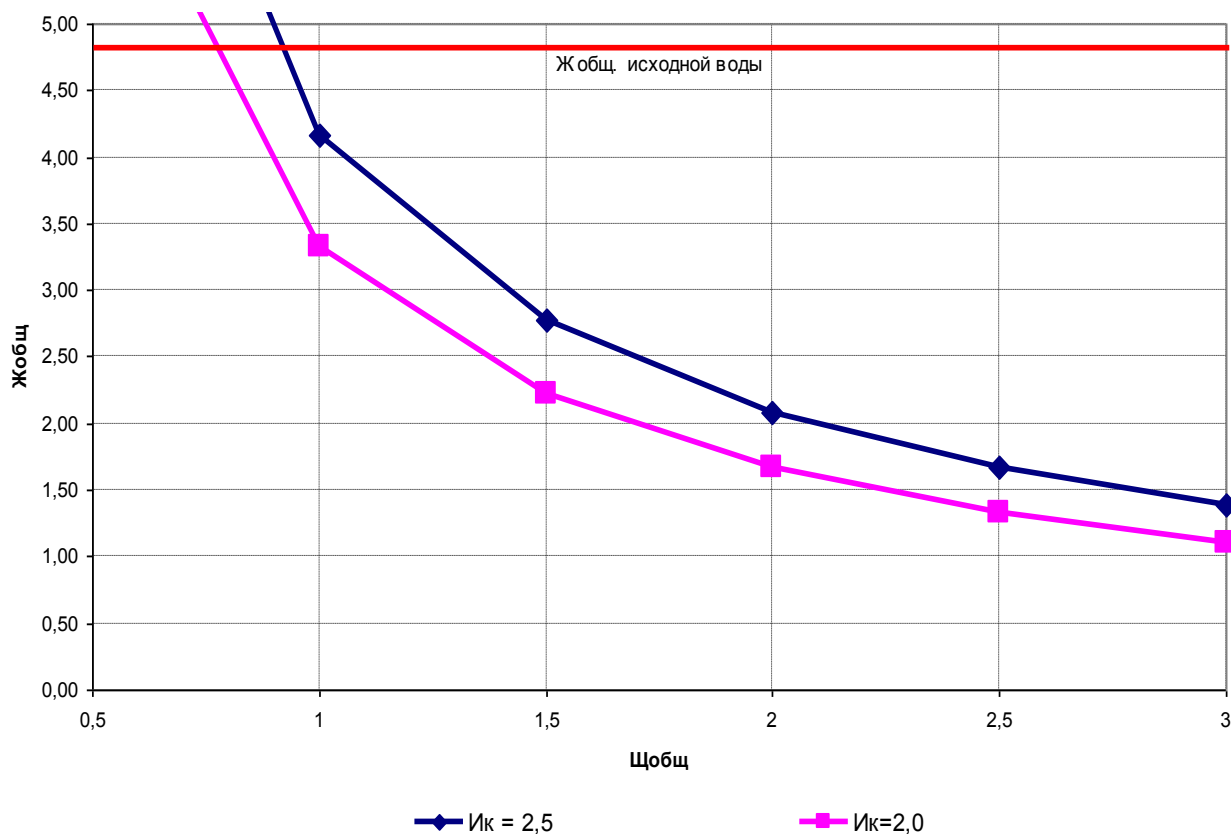
1. Предочистка → подкисление → Декарбонизация;
2. Предочистка → подкисление → Декарбонизация → Na-катионирование;
3. Предочистка → дозирование комплексона (летний режим).

Изменение кальциевой жесткости (общей жесткости), щелочности и карбонатного индекса при различных вариантах обработки приведено в таблице 8 и на рисунке 3.2.1.

**Таблица – 3.2.1.** Изменение карбонатной жесткости (общей) и щелочности (мг-экв/дм<sup>3</sup>) и карбонатного индекса (мг-экв/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup> подпиточной ВОДЫ

Вариант	Температура			
	121-140 °С, норма Ик 2,5 (мг-экв/дм <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>		141-150 норма Ик 2,0 (мг-экв/дм <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	
	Исх.	Обр.	Исх.	Обр.
1.	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=0,83(1,4) Щ=3,0 Ик=2,5	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=0,67(1,1) Щ=3,0 Ик=2,0
2.	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=0,87 Ик=2,5	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=0,68 Ик=2,0
3.1	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=1,25 (2,1) Щ=2,0 Ик=2,5	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=1 (1,67) Щ=2,0 Ик=2,0
3.2	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=2,5 (4,17) Щ=1,0 Ик=2,5	ЖСа=2,88 (4,76) Щ=3,0	ЖСа=2,0 (3,3) Щ=1,0 Ик=2,0

Изменение общей жесткости и щелочности



### Рисунок - 3.2.1.

**Первый вариант реконструкции.** Предполагает использование в качестве исходной воды воду с канала Иртыш-Караганда. В связи с чем, необходимо использование контактной коагуляции с последующим ультрафильтрационным фильтрованием. Далее обрабатываемая вода направляется на Na-катионитные фильтры.

В настоящее время стоимость исходной воды составляет 23 тенге за 1 м<sup>3</sup>, затраты на исходную воду составляют 92 тыс. тенге в час, 2 208 тыс. тенге в сутки.

При использовании в качестве исходной воды с канала Иртыш-Караганда стоимость 1 м<sup>3</sup> составит 6 - 10 тенге, затраты на исходную воду при этом будут равны 24 – 40 тыс. тенге в час, 576 - 960 тыс. тенге в сутки.

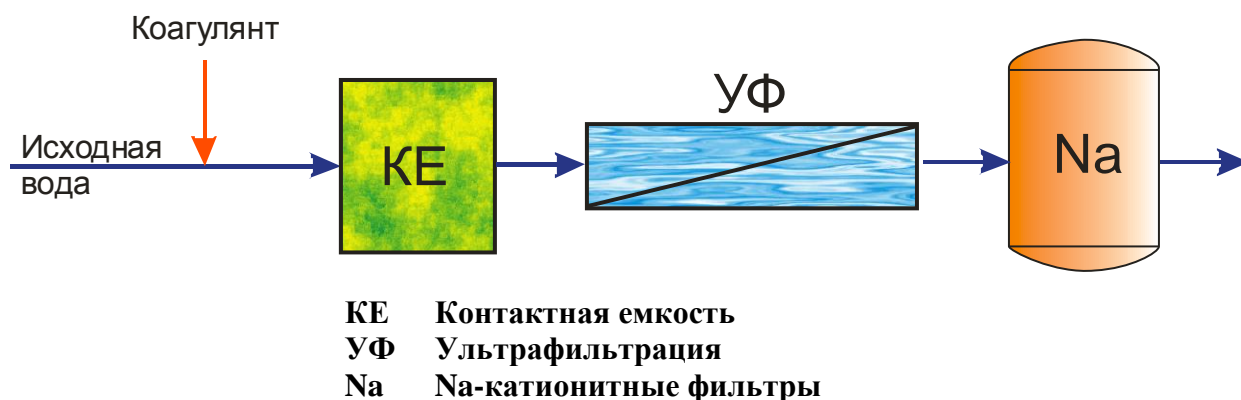
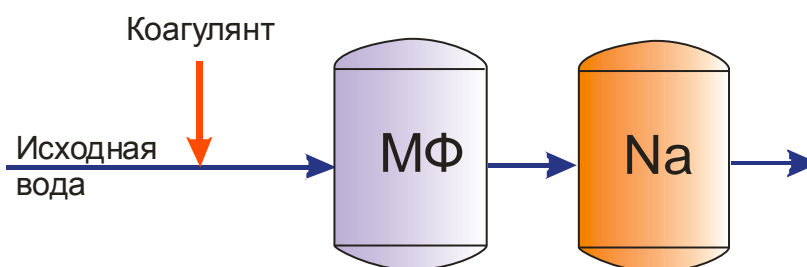


Рисунок – 3.2.2. Первый вариант реконструкции

**Ультрафильтрация** – это мембранный процесс, занимающий промежуточное положение между нанофильтрацией и микрофильтрацией. Ультрафильтрационные мембраны имеют размер пор от 20 до 1000 Е (или 0,002–0,1 мкм) и позволяют задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси, макромолекулы (нижний предел молекулярной массы составляет несколько тысяч), водоросли, одноклеточные микроорганизмы, цисты, бактерии и вирусы. Таким образом, использование мембранной ультрафильтрации для очистки воды позволяет сохранить ее солевой состав и осуществить осветление и обеззараживание воды без применения химических веществ, что делает эту технологию перспективной с экологической и экономической точек зрения.

Однако, из-за высокой стоимости установки ультрафильтрации, в качестве предочистки предлагаем использование механического фильтрования.



**МФ** Механическое фильтрование  
**Na** Na-катионитные фильтры

**Рисунок – 3.2.3.**

**Механическое фильтрование.** Расчет показателей работы механических фильтров приведен в таблице 9. Производительность механических фильтров – 1000 м<sup>3</sup>/ч. При расчете была принята максимальная концентрация взвешенных веществ равная 10 г/м<sup>3</sup>, исходя из того, что исходная вода на ТЭЦ-3 поступает после очистных сооружений горводоканала, определение взвешенных веществ в исходной воде на ТЭЦ не проводится.

**Таблица – 3.2.2.** Результаты расчета показателей работы механических фильтров

Концентрация взвешенных веществ в исходной воде	г/м <sup>3</sup>	10,00
Расчетная производительность	м <sup>3</sup> /ч	1000,00
Скорость фильтрования	м/ч	12,00
Требуемая площадь фильтрования	м <sup>2</sup>	83,33
Число фильтров в работе	шт	10,00
Площадь одного фильтра	м <sup>2</sup>	8,33
Площадь стандартного фильтра	м <sup>2</sup>	9,10
Действительная скорость фильтрования	м/ч	10,99
Тип загруженного материала		Антрацит
Грязеемкость	г/м <sup>3</sup>	2000,00
Принятая высота слоя	м	1,00
Продолжительность фильтроцикла	ч	18,20
Суточное число промывок всех фильтров	пр/сут	13,19
Интенсивность взрыхления	кг/(с*м <sup>2</sup> )	12,00
Время взрыхления фильтра	мин	6,00
Расход воды на взрыхление	м <sup>3</sup>	39,31
Расход воды на отмывку фильтра	м <sup>3</sup>	6,07
Суммарный расход воды на промывку	м <sup>3</sup>	45,38



Часовой расход воды на собственные нужды	м <sup>3</sup> /ч	24,93
--	-------------------	-------

**Na-катионитрование.** Предлагается технологию Na-катионитрования выполнить по схеме «Амберпак».

Система «Амберпак» наилучшим образом подходит для работы в условиях эксплуатации ВПУ, работающих на подпитку тепловых сетей, для которых характерны:

- неравномерное водопотребление;
- сезонные остановки;
- эксплуатация в условиях переменной производительности;
- повышенное содержание взвешенных частиц.

Отличительной особенностью предложения являются:

- использование прогрессивной противоточной технологии ионного обмена - системы «Амберпак» позволяющей (по сравнению с прямоточной технологией ионирования) сократить количество установленных фильтров, арматуры и трубопроводов в 1,5 раза, снизить расход поваренной соли на регенерацию в 1,5 раза, количество сточных вод в 2 раза;
- использование в составе реагентного узла установки устойчивого к коррозии оборудования и трубопроводов, выполненных из композитных и полимерных материалов;
- возможность разработки системы автоматизации на базе современной запорной и регулирующей арматуры с электроприводами, имеющей небольшие габариты и малое энергопотребление.

### **Краткая характеристика установки противоточного Na-катионирования воды.**

#### **Исходные данные.**

Производительность установки 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Источником водоснабжения для ВПУ подпитки теплосети является канал Иртыш-Караганда. Данные о качестве исходной воды приведены в таблице – 3.2.3.

**Таблица – 3.2.3. Показатели качества исходной воды**

№ п/п	Показатель	Ед. измерения	Значение
1.	Жесткость общая	мг – экв/л	5,1
2.	Железо	мг/л	0,8
3.	Щелочность общая	мг – экв/л	2,8
4.	рН	-	7,8
5.	Сульфаты	мг/л	186
6.	Хлориды	мг/л	15
7.	Окисляемость	мг/л	3,3
8.	Солесодержание	мг/л	692

9.	Кремневка	мг/л	6,8
----	-----------	------	-----

Предлагается применить противоточные фильтры диаметром 3,4 м в количестве 4 штук, три в работе, один отрегенерированный в резерве.

По результатам расчета на ПК по специализированной программе и учитывая опыт эксплуатации аналогичных установок, ожидаемая жесткость воды после 1-й ступени противоточного натрий – катионирования обеспечит нормативные показатели (жесткость снижается до 0,7 мкг-экв/кг).

Для периодического проведения взрыхляющей промывки катионита предусматривается использование двух безнапорных емкостей обратной промывки.

Перегрузка катионита в емкость обратной промывки осуществляется с помощью системы гидрперегрузки ионообменных материалов.

Периодичность проведения промывки зависит от содержания взвешенных веществ и соединений железа в исходной воде и составляет 2 – 4 раза в год.

Для осветления раствора поваренной соли, подаваемого в бак-мерник, предусмотрен механический фильтр с корпусом из стеклопластика.

#### **Состав принятого технологического оборудования.**

Исходная вода насосами направляется на умягчение в противоточных Na-катионитовых фильтрах диаметром 3,4 м, загруженных сильнокислотным катионитом Amberjet 1200Na.

Данные о номенклатуре оборудования по технологической схеме умягчения приведены в таблице – 3.2.4.

**Таблица – 3.2.4. Состав оборудования**

№ п/п	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка.	Единица измерения	количество
1.	Фильтр противоточный натрий-катионитный диаметром 3400 мм. Распределительное устройство «ложное дно» с колпачками из нержавеющей стали с фронтом без арматуры	ФИПр-3,4-0,6 Na	шт	4
2.	Емкость обратной промывки диаметром 1,0м	ЕОП – 1,5	шт	2
3.	Фильтр осветлительный вертикальный раствора соли диаметром 1000 мм с фронтowymi трубопроводами без арматуры, материал - стеклопластик	ФОВ-1,0-0,6 СП	шт	1
4.	Насос химический (подачи раствора соли из баков-мерников на регенерацию).	АХ	шт	2

5.	Бак цилиндрический вертикальный (приемный, расходный раствора NaCl натрий хлорида) вместимостью 30 (15) м <sup>3</sup> диаметром 2250 мм, высотой 4010 мм, материал – стеклопластик.	исп. ВПД	шт	2
6.	Установка гидроперегрузки передвижным гидротранспортером.	СГПИМ - 100	компл.	1

### Расчетные данные основного оборудования

Расчетные данные по работе противоточного Na-катионитового фильтра диаметром 3,4 м приведены в таблице - 3.2.5.

**Таблица – 3.2.5. Показатели работы установки умягчения**

Показатель	Ед. изм.	Величина
1. Расход воды подаваемой на фильтры	м <sup>3</sup> /ч	1000
2. Параметры фильтров:		
диаметр	мм	3400
площадь фильтрации	м <sup>2</sup>	9,1
количество	шт	4
3. Тип загрузочного материала	-	amberjet 1200 Na
4. Высота загрузки катионита	мм	2517
5. Объем загрузки	литр	22905
6. Объем инертного материала	литр	930
7. Скорость фильтрования	м/ч	30
8. Рабочая обменная емкость	моль/м <sup>3</sup>	1350
9. Продолжительность фильтроцикла	час	28,11
10. Объем воды на прижатие	м <sup>3</sup>	9,35
11. Время прижатия слоя	мин	3
12. Удельный расход 100% -ной соли на регенерацию	моль/моль	1,64
13. Объем регенерационного раствора 8 % NaCl	м <sup>3</sup>	22,27
14. Время пропуска регенерационного раствора	мин	15
15. Объем сырой воды на отмывку противотоком	м <sup>3</sup>	26,35
16. Время отмывки противотоком	мин	27
17. Время свободного осаждения	мин	10
18. Объем воды на отмывку по потоку	м <sup>3</sup>	39,61
19. Время отмывки по потоку	мин	10
20. Суточное число регенераций всех фильтров	рег/сут	3,42
21. Суточное число регенераций каждого фильтра	рег/сут	0,85
22. Объем воды на регенерацию	м <sup>3</sup>	88,23
23. Среднечасовой расход воды на собственные нужды	м <sup>3</sup> /ч	12,5

Расчетные данные по работе противоточного Na-катионитового фильтра диаметром 2,0 м приведены в таблице – 3.2.6.

**Таблица – 3.2.6. Показатели работы установки умягчения**

Показатель	Ед. изм.	Величина
1.Расход воды подаваемой на фильтры	м <sup>3</sup> /ч	1000
2.Параметры фильтров: диаметр площадь фильтрации количество	мм м <sup>2</sup> шт.	2000 3,08 8
3.Тип загрузочного материала	-	amberjet 1200 Na
4.Высота загрузки катионита	мм	2517
5.Объем загрузки	литр	7750
6.Объем инертного материала	литр	620
7.Скорость фильтрования	м/ч	40
8.Рабочая обменная емкость	моль/м <sup>3</sup>	1350
9. Продолжительность фильтроцикла	час	19,03
10.Объем воды на прижатие	м <sup>3</sup>	5,5
11.Время прижатия слоя	мин	3
12.Удельный расход 100% -ной соли на регенерацию	моль/моль	1,64
13.Объем регенерационного раствора 8% NaCl	м <sup>3</sup>	13,1
14.Время пропуска регенерационного раствора	мин	15
15.Объем сырой воды на отмывку противотоком	м <sup>3</sup>	15,5
16.Время отмывки противотоком	мин	27
17.Время свободного осаждения	мин	10
18.Объем воды на отмывку по потоку	м <sup>3</sup>	23,3
19.Время отмывки по потоку	мин	10
20.Суточное число регенераций	рег/сут	10,09
21.Объем воды на регенерацию	м <sup>3</sup>	51,9
22.Среднечасовой расход воды на собственные нужды	м <sup>3</sup> /ч	21,8

Последовательность операций при регенерации противоточного Na-катионитного фильтра:

- прижатие слоя катионита к верхнему распределительному устройству потоком осветленной воды со скоростью 30 м/ч;
- подача 8 % раствора хлористого натрия со скоростью 9,9 м/ч;
- отмывка исходной водой по линии регенерации со скоростью 9,9 м/ч;
- свободное осаждение слоя катионита на нижнее распределительное устройство в течение 10 минут;
- отмывка по линии подачи воды на умягчение исходной водой со скоростью 40 м/ч.

Все стадии регенерации наглядно показаны на рис. 6.

#### **Регенерационный узел.**

Раствор соли из солевой ячейки с концентрацией 26 % по напорному трубопроводу должен подаваться для очистки от нерастворимых примесей на механический фильтр диаметром 1,0 м. Загрузка фильтра производится гидроантрацитом с размером фракции 0,6-1,8 мм. Корпус фильтра изготовлен

из стеклопластика. Взрыхляющая промывка фильтра предусматривается исходной водой.

После механического фильтра раствор соли направляется в два расходных бака соли, выполненных из стеклопластика, диаметром 2250 мм, высотой 4010 мм и емкостью по 30 (15,0) м<sup>3</sup> каждый. В баках раствор соли доводится до концентрации 8%. Для этой цели к бакам подводится исходная вода, а перемешивание осуществляется солевыми химическими насосами марки АХ в количестве 2 шт. (1 рабочий, 1 резервный). Эти же насосы используются для подачи 8 % раствора соли на регенерацию противоточных Na-катионитовых фильтров.

### **Вспомогательное оборудование.**

Предлагаемая технология противоточного Na-катионирования предусматривает проведение периодических (2–4 раза в год) обратных промывок катионита от накопленных нерастворимых примесей, продуктов коррозии и органических веществ. Для этой цели используется емкость обратной промывки ЕОП и система гидроперегрузки ионообменных материалов СГПИМ – 100.

Гидроперегрузка части смолы из противоточного фильтра в ЕОП производится под давлением в линии исходной воды, а обратная загрузка очищенной смолы в фильтр производится с использованием водоструйного насоса гидротранспортера.

Использование в системе гидроперегрузки прозрачных напорно-всасывающих рукавов и быстроразъемных соединений позволяет производить операцию по очистке смолы быстро и без потерь смолы.

### **Трубопроводы и арматура.**

Обвязка основного технологического оборудования выполняется трубопроводами из стальных труб с нанесенным антикоррозионным покрытием.

Трубопроводы солевого узла и подачи рассола на регенерацию выполняются из труб PVC (непластифицированный поливинилхлорид).

В качестве запорной и регулирующей арматуры применяются отечественные или импортные дисковые поворотные затворы.

### **Обоснование принятых решений.**

1. В предлагаемой технологической схеме предусматривается 3 (6) рабочих и 1 (2) резервный противоточный Na-катионитовый фильтр. Диаметр фильтра 3,4 (2,0) м. При максимальной расчетной нагрузке рабочие скорости фильтрования на каждом рабочем фильтре составляют 30 (40) м/ч.

2. В схеме регенерационного узла соли предусмотрен механический фильтр диаметром 1,0 м, выполненный из стеклопластика и загруженный

гидроантрацитом. Его наличие позволяет исключить вероятность попадания нерастворимых примесей и продуктов коррозии из сети солевого рассола в противоточный фильтр. Данные примеси могут забивать дренажные колпачки нижнего распределительного устройства и блокировать ионообменные группы на зернах сильнокислотного катионита.

Кроме этого, в схеме узла соли предусмотрены два вертикальных бака-мерника, объемом по 30 (15,0) м<sup>3</sup> каждый.

3. В качестве вспомогательного оборудования предлагаемой схемы противоточного Na-катионирования используются емкости обратной промывки. Их наличие позволяет проводить взрыхляющие промывки смолы в случае возрастания потерь напора в слое катионита выше допустимых пределов. Данная операция увеличивает срок службы смолы и повышает эффективность умягчения воды при возможных колебаниях качества исходной осветленной воды по содержанию железа и взвешенных веществ.

#### **Компоновка оборудования.**

Все предлагаемое оборудование может быть расположено в существующем здании ХВО и займет площадь 30,6 x 25,5 м. Высота здания 6 м. Противоточные Na-катионитовые фильтры располагаются в одну ось, реагентный узел соли и ЕОП располагаются параллельно по другой оси.

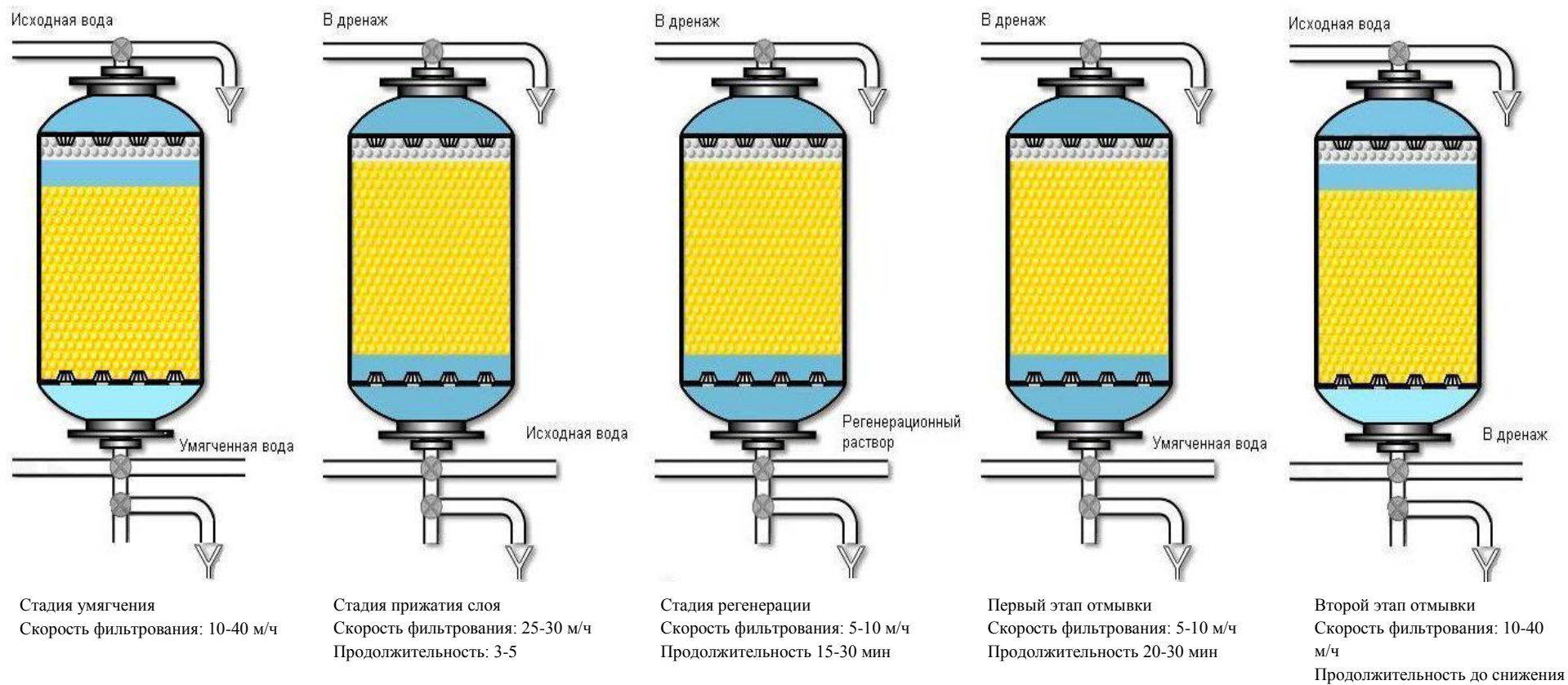
#### **Автоматизация**

По требованию Заказчика может быть разработана и поставлена автоматизированная система управления. При этом вся запорная и регулирующая арматура выполняется с электроприводом, осуществляется контроль расхода потоков воды, реагента, уровней в баках, жесткости обработанной воды, автоматическое регулирование потоков при регенерации. Насосы исходной воды оборудуются ЧРП.

Автоматизированная система управления имеет двухуровневую структуру:

- на нижнем уровне – датчики (расхода, уровня, жесткости), исполнительные механизмы, электроприводная запорная и регулирующая арматура, щиты управления запорной арматурой;

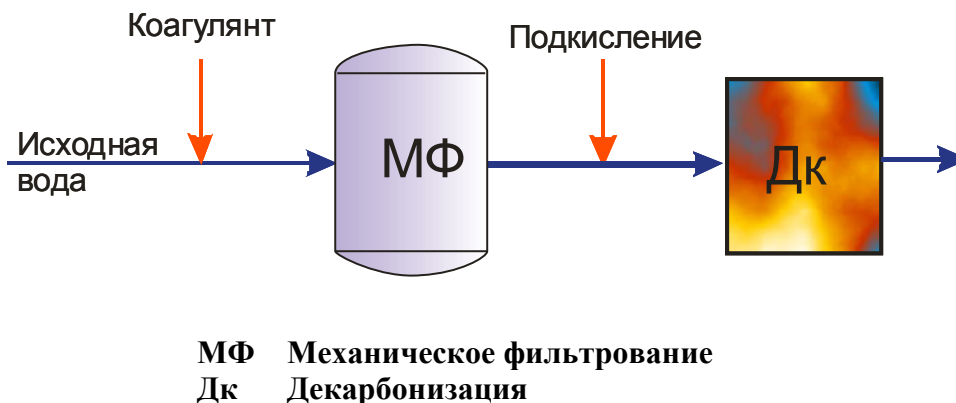
- на среднем уровне – контроллеры с модулями ввода/вывода входной информации и выходных команд в шкафах комплектной поставки (проектирование и поставка выполняется в объеме задач управления Na-катионитовыми фильтрами).



**Рисунок – 3.2.4. Стадии регенерации Na-катионитных фильтров**

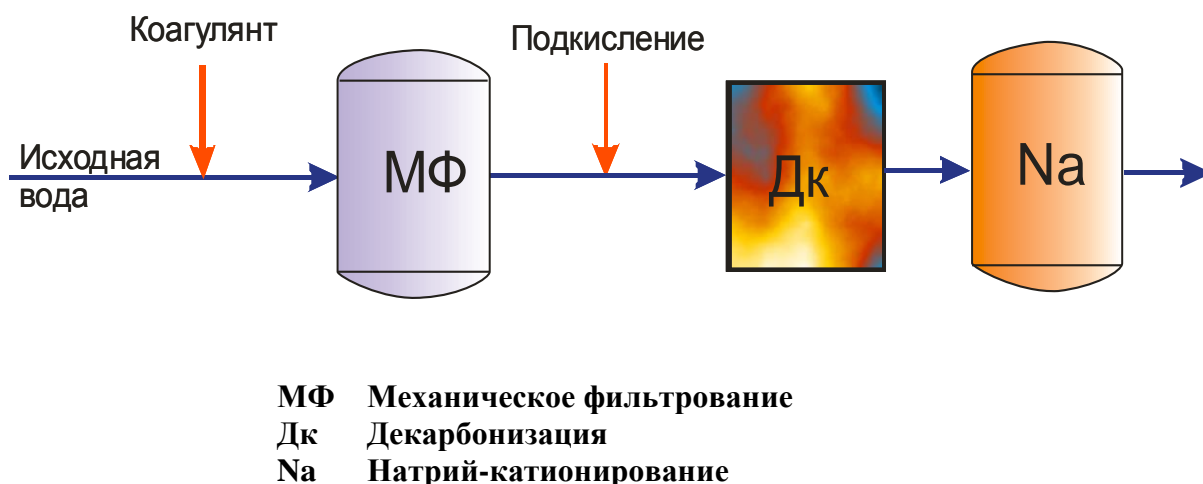


**Второй вариант реконструкции.** При обработке воды по второму варианту реконструкции в исходную воду подается коагулянт, затем исходная вода подается на механические фильтры, далее производится ее подкисление и затем декарбонизация.



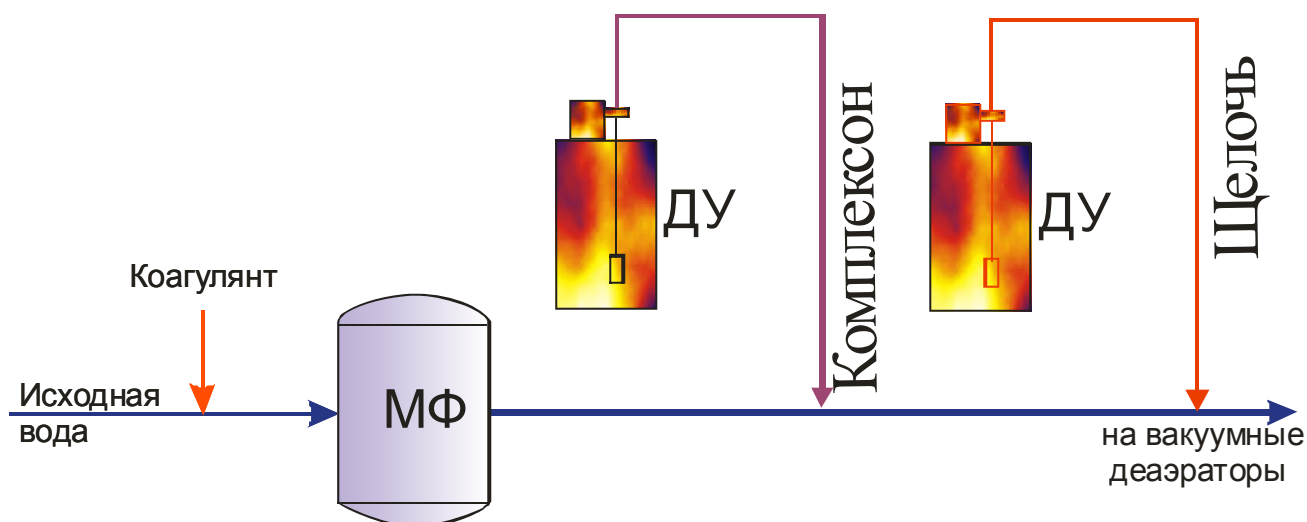
**Рисунок – 3.2.5.** Второй вариант реконструкции

**Третий вариант реконструкции.** По третьему варианту реконструкции после предочистки производится подкисление обрабатываемой воды, затем ее декарбонизация, далее часть воды (в зависимости от карбонатного индекса) подается на натрий-катионитные фильтры.



**Рисунок – 3.2.6.** Третий вариант реконструкции

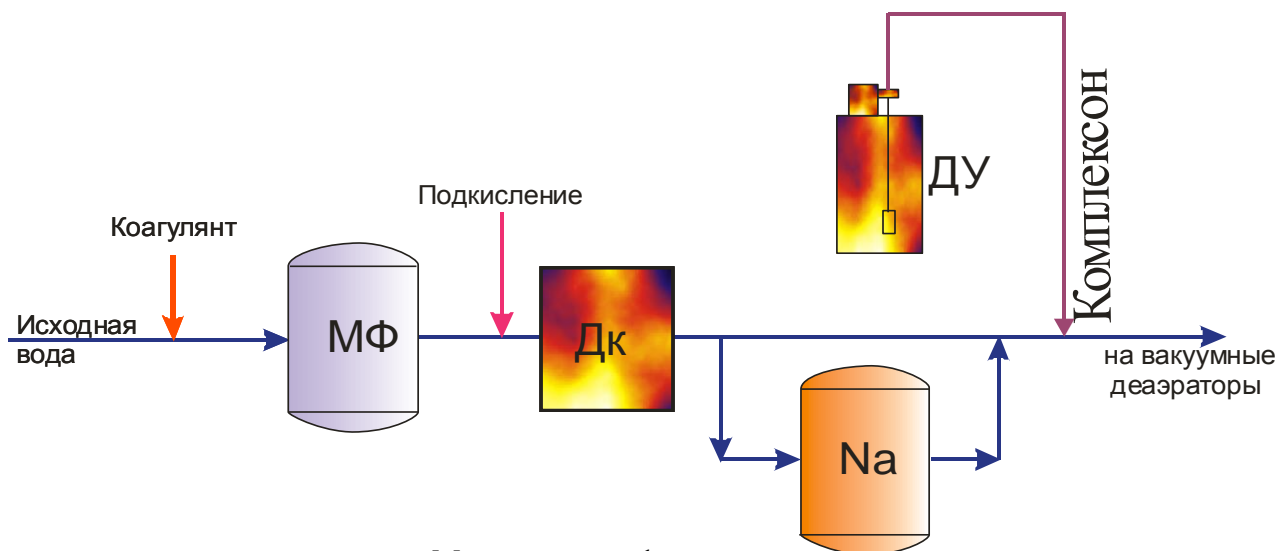
**Четвертый вариант реконструкции.** Четвертый вариант реконструкции включает предочистку исходной воды, обработку комплексоном и подщелачивание.



**МФ** Механическое фильтрование  
**ДУ** Дозирующая установка

**Рисунок – 3.2.7.** Четвертый вариант реконструкции

Согласно температурному графику температуру подогрева 140 – 150 °С необходимо поддерживать в течение 1 – 2 недель. Исходя из этого, предлагаем использование комбинированной схемы обработки воды.



**МФ** Механическое фильтрование  
**Дк** Декарбонизация  
**Na** Натрий-катионирование  
**ДУ** Дозирующая установка

**Рисунок - 3.2.8.** Комбинированная схема

### 3.1.2. Использование противоточных систем ионирования

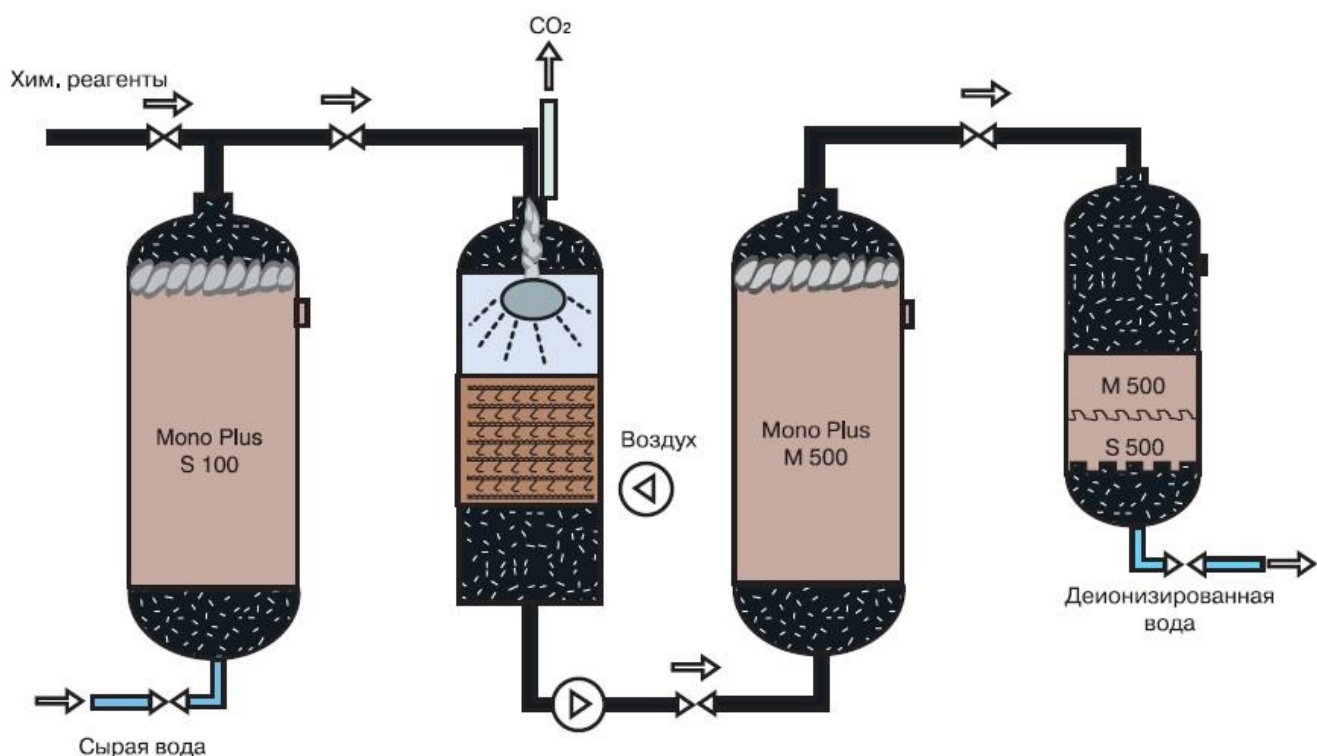
В комбинированном методе обработки воды могут использоваться системы противоточного фильтрования. Эта система позволяет уменьшить площадь занимаемую фильтрами ионного обмена и уменьшить расход ионита в фильтрах. Суть противоточного фильтрования заключается в подаче регенерационного раствора и обрабатываемой воды в разных направлениях. Хорошо отрегенированный ионит, в противоточной системе ионирования, находится на выходе из фильтра. Обрабатываемая вода проходя через фильтр проходит слой ионита с увеличивающейся глубиной регенерации, это говорит о том, что концентрационный напор сохраняется по всему пути. Сохраняемый напор обеспечивает высокое качество умягчения и деминерализации воды, максимально используется рабочая емкость ионита, уменьшается расход воды и реагентов. На сегодняшний день используются два вида конструкций противоточного фильтрования:

1. поток обрабатываемой воды снизу-вверх, поток реагента сверху-вниз;
2. поток обрабатываемой воды сверху-вниз, поток реагента снизу-вверх.

**Швебебет.** В 1960-х годах прошлого века была разработана и запатентована новая технология противоточной системы ионирования Швебебет. Эта технология была одной из первых. Она разработана компанией «Байер АГ» и переводится с немецкого языка (Schwebebett) как взвешенный или плавающий слой. По системе этой технологии обрабатываемая вода направляется снизу-вверх, а регенерационный раствор сверху-вниз.

В фильтрах этой системы ионит находится между двумя дренажными системами, расположенными сверху и снизу фильтра. В верхней части фильтра находится слой инертного гранулированного материала, слой которого 100-300 мм, и располагается между верхней дренажной системой и слоем ионита. Этот слой предохраняет верхнюю дренажную систему от попадания более мелких ионитов, которые образуются по причине раскалывания. Также этот слой улучшает распределение потоков и создает дополнительное пространство для расширения ионитов. Из недостатков технологии Швебебет можно назвать: чувствительность ионита к изменению расхода обрабатываемой воды и изменению режима работы, что приводит к перемешиванию ионита и дополнительной регенерации, необходимость частого взрыхления слоя ионита по причине возможности попадания мелких загрязнений, которые скапливаются в верхней части фильтра в последующие фильтры или распределительные трубы, также взрыхление требуется производить в специально предназначенной для

этого емкости, для осуществления в одном фильтре катионирования и анионирования, требуется установка специальных отделяющих слоёв тарелок.



**Рисунок – 3.1.2.1.** Принципиальная схема технологии Швебебет

**Амберпак.** Технология Амберпак разработана компанией «Ром и Хаас» и в переводе с английского (Amberpack) означает янтарный слой. В этой технологии фильтр наполняется только ионитом, вода движется снизу-вверх, а регенерационный раствор сверху-вниз. Из-за отсутствия слоя инертного материала в фильтрах технологии Амберпак взрыхление не производится, потому что отсутствует дополнительное пространство для расширения ионита, но нижняя часть ионита выгружается для промывки в специальных емкостях. Недостатком этой технологии можно назвать чувствительность к взвешенным веществам в обрабатываемой воде.

**Апкоре.** Технология Апкоре была разработана голландской компанией «Дау Кемикал Компани». Само название Апкоре является аббревиатурой и в переводе с английского языка (UP.CO.RE–Upflowcourtercurrentregeneration) расшифровывается как противоточная регенерация восходящим потоком.

В фильтрах этой технологии направление поток фоды и регенерационного раствора является противоположным чем в предыдущих технологиях, то есть обрабатываемая воды движется сверху-вниз, а регенерационный раствор снизу-вверх. Такой вид потока все время удерживает слой ионита спрессованным в

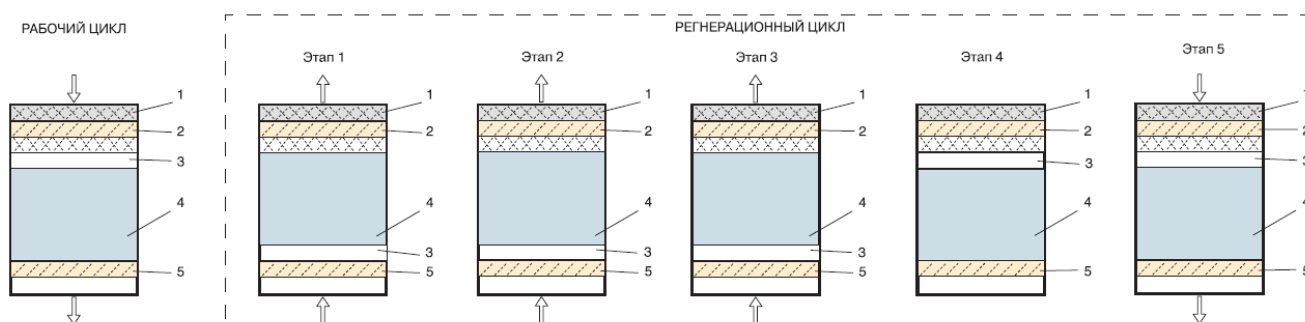
нижней части фильтра и защищает ионит от раскалывания. Эта технология лишена тех недостатков, которые присущи технологиям описанным выше.

До подачи в фильтр регенерационного раствора, вода, движущаяся снизу-вверх со скоростью около 30 метров в час, взрыхляет слой ионита и поднимает его до соприкосновения со слоем инертного материала. Верхняя дренажная система погружена в слой инертного материала, сам инертный материал пропускает через себя все мелкие частицы, но целые частицы ионита остаются на месте. Регенерационный раствор после подачи воды удерживает слой ионита прижатым к слою инертного материала, но его скорость ниже скорости воды (10 м/ч). Описанные операции отменяют необходимость взрыхления, а значит предохраняют нижние слои ионита от раскалывания. Последующие операции предназначены для отмывки слоя ионита от остатков регенерационного раствора. Сначала поток движется снизу-вверх со скоростью 10 метров в час в течении 30 минут, далее слой ионита оседает в течении 5-10 минут, последующий поток движется сверху-вниз со скоростью 20-30 метров в час в течении 30-40 минут.

Еще одной особенностью фильтров системы Апкоре является возможность послойной загрузки анионита без установки отделяющих слоев пластин.

Простота и универсальность технологии позволяет использовать параллельноточные фильтры для противоточной очистки. Для этого необходимо только заменить дренажные системы фильтра.

Для технологии Апкоре компания Дау Кемикал разработала специальную ионообменную смолу с прекрасными гранулометрическими (монодисперсными), физико-химическими и кинетическими свойствами. Более 90% процентов ионитов имеют размер не более  $\pm 10\%$ .



**Рисунок – 3.1.2.2. Схема технологии Апкоре.**

Рабочий цикл: 1 - слой инертного материала, 2 – верхняя дренажно-распределительная система, 3 – свободной пространство, 4 – ионит (1-2 слоя), 5 – нижняя дренажно-распределительная система.

Регенерационный цикл: этап 1 – ввод обессоленной воды в фильтр снизу вверх, этап 2 – ввод регенерационного раствора реагентов в фильтр снизу вверх, этап 3 – ввод обессоленной воды для предварительной промывки ионитов в фильтр снизу вверх, этап 4 – оседание ионита, этап 5 – ввод осветленной или умягченной воды в фильтр для окончательной отмывки ионита сверху вниз.

### **Заключение**

В ходе выполнения диссертационного исследования было выполнено изучение качественного состава природных вод используемых для подпитки тепловых сетей на территории РК. Показатели качества воды могут значительно меняться в зависимости от сезонов (паводковый и засушливый периоды). Анализируя приведенные показатели качества воды можно заметить, что они значительно разнятся.

Были выполнены экспериментальные исследования с целью разработки наиболее оптимальных схем подготовки подпиточной воды. Применение СК-110 позволяет предотвратить накипеобразование при температуре стенки не выше 150 °С, в режиме подогрева, с дозой до 4,0 мг/л и общей жесткостью подпиточной воды до 3,0 мг-экв/л.

В режиме кипения, предотвращение накипеобразования возможно при дозировке 6-10 мг/л. Поэтому экспериментальные данные показали необходимость применения комбинированного метода обработки воды: ввод комплексона + натрий-катионированная вода.

Комбинированный метод подготовки подпиточной воды для тепловых сетей позволяет нагревать сетевую воду до 150 °С. При этом в летний период когда температура нагрева сетевой воды составляет 70 °С применяется только дозирование комплексона в подпиточную воду. В зимний период часть воды очищается на натрий-катионитных фильтрах и затем ввод в подпиточную воду дозируется комплексон.

Также рассмотрена возможность применения противоточного натрий-катионирования, которая позволяет сократить количество натрий-катионитных фильтров.

### **Список литературы**

1. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубанов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 248 с.: ил.
2. «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Казахстан» РД 34 РК. 20.501-02

3. Справочник. / Под.ред. д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240с.
4. Состояние химводоочистки на теплоисточниках Минэнерго Казахской ССР/ М.Г. Злотников. – Алма-ата: КазНИИНТИ, 1989. – 50с.
5. Справочник «Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления». / Ю.М. Кострикин, Н.А. Мещерский, О.В. Коровина. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 252 с.
6. Справочник по водоподготовке котельных установок. Издание второе, переработанное и дополненное / О.В. Лифшиц. М.: «Энергия», 1976. – 287с.
7. Водоподготовка: учебное пособие для вузов. / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. М.: Издательство МГУ. 1996. – 679с.
8. Серебряная вода. Издание девятое, переработанное и дополненное/ Л.А. Кульский. Киев.: Наукова думка. 1987. – 136с.