



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности
предприятий природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
(квалификация – бакалавр)

На тему Анализ технологии снижения жесткости воды в котельной ФГКБУЗ
санаторий «Солнечный»

Исполнитель Мазлумян Аристарх Карапетович

Руководитель к.б.н., доцент Долгова-Шхалахова Алина Владимировна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«22» 01 2020 г.

Туапсе

2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Общие понятия жесткости воды и теоретические основы ее снижения.....	5
1.1 Естественные причины жесткости воды и ее влияние на функционирование оборудования с водооборотным циклом.....	5
1.2 Основные методы снижения жесткости воды	13
2 Технологии эксплуатации оборудования снижения жесткости воды в котельной санатория «Солнечный»	19
2.1 Характеристика система функционирования котельной в санатории «Солнечный»	19
2.2 Назначение и функционирование установки химической водоочистки в санатории «Солнечный».....	25
3 Мероприятия по снижению жесткости воды в оборотной системе котельной санатория «Солнечный»	38
3.1 Существующие технические проблемы проведения регенерации фильтров в котельной санатория «Солнечный»	38
3.2 Влияние жесткости воды на состояние здоровья человека и мероприятия по умягчения воды в оборотной системе котельной санатория «Солнечный»	45
Заключение	51
Список использованной литературы.....	54

Введение

В природе нет совершенно чистой воды. Если она где-нибудь и образуется, то это ненадолго. Вода – прекрасный растворитель. Соприкасаясь с другими веществами, растворяет их и везде с ними путешествует, подбирая по пути новые элементы или растворяя одни и выделяя другие. Так, за время прохождения через горные породы, содержащие различные минеральные соединения, вода обогащается различными минералами, в частности солями кальция и магния. Именно их содержанием и обусловлено такое ее свойство, как жесткость: чем больше солей кальция и магния в воде, тем она жестче. Жесткость воды обусловлена растворенными солями кальция и магния. Возможно присутствие солей и других металлов, например, железа.

Вода с большим количеством таких солей называется жесткой, с малым содержанием – мягкой. Термин «жесткая» по отношению к воде исторически сложился из-за свойств тканей после их стирки с использованием мыла на основе жирных кислот – ткань, постиранная в жесткой воде, более жесткая на ощупь. Этот феномен объясняется, с одной стороны, сорбцией тканью кальциевых и магниевых солей жирных кислот, образующихся в процессе стирки на макроуровне. Волокна ткани обладают ионообменными свойствами сорбировать многовалентные катионы - на молекулярном уровне.

Природная вода обычно содержит различные растворенные соли и другие примеси, нежелательные для использования воды в промышленности и быту. Наиболее чистой является дождевая вода, но и она содержит некоторые количества различных веществ, которые она захватывает, проходя через атмосферу.

Различают два вида жесткости, временную и постоянную жесткость. Временная жесткость появляется при взаимодействии известняка с дождевой водой. В результате образуются двууглекислые соли кальция и магния - гидрокарбонаты. При кипячении либо испарении воды они выпадают в осадок, образуя накипь на дне чайника или сталактиты и сталагмиты в пещере.

Вода с жесткостью постоянной содержит другие кальциевые, магниевые, натриевые и калиевые соединения. Эти минералы при кипячении не выпадают в осадок, их устраняют умягчением воды. Особенно вредны хлористые и сернокислые соли магния: при большой температуре они разлагаются и выделяют соляную и серную кислоту.

Актуальность выпускной квалификационной работы: жесткость воды препятствует эффективному и бесперебойному функционированию оборудования с водооборотным циклом.

Объект исследования: котельное оборудование санатория «Солнечный».

Предмет исследования: влияние химический состав воды в оборотной системе котельной.

Цель работы: анализ возможных способов снижения жёсткости воды в условиях котельной санатория «Солнечный».

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие задачи:

- проанализировать естественные причины жесткости воды и ее влияние на функционирование оборудования с водооборотным циклом;
- рассмотреть особенности системы функционирования котельной в санатории «Солнечный»;
- провести химический анализ воды, поступающей в систему водоснабжения оборудования котельной санатория «Солнечный»;
- исследовать способы устранения возрастающей жесткости воды в процессе ее оборота, подготовить рекомендации по их применению.

1 Общие понятия жесткости воды и теоретические основы ее снижения.

1.1 Естественные причины жесткости воды и ее влияние на функционирование оборудования с водооборотным циклом

Хоть мы и привыкли связывать экологические проблемы с деятельностью человека, к жесткости природной воды из источников она отношения не имеет. Причина лежит под землей. А если быть точнее, в залежах пород: гипса, известняка, доломитов. Подземные воды растворяют в себе эти породы. В воде появляются катионы кальция и магния и других металлов, которые вступают в реакцию с анионами и непосредственно влияют на жесткость.

Из за этого в подземных источниках и в скважине вода жесткая. Пресная вода в поверхностных водах мягче подземных. Однако большую жесткость поверхностные воды имеют в зимний период. Но наступлением весны в них поступают талые воды и снижают жесткость.

В природе нет совершенно чистой воды. Если она где-нибудь и образуется, то очень ненадолго. Вода - отличный растворитель. Соприкасаясь с другими веществами, растворяет их и всюду с ними путешествует, подбирая по дороге новые составные элементы или растворяя одни и выделяя другие. Так, за время длинного пути среди горных пород вода обогащается различными минералами, в частности солями кальция и магния. Именно их содержанием и обусловлено такое ее свойство, как жесткость: чем больше солей кальция и магния в воде, тем она жестче [17, с.142].

Жесткая вода нежелательна для мытья посуды и стирки: посуда тускнеет, а ткани быстрее изнашиваются. Еще больший вред такая вода наносит бытовой технике: стиральным и посудомоечным машинам, электрическим чайникам и кофеваркам. Соли магния кальция и, осаждаясь на нагревательных элементах, образуют твердые известковые отложения. Машине приходится расходовать больше энергии на нагревание воды. Кроме того, эти отложения мешают нормальной работе бытовой техники [10, с.203].

Различают временную и постоянную жесткость. Временная возникает

при взаимодействии известняка с дождевой водой. В результате образуются двууглекислые соли кальция и магния - гидрокарбонаты. При кипячении либо испарении воды они выпадают в осадок, образуя накипь на дне чайника или сталактиты и сталагмиты в пещере.

С жесткостью постоянной содержит другие кальциевые, магниевые, натриевые и калиевые соединения. Эти минералы при кипячении не выпадают в осадок, их устраняют умягчением воды. Особенно вредны хлористые и сернокислые соли магния: при высокой температуре они разлагаются и выделяют соляную и серную кислоту.

В нашей стране жесткость воды выражают в миллиграмм-эквивалентах на 1 л (1 мг-экв Ca^{2+} =20,04 мг; 1 мг-экв Mg^{2+} =12,16 мг). В других странах ее измеряют в градусах жесткости, например, в Германии 1 градус жесткости соответствует содержанию 10 миллиграммов окиси кальция (CaO) в 1 л воды; в Англии жесткость воды измеряют в градусах жесткости, выражающих содержание углекислого кальция (CaCO_3) в гранах (1 гран =0,0648 г) в 1 галлоне (4,546 л) воды; во Франции 1 градус жесткости равен 1 г CaCO_3 в 100 000 г воды. Сравнить различные единицы измерения жесткости воды можно по таблице.

Мягкая вода - до 11 немецких градусов, или до 5 мг-экв/л, полужесткая - от 10 до 20 градусов, или от 4 до 9 мг-экв/л, жесткая - от 20 до 30 градусов, или от 8 до 12 мг-экв/л, очень жесткая - от 30 градусов, или от 13 мг-экв/л и выше.

Допустимый предел жесткости воды, используемой для централизованного водоснабжения, - 6 мг-экв/л [4, с.56].

Природная вода содержит различные растворенные соли и другие примеси, нежелательные для использования воды в быту и промышленности. Наиболее чистой является дождевая вода, но и она содержит большое количество различных веществ, которые она захватывает, проходя через атмосферу.

Жесткость воды обусловлена, растворенными солями кальция и магния. Возможно присутствие солей и других металлов. Вода с большим содержанием

таких солей называется жёсткой, с малым содержанием – мягкой. Термин «жёсткая» по отношению к воде исторически сложился из-за свойств тканей после их стирки с использованием мыла на основе жирных кислот – ткань, постиранная в жёсткой воде, более жёсткая на ощупь. Этот феномен объясняется, с одной стороны, сорбцией тканью кальциевых и магниевых солей жирных кислот, образующихся в процессе стирки на макроуровне. С другой стороны, волокна ткани обладают ионообменными свойствами, и, как следствие, свойством сорбировать многовалентные катионы - на молекулярном уровне [4, с.78].

Различают два вида жесткости воды:

Временная (карбонатная) жесткость обусловлена присутствием гидрокарбонатов кальция и магния $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Наличие этих солей в воде объясняется растворением карбонатов магния и кальция под действием природной воды и растворенного в ней углекислого газа (диоксида углерода) при контакте с породами (таких как, доломит или гипс), содержащими эти соли (рисунок 1).



Рисунок 1 – Минерал доломит [9, с. 118]

Карбонатная жесткость называется временной потому, что эти соли разлагаются при кипячении воды.

Постоянная жесткость обусловлена присутствием в воде, главным

образом, сульфатов и хлоридов кальция и магния CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 .

Наиболее сложным для удаления является сульфат CaSO_4 , обладающий небольшой растворимостью.

В сумме временная и постоянная жесткость составляют общую жесткость воды:

$$J_{\text{общ}} = J_{\text{врем}} + J_{\text{пост}} \quad (1)$$

В России жесткость характеризуется числом миллиграмм-эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в одном литре воды. Один миллиграмм-эквивалент (мг-эquiv) жесткости соответствует содержанию 20,4 мг/л ионов Ca^{2+} и 12,16 мг/л ионов Mg^{2+} (20,04 мг Ca^{2+} и 12,16 мг Mg^{2+} миллиграмм-эквивалентные массы этих катионов, массы 110^{-3} эквивалентов этих ионов) [9, с.137].

Для умягчения воды существуют различные методы, которые используются самостоятельно (кипячение, использование реагентов) или применяются для умягчения воды в фильтрах:

- термический;
- с помощью реагентов;
- ионообменный;
- мембранный;
- магнитный;
- электромагнитный;
- комбинированный.

Каждый из них позволяет в той или иной степени подготовить воду для использования её для технических нужд или как питьевую. И в зависимости от того, какой исходной обладает жесткостью вода и до какой степени, и в каком количестве ее необходимо умягчить, для каких целей она будет использоваться, можно применять тот или иной метод. А для того, чтобы определиться, какой из методов будет оптимальным вариантом, конкретно в вашем случае,

рассмотрим их более подробно [9, с.34].

Термический метод умягчения воды или кипячение - один из наиболее распространенных и простых способов снижения жесткости. При кипячении жесткой воды гидрокарбонат кальция, который чаще всего является причиной повышенной жесткости, под действием повышенной температуры, распадается, образуя углекислый газ и осадок из карбоната кальция. С помощью этого простого способа умягчения можно значительно снизить содержание в воде солей жесткости.

Таким методом умягчения также можно частично уменьшить и жесткость, вызванную сульфатом кальция CaSO_4 , так как его способность растворяться в воде снижается до 0,65 г/л при температуре кипения - 100°C .

Недостатком можно считать то, что устранить полностью кипячением жесткость воды не получится, так как CaCO_3 хоть и частично (13 мг/л при температуре 13°C), но, всё же, может растворяться. К тому же, при кипячении образуется осадок, который необходимо будет удалять. Да и умягчать большой объем воды таким методом весьма затруднительно [9, с.45].

Реагентные методы умягчения воды. Применение для снижения её жесткости веществ, способных связывать имеющиеся в жесткой воде ионы Ca^{+2} и Mg^{+2} и превращать их в нерастворимые соединения, которые выпадают в осадок. В качестве реагентов таких для умягчения воды, в зависимости от её состава, может применяться известь, кальцинированная сода, едкий натр, синтетические реагенты или даже обычная пищевая сода. Умягчение с помощью извести, этот способ стоит применять для умягчения воды с высоким содержанием карбонатных соединений и небольшой некарбонатной жесткостью. При этом методе смягчения в воду вместе с известью добавляют ещё и реагенты-коагулянты. Известково-содовый метод (известь+сода). Этот способ применяют только при относительно неглубоком умягчении - до 1,4-1,8 мг-экв/л [9, с.76].

Содо-натриевый метод. Этот метод применяют при умягчении жесткой воды, в которой карбонатная жесткость ненамного преобладает над

некарбонатной. Синтетические реагенты-умягчители и средства для жесткой воды. Кроме этого, в настоящее время существуют и разные синтетические реагенты для умягчения жесткой воды.

При использовании методов снижения жесткости воды с помощью реагентов, она умягчается и, к тому же, освобождается от мутных взвесей.

Недостатки реагентных методов смягчения:

- наличие твердых отходов (первые три способа);
- при добавлении реагентов требуется их точное дозирование;
- в большинстве случаев, воду, смягченную реагентами, нельзя пить, или использовать для приготовления пищи (пищевая сода один из немногих реагентов, после которого воду можно употреблять в пищу, но этот реагент снижает жесткость только частично);
- необходимость специального места для безопасного хранения реагентов [9, с.276].

Ионообменный метод, который используют для смягчения жесткой воды основан на том, что вода проходит фильтрацию через специальные материалы, в которых происходит обмен ионов, входящих в их состав (чаще всего – натрия), на ионы жесткости (чаще всего - кальция или магния). В качестве ионообменных материалов используют специальные мелкозернистые смолы, которые не подвергаются залипанию оксидом железа (AMBERLITE SR 1L, AMBERJET 1200 Na или др.).

В процессе ионного обмена, при умягчении воды, запас необходимых ионов в таких смолах постоянно снижается и для восстановления их способности к ионному обмену проводят их регенерацию или замену.

Регенерация осуществляется пропуском специального регенерационного раствора (чаще всего – поваренной соли) через слой отработанной и взрыхленной смолы. При этом она снова насыщается ионами натрия, а ионы жесткости выводятся в канализацию.

Фильтры, работа которых, основана на ионообменном методе могут быть трех типов:

- в виде корпуса с колбой, с засыпкой и периодической заменой в них ионообменных кристаллов - наиболее простой эконом-вариант;
- со сменными картриджами для умягчения воды, требующими их периодической замены;
- регенеративными - фильтры более сложной конструкции, в которых осуществляется периодическое восстановление ионообменных свойств смолы – её регенерация.

Преимуществом метода ионного обмена можно считать возможность обеспечить достаточно большую производительность и высокий уровень умягчения.

Недостатки ионообменного метода умягчения:

- вода, жесткость которой снижена таким способом, не пригодна для питья или приготовления пищи;
- фильтры без функции регенерации требуют периодической замены расходных материалов (кристаллов или картриджей);
- относительно высокая стоимость фильтров для умягчения с функцией регенерации [24, с.96].

Мембранный метод умягчения воды основан на «продавливании» жесткой воды, при помощи сильного давления 3-4 атм, через полупроницаемую мембрану. Такая мембрана пропускает исключительно молекулы воды, а все соли, любые минеральные и органические примеси не проходят. В результате на выходе получается практически дистиллированная вода.

На этом методе очистки основано действие основных фильтров, так называемого, обратного осмоса, а также и некоторых настольных фильтров.

Лучшим качеством такого метода можно считать то, что вода смягчается максимально и при этом очищается, практически от всех видов загрязнения.

Недостатками мембранного метода умягчения можно считать:

- необходимость избыточного давления (3-4 атм) в системе водоснабжения для продавливания воды через мембрану;
- вода полностью очищается от всех минеральных солей, и чтобы

употреблять её для питья необходимо производить дополнительную минерализацию, то есть уже искусственно повышать её жесткость;

- относительно высокая стоимость умягчения (сами фильтры и расходные материалы - мембраны) [8, с.118].

Магнитный метод умягчения жесткой воды основан на воздействии на неё магнитным полем постоянных магнитов.

Такое магнитное поле изменяет физические свойства протекающей через него жесткой воды. Силикаты, соли магния и кальция, в результате магнитного воздействия, теряют способность откладываться в виде твердых отложений или накипи на стенках и нагревательных элементах и удаляются потоком жидкости в виде шлака и накапливаются в специальных отстойниках, откуда удаляются.

Кроме того, после магнитной обработки вода сама разрыхляет и удаляет ранее отложившуюся накипь. Оптимальная скорость потока жидкости, при таком методе её умягчения, 0,5-4,0 м/сек.

Электромагнитный метод снижения жесткости воды сравнительно новый основанный на воздействии на жесткую воду электромагнитными волнами определенной частоты, которые генерирует специальный прибор на основе микропроцессора. В результате электромагнитного воздействия ионы кальция и магния теряют способность образовывать осадок и накипь и, находясь во взвешенном состоянии, удаляются из системы вместе с водой в канализацию. Этот метод позволяет не только предотвращать появление накипи и осадка в системах водоснабжения или отопления дома, но и удалять наслоения солей жесткости, образованные раньше.

Комбинированный метод. При комбинированном методе в одной системе используются совместно фильтры для умягчения воды, действие которых основано на двух или нескольких из вышеописанных методов снижения её жесткости. При этом подбор методов зависит от определенных условий - уровня жесткости и минеральный состав солей, являющихся её причиной. Так, например, в системе водоснабжения дома может использоваться на входе

магнитный или ионообменный фильтр, а для питьевых нужд - обратный осмос [6, с.301].

1.2 Основные методы снижения жесткости воды

Рассмотрим самые популярные способы умягчения котловой воды, которые придумало человечество. Этим способом, на самом деле, не так много, как кажется. Все перечислять мы не станем, а поговорим об основных.

Итак, какие популярные способы применяют для очищения котловой воды? Если стоит целевая задача понизить количество жесткости в воде, то тут нет конкурентов у ионного обмена. Никакой другой прибор лучше него не устранил кальций и магний из воды в нужном к тому же количестве. Отфильтровывающей средой в ионообменном устройстве является натриевая смола. Она с легкостью отдает жестковатой воде свой натрий и забирает взамен соли жесткости. Качество умягчения здесь производится на высоком уровне, скорость очищения воды самая высокая из всех очищающих установок. Но ионный обмен в состоянии только умягчать воду, без каких-либо дополнительных эффектов.

В теплоэнергетике умягчители воды для паровых котлов используют для небольших котельных, а также в случаях, когда конденсат в паровых котельных возвратный. Смола, которую используют для обмена, может быть выполнена из стирола или фенола. Форма исполнения смолы может быть гелевой или пористой. Все зависит от количества примесей в воде.

Принцип работы ионного обмена можно представить следующим образом: когда вода еще не поступила и не начала контактировать со смолой, все ионы натрия в смоле располагаются на поверхности. Но тут в установку попадает вода, и она начинает вымывать эти натриевые соли, оставляя вместо них соли жесткости. Солевой состав в воде практически не поменялся, но при этом все вредные соли из нее были устранены.

Но содержание натрия в смоле не бесконечно и со временем оно конечно

же вымывается полностью. Тогда систему либо восстанавливают, либо покупают новый картридж с новой насыщенной смолой [23, с. 38].

Поскольку восстановление такой системы происходит с помощью очень соленого раствора, то для получения питьевой воды подобный метод использовать нельзя. Для смягчения паровой воды он вполне подойдет. Но данный метод в быту все же применяют, т.к. картридж там не восстанавливают, а меняют.

Умягчение котловой воды подразумевает восстановление в обязательном порядке. Промышленная установка ионного обмена, даже если она многоступенчатая имеет для каждого фильтра свой восстановитель. В нем содержится сильно соленый раствор. Там содержится чистый натрий без примесей, и когда молу в него погружают, то соли жесткости легко покидают свое место, оставляя его для натрия. Смола восстанавливается, вновь насыщается натрием и снова может работать.

Причем если фильтров в системе несколько, то нагрузка с восстанавливаемого фильтра равномерно распределяется между остальными фильтрующими приборами. Плохо в подобной установке то, что после восстановления получают очень вредные, сильно соленые отходы. Их нужно дочищать, чтобы сбросить в атмосферу. Да и разрешение на такой сброс, нужно получить в обязательном порядке.

Если умягчение котловой воды подразумевает острую потребность в котловой воде с низким показателем электропроводимости, то в этом случае нужна не просто очищенная вода, нужен дистиллят. Ни ионный обмен, ни водоподготовка котельных установок обеспечить такую степень очистки не может. В данном случае на помощь приходят мембранные способы умягчения котловой воды (рисунок 2). Самым популярным из них является обратный осмос и нанофильтрация.

Обратный осмос единственный способ мягчения котловой воды и не только, который в состоянии гарантировать практически сто процентную очистку от примесей. Какая бы органика не входила в вашу воду, какие бы

бактерии не содержались, обратный осмос уберет все.



Рисунок 2 – Мембранный способ умягчения котловой воды [1, с. 219]

Основным фильтрующим моментом здесь обладает полупроницаемая мембрана со множеством мелких отверстий, через которые вода просачивается довольно медленно. Все примеси при этом остаются в мембране или за ее пределами (рисунок 3).



Рисунок 3 – Умягчение котловой воды с применением систем обратного осмоса [1, с. 223]

Отфильтровывание происходит с помощью давления. Вода сперва сама своим ходом медленно протекает через полупроницаемую мембрану, а потом

резко давление увеличивают и заставляют воду пойти в обратном направлении, оставив все примеси в мембране. Однако у осмоса есть свои особенности. Его нельзя применять самостоятельно. Мембраны для этого слишком дорогие и слишком чувствительные. Поэтому обратный осмос в быту идет только в комплексе с другими фильтрами, что, конечно его удорожает.

Потом обратный осмос удаляет из воды слишком много примесей, в том числе и нужные для организма минералы. Поэтому установку могут снабжать еще и кондиционерами для восстановления минерализации. Обратный осмос используется только на паровых котельных, и только в том случае, если пар нужен идеальный. Теплоэнергетика всегда подразумевает большие объемы очищаемой воды. В этом случае обратный осмос должен использоваться в виде нескольких приборов и обязательно в воду нужно добавлять специальное вещество, которое предотвращает зарастание мембран остатками солей жесткости.

После того, как воду умягчили, для водогрейных котлов лучше всего использовать электромагнитный умягчитель воды «АкваЩит». Там требования к определенному качеству мягкой воды ниже, чем в паровых котельных.

На рисунке 4 представлена вакуумно-насосная станция мобильного исполнения.



Рисунок 4 – Вакуумно-насосная станция мобильного исполнения [14, с. 115]

Термическая дегазация – это тоже кипячение с целью устранить из воды растворенные в ней кислород и углекислый газ, который образовался при кипячении жестковатой воды. Если установка умягчения имеет небольшую мощность или объем возвращаемого конденсата велик, то в этом случае можно использовать приборы частичной дегазации. Секретом данной дегазации заключается в том, что работает при достаточно низких температурах 75-90 градусов Цельсия. При такой температуре смесь газов испаряется с поверхности кипящей воды, но не в полном объеме. Часть углекислого газа на пару с остатками кислорода остаются. Поэтому для получения качественного пара в этом случае дополнительно нужно еще химическую обработку воды проводить [7, с. 14].

Более крупные предприятия, где объемы используемого пара больше, требуют применения специальных установок для дегазации. Это деаэраторы вакуумного или атмосферного типа. Потом также требуется химическое влияние на остаточные осадки примесей. Уровень кислотно-щелочного баланса нужно повышать. На этой стадии очень часто ошибаются и передозируют количество реагентов, впрыскиваемых в систему. Тут нужен тщательный контроль и измерение впрыскиваемых веществ.

Ручное впрыскивание реагентов и частый их переизбыток плох тем, что вместе с концентрацией химикатов увеличивается и электропроводимость воды. Плюс еще и шлам образовывается, который нужно полностью вывести из системы. Возможно и появление вспенивания, а из-за него котел может вообще остановить свою работу. Да и гидроудары внутри системы возможны из – за унос воды. Так или иначе, но дозирование реагентов вручную совершенно невыгодно и его стараются сегодня не применять.

Но и после этой стадии обработки умягчение котловой воды не закончилось. Вода может со временем менять свои параметры, конечно же это отразится на качестве пара и дегазации. Поэтому обязательно периодически в системе проводить замер состояния воды и ее примесей, чтобы своевременно отреагировать и откорректировать состав оборудования для умягчения воды.

Для такого отбора воды в системе на трубе делают специальные участки, откуда можно брать воду на пробу.

Хотя сегодня прогресс в умягчении котловой воды шагнул далеко вперед, но автоматическую систему дозированного впрыска и автоматическую систему замеров состояния воды на сегодня так до конца и не разработали. Опытные образцы есть, но они пока еще не поступили в продажу, а если где-то за границей они и есть, то стоят непомерно дорого.

Нормы проектирования водоподготовки отопительных и промышленных котельных определяются СНиП II-35-76 «Котельные установки». Согласно этому документу «Водно-химический режим работы котельной должен обеспечивать работу котлов, пароводяного тракта, теплоиспользующего оборудования и тепловых сетей без коррозионных повреждений, и отложений накипи и шлама на внутренних поверхностях, получение пара и воды требуемого качества». Состав системы водоподготовки в котельной (в теплоэнергетике принято сокращение ВПУ – водоподготовительная установка) определяется качеством исходной воды, требованиями к очищенной воде, производительностью установки. Требования к очищенной воде зависят от ее назначения и определяются нормативными документами [19].

2 Технологии эксплуатации оборудования снижения жесткости воды в котельной санатория «Солнечный»

2.1 Характеристика система функционирования котельной в санатории «Солнечный»

Санаторий «Солнечный» войск национальной гвардии Российской Федерации расположен на берегу Черного моря в одном из живописнейших мест Туапсинского района Краснодарского края, занимает просторную территорию в 14 гектаров в экологически чистой зоне с благоприятным средиземноморским климатом, в окружении живописных гор, имеет собственный пляж и представляет собой гармоничное единство архитектурного комплекса и естественного ландшафта.

Среднегодовая температура воздуха 14,7 градусов по Цельсию. Весна ранняя, в апреле среднемесячная температура воздуха достигает 11 градусов по Цельсию. Лето очень тёплое и относительно сухое. Летнюю жару смягчают морские бризы. Среднемесячная температура августа 25 градуса по Цельсию. Осень тёплая, продолжительная. Лучший курортный месяц – «бархатный» - сентябрь. Зима мягкая, со среднемесячной температурой января 5 градуса по Цельсию. Устойчивого снежного покрова почти не бывает, но несмотря на это котельная работает круглогодично

Основным топливом котельной является легкое нефтяное топливо (дизельное). Общий расчетный расход топлива составляет 800 кг/ч.

Снабжение котельной жидким топливом предусматривается от запроектированного склада жидкого топлива, состоящего из 3-х надземных резервуаров объемом 50 м³ каждый, промежуточной емкости объемом 3м³ и блока насосов НМШ 8-25 производительностью 6,3 м³/ч. Насосы дизельного топлива, установленные под емкостью V=3 м³ вне котельной, подают топливо в промежуточную емкость. В емкости V=3 м³ установлены датчики уровня, сблокированные с насосами дизельного топлива. Из промежуточной емкости топливо поступает к горелкам котлов самотечно. Схема топливоснабжения

котельной тупиковая. На вводе в котельную установлен отсечной электромагнитный клапан.

Котельная работает по закрытой системе теплоснабжения. Нагрев теплоносителя отопительного контура и контура ГВС осуществляется через пластинчатые теплообменники. В котельной смонтированы четыре котла фирмы Viessmann Vitoplex 100 SX1 (Германия) (рисунок 5).



Рисунок 5 – Viessmann Vitoplex 100 SX1- водогрейный, трехходовой котел

Viessmann Vitoplex 100 SX1- водогрейный, трехходовой (по дымовым газам) стальной котел для работы на жидком или газообразном топливе. Выполнен в блочном исполнении. Обмуровка котла облегченная, с использованием минерало-ватных матов. Обшивка котла металлическая из листов стали. Конструкция котла выполнена в газоплотном исполнении и работает под наддувом. Жаровые трубы второго и третьего хода расположены в верхней части котлового блока (над топкой), выполненного в форме эллипсоидного цилиндра. Для интенсификации процессов теплообмена в

дымогарные трубы третьего хода вставлены турбулизаторы. С фронта котла расположена открывающаяся неохлаждаемая поворотная камера (крышка фронтальная), на которую устанавливается горелочное устройство [15].

При открытии камеры обеспечивается доступ для наружного осмотра жаровой трубы и дымогарных труб. С тыла котла имеется лючок для очистки газохода от отходов продуктов сгорания.

Благодаря увеличенному водонаполнению котлового блока и большому расстоянию между жаровыми трубами снижены требования котла к минимальному расходу теплоносителя

Одной из составляющих эффективной работы химводоподготовки является качество ионообменных материалов, используемых в системах фильтрования. Поэтому работы с современными смолами различных марок стали одним из этапов развития ХВО Санатория «Солнечный». Подбор материалов проводился для каждого, исходя из качества исходной воды, а также цены и качества смолы.

На котельной с тремя котлами ПТВМ-30М, открытым водоразбором и, соответственно, мощностью ХВО до 300 м³/ч, которая включает в себя Н и Na-катионирование с декарбонизацией и вакуумной деаэрацией, были использованы макропористая карбоксильная катионообменная смола Hydrolite ZG C258 (рабочая динамическая обменная емкость в среднем равна 2250 г-экв/м³), слабокислотная смола Purolite C104 и гелевая сильнокислотная смола Hydrolite ZG C108. Указанные материалы имеют не только высокую обменную емкость поглощения, но и характеризуются низким (близким к своему теоретическому значению) расходом реагентов и воды в процессе регенерации. Это позволило снизить за период с 2014 по 2019 гг. удельные расходы по предприятию: соли на 17,6%, серной кислоты на 20,8%, воды собственных нужд на 33,3%

Кроме того, необходимо отметить важность проделанной работы с точки зрения дальнейшей полной автоматизации котельной, т.к. стабильность материала и большие циклы работы ионообменных фильтров выгодны для

решения этой современной и нужной задачи (с учетом готовности всего оборудования ХВО). Сегодня на котельной автоматизированы все котлы и общая котловая схема котельной. Параллельно с автоматизацией котельной проводилась поэтапная замена тепловых сетей, что позволило существенно снизить величину подпиточной (подготовленной на ХВО) воды [21].

К 2019 г на котельной прослеживалась явная не востребованность мощности ХВО, и это дало толчок к принятию кардинального решения по использованию глубоко обработанной воды данной котельной.

Таким образом, было решено сразу несколько вопросов. Во-первых, увеличение нагрузки на ХВО котельной привело к более стабильной и экономичной работе ионообменных фильтров данной котельной; во-вторых, данное радикальное решение позволило уменьшить эксплуатируемое число единиц оборудования котельной, что существенно облегчает их полную автоматизацию.

Кроме того, необходимо учесть, что использование на котельных меньшей мощности обработанной воды котельной, работающей по схеме Н- и Na-катионирование, экономически выгодно, т.к. уменьшаются затраты реагентов и воды собственных нужд на подготовку 1 м³ воды.

Котельная санатория «Солнечный» в 2017 году в результате модернизации приобрела новое основное и вспомогательное оборудование. (Viessmann Vitoplex 100 SX1, фильтр ФИПа 1-0,7-6).

В котельную санатория «Солнечный» поступает вода от водозабора села Тенгинка. Ее химический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав воды водозабора села Тенгинка

Показатели качества	Ед. измерения	Значение	ГОСТ
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	6,70	7,00
Щелочность общая	мг-экв/дм ³	6,65	8,40
Окисляемость	мгО ₂ /дм ³	2,0	5,0
рН	ед.рН	7,11	9,00
Солесодержание	мг/дм ³	365,5	1000
Железо общее	мг/дм ³	0,1	0,3
Электропроводность	мкСм/см ³	648,8	-

Как видно из таблицы 1, вода, поступающая в котельную по основным показателям, соответствует ГОСТу Р 55682.12-2013, однако общая жесткость воды находится в критическом значении, вплотную приближаясь к ПДК, что связано с природными свойствами воды данного района и устаревшим оборудованием водозабора [3].

Для предотвращения перебоев работы котельной и несвоевременного выхода из строя оборудования используемая вода должна подвергнуться умягчению. Для достижения этой цели в котельной используется современный фильтр-умягчитель воды ФИПа 1-0,7-6. Характеристика фильтра дана в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики фильтра ФИПа 1-0,7-6

Производительность рабочая, м ³ /час	12
Объем загрузки, л	770
Обменная емкость катионита, г-экв/м	1000
Материал корпуса	Сталь
Высота корпуса см	3500
Тип баллона	Ду 700
Вместимость корпуса, м ³	2*1,1
Рабочее давление на входе (мин/макс) МПа	0,25-036
Падение давления МПа	0,3
Количество фильтров	2
Продолжительность регенерации, мин.	70-100
Расход поваренной соли на одну регенерацию, кг	2*116,7
Объем обработанной воды за один фильтроцикл, м ³	2*100,11503
Удельный расход соли, г/г-экв	150
Месячный расход таблетированной соли на регенерацию при нормальной производительности установки, кг	2*10 069

Для этой цели исходная вода проходит обработку на водоподготовительной установке. Умягчение воды фильтром ФИПа 1-0,7-6 осуществляется методом натрий-катионирования при фильтрации через слой ионообменной смолы с обменной емкостью - 100 мг-экв/л.

Таблица 3 – Вода после фильтрации ФИПа 1-0,7-6

Показатели качества	Ед. измерения	Значение
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	<0,002
Щелочность общая	мг-экв/дм ³	7,80
Окисляемость	мгО ² /дм ³	1,0
рН	ед.рН	8,07
Солесодержание	мг/дм ³	314,3
Электропроводность	мкСм/см ³	748,6

Как видно из таблицы 3, вода, прошедшая через фильтр, соответствует нормативным параметрам эксплуатации котлов.

Регенерация ионообменной смолы производится раствором соли. Умягченная вода используется для подпитки котлов. При попадании в котёл воды, содержащей соли жёсткости, концентрация кальция и магния в процессе упаривания возрастает настолько, что уже при температуре 60°C образуются труднорастворимые соединения. Такая вода требует постоянного контроля химических показателей. В течение суток проводят 4 контрольных анализа.

Результаты усредненных химических показателей оборотной воды представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав котловой воды

Показатели качества	Ед. измерения	Значение
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	0,006
Щелочность общая	мг-экв/дм ³	6,55
рН	ед.рН	8,67
Солесодержание	мг/дм ³	329,7
Железо общее	мг/дм ³	0,05
Электропроводность	мкСм/см ³	648,0

Как видно из таблицы 4, вода, прошедшая фильтрацию (таблица 3) и поступившая в котлы, имеет более высокое солесодержание по причине неизбежной коррозии внутренней поверхности труб. По этой же причине фильтр требует систематической регенерации.

Регулярный химический анализ котловой воды способствует своевременному выявлению проблемы функционирования фильтра. Если химические показатели котловой воды достигают значений, представленных в таблице 6, подачи воды отключается и фильтр подвергается регенерации.

2.2 Назначение и функционирование установки химической водоочистки в санатории «Солнечный»

На сегодняшний день в котельной санатория «Солнечный» автоматизированы все котлы и общая котловая схема котельной.

К сожалению, определение кальциевой жесткости воды в котельной санатория «Солнечный» проводится не автоматизировано.

Трудоемкость проведения анализа вручную. Определение нормальности (N) Трилона Б. В коническую колбу емкостью 150-200см³ добавляют 10 см³ стандартного раствора хлористого цинка, затем 5 см³ буферного раствора, 10-15 мг сухой смеси хромогена черного. Раствор тщательно перемешивают и титруют раствором трилона Б до перехода окраски от красно-фиолетовой к голубой.

Расчет нормальности производят по формуле:

$$N_1 = N_2 * V_2 / V_1 \quad (2)$$

Качественное определение жесткости. Перед выполнением анализа необходимо произвести качественное определение жесткости исследуемой пробы воды.

Для этого берут 5 см³ пробы, добавляют 0,5 см³ буферного раствора и 10-15 мг хромогена черного титруют 0,02 н трилона Б от красно-фиолетовой к голубой.

Расчет концентрации находят по формуле: мг-экв/л

$$C_x = N * n * 1000 / V, \quad (3)$$

где, N – нормальность комплексона 3,

n – объем раствора пошедшего на титрование пробы,

V – объем пробы взятый для определения.

На основании данных величин качественного определения жесткости

(таблица 5) выбирают соответствующий объем пробы.

Таблица 5 – Объем пробы воды в соответствии с качественным определением жесткости

Жесткость мг-экв/л	Объем пробы, для анализа, см ³	Нормальность раствора комплексона III
1-4	100	0,01
4-8	50	0,01
8-15	25	0,01
15-30	25	0,02
30-60	25	0,02

Определение общей жесткости. В коническую колбу емкостью 150-200 см³ отмеривают необходимый объем пробы добавляют 5 см³ буферного раствора, 10-15 мг сухой смеси хромогена черного. Раствор тщательно перемешивают и титруют раствором трилона Б до перехода окраски от красно-фиолетовой к голубой.

Расчет концентрации находят по формуле: мг-экв/л

$$C_x = N \cdot n \cdot 1000 / V, \quad (4)$$

где, N – нормальность комплексона З,

n – объем раствора пошедшего на титрование пробы,

V – объем пробы взятый для определения.

Определение кальция в пробе. В коническую колбу емкостью 150-200 см³ отмеривают необходимый объем пробы, добавляют 2 см³ гидроксида натрия 2Н, 10-15 мг сухой смеси мурексида. Раствор тщательно перемешивают и титруют раствором трилона Б до перехода окраски от вино-красной к фиолетовой.

Расчет концентрации находят по формуле: мг-экв/л

$$C_y = N \cdot n \cdot 1000 / V, \quad (5)$$

где, N – нормальность комплексона 3,
 n – объем раствора пошедшего на титрование пробы,
 V – объем пробы взятый для определения.

$$C_x = 20,04 * n * N * 1000 / V, \quad (6)$$

где, 20,04 1мг-экв/л Ca^{2+}
 N – нормальность комплексона 3,
 n – объем раствора пошедшего на титрование пробы,
 V – объем пробы взятый для определения, 1000 приведенное к литру.
 Определение магния расчетом.

$$C_3 = a - б, \quad (7)$$

где, a – величина общей жесткости мг-экв/л,
 $б$ – содержание ионов кальция, мг-экв/л.

При получении результатов химического анализа, представленных в таблице 6, фильтр должен подвергнуться регенерации.

Таблица 6 – Критические химические показатели котловой воды

Показатели качества	Ед. измерения	Значение
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	>0.080
Щелочность общая,	мг-экв/дм ³	11,0
Окисляемость	мгОг/дм ³	3,0
рН	ед.рН	9.00
Солесодержание	мг/дм ³	670,0
Электропроводность	мкСм/см	1300,0

Как видно из таблицы 6, общая жесткость котловой воды превышает допустимые показатели в 13 раз (допустимый показатель <0,006 мг-экв/дм³), также и солесодержание превышает допустимые значения (допустимый показатель <600 мг/дм³)

Накипь ухудшает передачу тепла от горячих топочных газов к котловой

воде, что вызывает повышение температуры стенки котла до таких значений, при которых за счёт снижения прочности появляются отдушины и свищи на обогреваемых трубах. Кроме снижения надёжности работы оборудования накипь приводит к перерасходу топлива и снижению производительности котла.

Умягчитель с загрузкой из специальной катионообменной смолы используется для снижения содержания в воде солей жёсткости (соединений кальция и магния). Недостатком использования жёсткой воды является образование мутной плёнки на воде при нагревании и плотной светлой накипи на нагревательных поверхностях. Это приводит к перерасходу топлива, электроэнергии и более быстрому выходу из строя приборов. Известковые отложения также служат благоприятной средой для размножения различных микробов.

Для трубопроводов исходной воды:

- давление до 6 бар;
- для Na-катионитных фильтров;
- давление 2-6 бар;
- температура воды не выше 50°C;
- рабочее давление 0,25-0,6 МПа.

При проведении всех операций перепад давлений в фильтре не должен превышать 0,3 МПа (3 кгс/см²).

Для обеспечения нормальной работы фильтра, перед использованием, пожалуйста, проконсультируйтесь со специалистом по установке или ремонту. Если необходимы сантехнические работы, они должны быть выполнены специалистом во время установки. Не используйте фильтр с водой, которая опасна или неизвестного качества.

Периодически проверяйте качество воды, чтобы убедиться, что система работает удовлетворительно. Убедитесь, что во время использования данного фильтра в баке соляного раствора находится достаточное количество соли. Бак соляного раствора должен пополняться только очищенной солью (99,5%)

предназначенной для смягчения воды. Мелкую соль использовать в качестве наполнителя категорически запрещено.

Не устанавливайте клапан вблизи нагревательных приборов, источников сильных электромагнитных излучений и интенсивных колебаний, в помещениях с высокой влажностью, коррозионностью. Не устанавливайте клапан вне помещений. Не допускается ремонт наружных частей фильтра, находящегося под давлением.

До проведения каких-либо работ внутри фильтра, соединенного с другими работающими фильтрами общим трубопроводом (напорными дренажными, спускными линиями) необходимо: закрыть плотно разобщительную арматуру и снабдите её предохранительными плакатами. Установить при необходимости заглушки на соответствующих трубопроводах. Производить вскрытие фильтра, только после снятия избыточного давления и полного дренирования аппарата.

Необходимо отключить фильтр:

- при повышении гидравлического давления сверх расчетного на 10%;
- при неисправности манометров, определяющих давление в аппарате;
- при повышении температуры обрабатываемой воды выше 50°C;
- при неисправности распределительных устройств;
- при обнаружении в основных элементах аппарата трещин, выпучин, неплотностей сварных и фланцевых соединений.

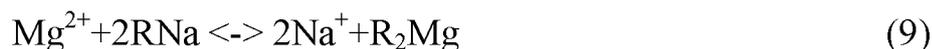
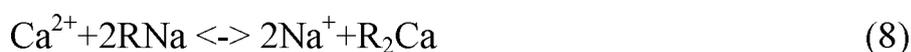
Фильтр-умягчитель ФИПа 1-0,7-6 работает в ручном режиме и во время регенерации необходимо переключение на второй фильтр, находящийся в резерве. Периодически во время работы фильтра отбирают пробу воды, для контроля величины остаточной жесткости в ней. Установку выводят на регенерацию по мере ухудшения качества воды.

Восстановление обменной емкости смолы осуществляется посредством пропуска 5-8 % раствора поваренной соли через слой катионита.

Регенерация фильтров проходит в ручном режиме. Регенерация производится без применения специальных насосов за счет давления воды.

Работа фильтра заключается в периодическом осуществлении четырех операций: умягчение (фильтрование), взрыхление, регенерация, отмывка.

Методика ионного обмена, процесс Na-катионирования применяют для умягчения воды путем фильтрования ее через слой катионита в натриевой форме. Удаление солей жесткости производится по методу ионного замещения ионов кальция и магния - Ca^{2+} и Mg^{2+} , на ионы натрия Na^+ , соли которого не склонны к образованию нерастворимых отложений. Ионный обмен происходит в процессе контакта обрабатываемой воды с ионообменной смолой - специальной мелкозернистой средой, предварительно насыщенной катионами Na^+ в соответствии с уравнениями реакции:



Для восстановления первоначальных свойств смолы и повторного насыщения ее ионами Na^+ необходимо провести отмывку и регенерацию - восстановление ионообменной способности. Регенерация смолы производится путем промывки насыщенным раствором поваренной соли NaCl . При этом ионообменные процессы происходят в обратном направлении - зерна смолы насыщаются катионами Na^+ , а катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} высвобождаются и смываются в дренажную систему.

Реакции при регенерации:



Подготовка к работе:

- слить воду из фильтра, для чего открыть вентиль 15, затем задвижку 11;

- закрыть задвижку 11 и вентиль 15;
- снять (открыть) крышку люка и проверить надёжность крепления и исправность колпачков 3;
- поставить (закрыть) и закрепить крышку люка;
- снять крышку люка 6;
- загрузить в фильтр через люк фильтрующий материал;
- произвести отмывку фильтрующего материала взрыхлением катионита отмывочной водой.

Работа фильтра заключается в периодическом осуществлении четырёх операций: умягчение (фильтрование); взрыхление; регенерация; отмывка.

Умягчение:

- для включения фильтра на умягчение открыть задвижки 8 и 13, причём задвижка 8 открывается полностью, а производительность фильтра регулируется задвижкой 13;
- скорость фильтрования воды через фильтрующий материал может колебаться в больших пределах без ухудшения качества умягчения воды до 30 м/ч;
- периодически во время работы фильтра отбирать пробу воды через вентиль 16, для контроля величины остаточной жёсткости в ней;
- после достижения остаточной жёсткости в умягчённой воде: 0,02 мкг-экв/л (требования завода изготовителя котлов) необходимо включить фильтр на регенерацию, для чего закрыть задвижки 8 и 13.

Взрыхление катионита производится сырой водой, подводимой к фильтру непосредственно от напорной магистрали. Открыть вначале полностью задвижку 12, а затем, во избежание неравномерного тока промывочной воды, откройте плавно задвижку 10 (полностью при наличии ограничителей интенсивности взрыхления (шайбовых или поплавковых), а при отсутствии ограничителей до получения нужного расхода воды по измерительному прибору). Интенсивность взрыхления может колебаться в пределах 2-5 л/ (м²-с) в зависимости от природы катионита и температуры промывочной воды.

Нормальная длительность взрыхления составляет 15 минут и контролируется по осветлённости промывочной воды, отбираемой через вентиль 14. Контролируйте вытекающую при взрыхлении из фильтра воду в отношении содержания рабочих зёрен катионита. Присутствие в отбираемых пробах мути, мелких, медленно оседающих на дно сосуда зёрнышек катионита является допустимым и даже желательным, так как это свидетельствует о вымывании из фильтра вредной мелочи.

Только при появлении в пробе воды быстро оседающих рабочих зёрен катионита интенсивность взрыхления должна быть немедленно снижена путем перекрытия задвижки 10, затем через две минуты вновь повышена до появления мелочи в промывочной воде. Закрыть задвижку 10 и затем задвижку 12 после окончания и взрыхления.

Регенерация катионита производится путём подачи в фильтр раствора поваренной соли, для этого необходимо открыть задвижки на предварительно подготовленном к подаче регенерационного раствора солерастворителе или на солепроводе (при организации мокрого хранения соли), затем полностью открыть задвижку 9 на подводе регенерационного раствора у фильтра и задвижку 11, которой устанавливается надлежащая скорость подачи раствора соли (порядка 4-5 м/час), при этом подача регенерационного раствора в фильтр обычно продолжается 15-25 минут.

Во избежание разрежения в нижней части фильтра и вызываемого вследствие этого подсоса воздуха в толщину катионита, а также для предотвращения спуска водяной подушки и оголения катионита необходимо при проведении регенерации следить по вытеканию воды из вентиля 15, чтобы в фильтре всё время был подпор воды. В случае прекращения вытекания воды через вентиль 15 необходимо несколько убавить скорость пропускания раствора соли путём прикрытия задвижки 11 до появления воды из вентиля 15.

Произвести отмывку фильтра после окончания подачи регенерационного раствора, для чего открыть полностью задвижку 8 и закрыть задвижку 9 на солепроводе у фильтра, затем открыть задвижку 11 так, чтобы скорость

фильтрации воды при спуске отработанного регенерационного раствора в дренаж составляла 4-5 м/час.

Произвести спуск отработанного регенерационного раствора в дренаж до того момента, когда периодически отбираемые пробы отмывной воды через вентиль 16 перестают давать заметное помутнение при прибавлении 5% раствора соды (двууглекислого натрия). Скорость фильтрации при отмывке в бак может быть увеличена до 6-8 м/час и регулируется вентилем 13. Прекратите отмывку, когда концентрация хлоридов превысит их содержание в исходной воде не более чем на 30-50 мг/л хлора.

Если указанные условия не будут достигнуты, то отмывку продолжайте со сливом воды в канализацию, отмывка фильтра продолжается 40-60 минут, в случае необходимости быстрой регенерации фильтра скорость фильтрации воды как при отмывке в дренаж, может быть доведена до 10-12 м/час. К этому следует прибегать в исключительных случаях, так как при высоких скоростях фильтрации увеличивается расход отмывной воды и создаются менее благоприятные условия для регенерации фильтра.

По окончании отмывки закрыть задвижку 11 и открыть задвижку 13 для включения фильтра в работу по умягчению воды, если же после регенерации фильтр не водится в работу, а ставится в резерв, то целесообразно отмывку прекратить тотчас же

В соответствии с требованиями техники безопасности и инструкций по эксплуатации лабораторных приборов температура отбираемой пробы не должна быть больше чем 40 °С.

При более высокой температуре пробы на линии отбора пробы должен быть установлен охладитель пробы.

Организация водно-химического режима имеет целью поддержание концентраций определённых примесей в пределах, надёжной и экономичной работы оборудования. Это осуществляется путем отбора проб согласно объему и графику обработки воды.

Периодичность и объем аналитического химического контроля исходной

воды водоподготовительной установки, обработанной воды и сетевой воды соответствуют РД 10-165-97 «Методические указания по надзору за водно-химическим режимом паровых и водогрейных котлов» и РД 24.031.120-91 «Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля».

Удаление солей жесткости производится по методу ионного замещения ионов кальция и магния - Ca^{2+} и Mg^{2+} , на ионы натрия Na^+ , соли которого не склонны к образованию нерастворимых отложений. Ионный обмен происходит в процессе контакта обрабатываемой воды с ионообменной смолой - специальной мелкозернистой средой, предварительно насыщенной катионами Na^+ в соответствии с уравнениями реакции:



Количество ионов, содержащихся в сырой воде, остается практически неизменным. Солесодержание воды после натрий-катионирования несколько увеличивается, т.к. эквивалентная масса ионов натрия больше эквивалентных масс ионов кальция и магния. Процесс ионного обмена продолжается до тех пор, пока концентрация катионов Na^+ в зернах смолы не снизится до критического уровня, когда ионообменные процессы значительно замедляются и прекращаются. Для восстановления первоначальных свойств смолы и повторного насыщения ее ионами Na^+ необходимо провести отмывку и регенерацию - восстановление ионообменной способности. Регенерация смолы производится путем промывки насыщенным раствором поваренной соли NaCl . При этом ионообменные процессы происходят в обратном направлении, смолы насыщаются катионами Na^+ , а катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} высвобождаются и смываются в дренажную систему.

Рабочие характеристики катионита, работающего в натриевой форме, зависят от количества и концентрации использованного раствора соли на регенерацию, суммарной жесткости и содержания натрия в воде, поступающая на обработку, скорости потока воды через слой смолы. Характеристики катионитов обычно оценивают по остаточной жесткости (сумма катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , в фильтрате, которая измеряется обычно в мг-экв/дм³). По требованиям завода-изготовителя котлов Viessmann показатель жесткости подпиточной воды должен быть не выше 0,02 мг-экв/дм³.

Проскок ионов жесткости в обычных рабочих условиях, как правило, не превышает величины 1% от общей жесткости воды, поступающей на умягчение, и не влияет на рабочую емкость катионита, если исходная вода содержит не более 25% одновалентных катионов (таких как Na^+). Наиболее эффективное использование поваренной соли достигается применением высоких концентраций и достаточного времени ее контакта со слоем катионита.

Na-катионитные фильтры ФИПа 1-0,7-6 предназначены для получения умягченной воды. Технические характеристики фильтра приведены в Таблице

Умягчение исходной воды осуществляется по одноступенчатой схеме. Фильтры представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты, состоящие из следующих основных элементов:

Корпус представляет собой полый цилиндр с двумя эллиптическими днищами. Фильтр установлен на опорах. В верхней части корпус снабжен верхним люком, предназначенным для загрузки и разгрузки фильтрующего материала и периодического осмотра его поверхности и лазом для проведения внутренних монтажных работ. В центре верхнего днища фильтра приварен фланец, к которому снаружи присоединен трубопровод, подающий воду на обработку. В центре нижнего днища снаружи приварен патрубок, отводящий обработанную воду.

В качестве загрузки в данной установке умягчения используется ионообменная смола в натриевой форме.

Дренажно-распределительная система (ДРС) - состоит из вертикальной

трубки, верхнего и нижнего распределительного устройства. Верхнее устройство предназначено для отвода обрабатываемой воды, регенерационного раствора и отвода взрыхляющей воды. Нижнее распределительное устройство предназначено для обеспечения равномерного сбора обработанной воды, равномерного распределения взрыхляющей воды. Оно представляет собой горизонтальную систему с равномерно расположенными по всей поверхности щелевыми колпачками.

Фронтальные трубопроводы с запорной арматурой позволяют осуществлять подвод к фильтру и отвод из него всех потоков воды и регенерационного раствора в процессе эксплуатации фильтра.

Пробоотборное устройство размещено по фронту фильтра и состоит из трубок, соединенных с трубопроводами подаваемой на обработку и обработанной воды, вентиля и манометров, показывающих давление до и после фильтра. По центру расположено три трубы с вентилями, из которых трубы по краям устройства оснащены манометрами [2, с. 117].

Устройство для отвода воздуха. Служит для периодического отвода воздуха, скапливающегося в верхней части фильтра и представляет собой трубку с вентиляем.

Солерастворитель состоит из корпуса, нижнего и верхнего распределительных устройств, трубопроводной арматуры. Представляет собой цилиндрический сварной сосуд, из стали с эллиптическими днищами установленный на опорах. Нижний слой бака толщиной 40 см состоит кварцевого песка. Таблетированная соль загружается через загрузочное устройство на верхнем днище в солерастворитель. Под давлением в бак подается вода. При прохождении ее через реагент образуется раствор. Полученный раствор направляется из солерастворителя в регенерируемый фильтр.

Фильтр-умягчитель работает в ручном режиме и во время регенерации необходимо переключение на второй фильтр, находящийся в резерве. Периодически во время работы фильтра отбирают пробу воды, для контроля

величины остаточной жесткости в ней. Установку выводят на регенерацию по мере ухудшения качества воды [2, с. 120].

Восстановление обменной емкости смолы осуществляется посредством пропуска 5-8 % раствора поваренной соли через слой катионита.

3 Мероприятия по снижению жесткости воды в оборотной системе котельной санатория «Солнечный»

3.1 Существующие технические проблемы проведения регенерации фильтров в котельной санатория «Солнечный»

Регенерация фильтров проходит в ручном режиме. Регенерация производится без применения специальных насосов за счет давления исходной воды.

Работа фильтра заключается в периодическом осуществлении четырех операций: умягчение (фильтрование), взрыхление, регенерация, отмывка.

Скорость фильтрования воды через фильтрующий материал может колебаться в больших пределах (до 30 м³/ч) и регулируется задвижкой. Исходная вода поступает в корпус фильтра, проходит через слой ионообменной смолы сверху вниз и подается на выход установки.

Взрыхление катионита производится сырой водой, подводимой к фильтру непосредственно от напорной магистрали. Интенсивность взрыхления регулируется задвижкой в пределах 2-5 л/(м²*с) в зависимости от природы катионита, крупности его частиц и температуры промывочной воды.

Нормальная длительность взрыхления составляет 15 минут и контролируется по осветленности промывочной воды, отбираемой через вентиль слева.

Во время взрыхления контролируют вытекающую воду в отношении содержания рабочих зерен катионита. Присутствие в отбираемых пробах мути, мелких, медленно оседающих на дно сосуда зернышек катионита является допустимым и даже желательным, так как это свидетельствует о вымывании из фильтра вредной мелочи. Только при появлении в пробе воды быстро оседающих рабочих зерен катионита интенсивность взрыхления должна быть немедленно снижена путем перекрытия задвижки, затем через две минуты вновь повышена до появления мелочи в промывочной воде. На выход установки в этом режиме умягченная вода не поступает.

Регенерация катионита производится путем подачи в фильтр раствора поваренной соли. Для этого открывают задвижки на предварительно подготовленном к подаче регенерационного раствора солерастворителе, затем задвижки на подводе регенерационного раствора у фильтра, и задвижку, которой устанавливается скорость подачи раствора (4-5 м/ч). При проведении регенерации необходимо следить за вытеканием воды из центральной трубы пробоотборника, во избежание разряжения в нижней части фильтра и вызываемого вследствие этого подсоса воздуха в толщину катионита, а также для предотвращения спуска водяной подушки и оголения катионита. В случае прекращения вытекания воды через центральный вентиль необходимо прикрыть задвижку на выходе воды в дренаж до появления воды из пробоотборного устройства.

По окончании отмывки закрыть задвижку слива в дренаж и открыть задвижку выхода обработанной воды для включения фильтра в работу по умягчению воды. Если же после регенерации фильтр не вводится в работу, а ставится в резерв, то целесообразно произвести эту процедуру перед включением фильтра в работу.

Отмывку проводят после окончания подачи регенерационного раствора. Она производится путем закрытия задвижки на солепроводе у фильтра и полного открытия задвижки сырой воды. Задвижку на выходе в дренаж необходимо открыть так, чтобы скорость фильтрования воды при спуске отработанного регенерационного раствора составляла примерно 4-5 м/ч. Регенерационный раствор спускают в дренаж до того момента, пока в периодически отбираемой пробе воды через вентиль, расположенный на пробоотборнике слева, будет отсутствовать помутнение при прибавлении 5% раствора двууглекислого натрия.

Отмывку прекращают, когда концентрация хлоридов превысит их содержание в исходной воде не более чем на 30-50 мг/л хлора. Если указанные условия не достигнуты, то отмывку продолжают со сливом в канализации [25, с.134].

Технический расчет катионитового фильтра. Площадь сечения фильтра рассчитывается по формуле:

$$S = 7td^2/4, \quad (14)$$

где, S – площадь сечения фильтра, m^2 ;

d – диаметр фильтра, m .

$$S = 3,14 \cdot (0,7)^2 / 4 = 0,385 \text{ м}^2$$

Скорость фильтрации для фильтров определяется по формуле:

$$V_{\text{раб}} = f_{\text{раб}} / S, \quad (15)$$

где, $u_{\text{раб}}$ – рабочая скорость фильтрации соответственно, $m/ч$;

$f_{\text{раб}}$ – рабочая производительность установки, $m^3/ч$.

$$u_{\text{раб}} = 12 / 0,385 = 31,169 \text{ м/ч.}$$

Рабочая обменная емкость катионита с учетом полной обменной емкости, объема загрузки, рекомендуемого удельного расхода соли на регенерацию - 150 г/г-экв, реального качества умягчаемой воды и снижения емкости за счет частичного умягчения отмывочной воды при регенерации составляет 770 г-экв.

Количество воды, умягчаемое за один фильтроцикл, составит:

$$Q = (E_p / J_{\text{исх}}) - q_{\text{сн}}, \quad (16)$$

где, Q – количество воды, умягченной за один фильтроцикл, m^3 ;

E_p – величина рабочей обменной емкости одного фильтра, г-экв;

$J_{\text{исх}}$ – величина жесткости исходной воды соответственно, г-экв/дм³;

$q_{\text{сн}}$ – расход воды на регенерацию (при максимальном времени регенерации), m^3 .

$$Q = (770 / 6,70) - 3,676 = 111,25 \text{ м}^3.$$

Учитывая колебания жесткости воды, принимаем значение: $Q = 100,13 \text{ м}^3$.

Продолжительность фильтроцикла рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{раб}} \sim Q/f_{\text{раб}}, \quad (17)$$

где, $T_{\text{раб}}$ – номинальная и минимальная продолжительность фильтроцикла соответственно.

$$T_{\text{раб}} = 100,13/12 = 8,34 \text{ ч.}$$

Расход воды на собственные нужды определяется следующим образом:

$$C_{\text{сн}} = (q_{\text{сн}}/Q) * 100\%, \quad (18)$$

где, $C_{\text{сн}}$ – расход воды на собственные нужды, %.

$$C_{\text{сн}} = (3,676/100,13) * 100\% = 3,67\%.$$

Расход соли на регенерацию катионита определяется по формуле:

$$Q_{\text{с}} = E_{\text{р}} q_{\text{i,l}} 1000, \quad (19)$$

где, $Q_{\text{с}}$ – расход соли на регенерацию одного фильтра, кг;

$E_{\text{р}}$ – расчетная обменная емкость одного фильтра, г-экв;

$q_{\text{i,l}}$ – удельный расход соли (принимается в соответствии с рекомендациями в зависимости от значения жесткости исходной воды), г/г-экв.

$$Q_{\text{с}} = 770 * 150/1000 = 115,5 \text{ кг.}$$

При использовании для регенерации таблетированной соли марки «Экстра» с содержанием NaCl не менее 99 % расход технической соли на регенерацию составит:

$$Q_{\text{стехН}} = 115,5/0,99 = 116,7 \text{ кг}$$

Учитывая растворимость поваренной соли в воде, которая составляет 26% и плотность раствора поваренной соли при 20°C 1197,2 кг/м³, объем раствора соли заданного количества составит 430,9 л, объем воды для приготовления раствора поваренной соли заданного количества составит 333 л.

При номинальной производительности установки суточный расход воды на установку составит 288 м³. Количество регенераций в сутки составит 3. Расход воды на собственные нужды составит 11,03 м³. Расход соли составит 350,1 кг.

Температура пробы котловой воды значительно выше 40 °С, что не позволяет проводить химический контроль в полном объеме, в частности - невозможно измерить концентрацию растворенного кислорода, т.к., в соответствии с инструкцией по эксплуатации лабораторного кислородомера, температура пробы при его использовании не должна превышать 50 °С. Для возможности измерения растворенного кислорода необходим монтаж охладителя на линии отбора пробы. Растворенные в воде кислород и углекислый газ повышают скорость коррозии стали, особенно при повышенных температурах.

Водородный показатель котловой воды не соответствует нормативам установленным заводом изготовителем котлов. Концентрация водородных ионов в технологических водах является существенным показателем их агрессивности по отношению к металлам.

Автоматические фильтры обезжелезивания и Na-катионирования имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными установками. Пластиковые корпуса - хорошая защита от коррозии, а малогабаритность и, следовательно, небольшое количество ионообменного материала дает возможность использовать самые современные дорогостоящие смолы с очень хорошими физико-химическими свойствами.

Аккуратная эксплуатация данных автоматических систем, т.е. правильный подбор удельных расходов таблетированной соли по результатам химического состава исходной воды, верно запрограммированные параметры регенераций, а также квалифицированный контроль в процессе работы, позволили снизить на ряде котельных удельные расходы воды на собственные нужды на 30%. Кроме того, снижение затрат на эксплуатацию автоматических систем ХВО связано с отсутствием постоянного обслуживающего персонала,

хотя, надо учесть, что контролирующий персонал должен иметь более высокую квалификацию.

Для соблюдения ВХР котельных, как отмечалось выше, нами часто используются насосы - дозаторы, работающие в автоматическом режиме. Такими насосами проводится дозируемый впрыск ортофосфатов для связывания солей жесткости или реагентов для связывания кислорода в воде и поддержания рН среды. Чтобы избежать передозировки реагентов и, следовательно, повышения электропроводности (солесодержания) воды или выпадения шлама, и сделать эксплуатацию данных систем более надежной, дозирующие установки включаем в работу от сигнала счетчика воды.

Использование всевозможных автоматических систем ХВО - это одна из составляющих полной автоматизации, которая ведет к экономии и повышает надежность работы.

Известно, что одной из основных проблем котлов и тепловых сетей является коррозия, т.е. процесс разрушения металла в результате химических или электрохимических процессов. Коррозия металла имеет много видов, поэтому очень редко приходится сталкиваться только с одним фактором, вызывающим коррозию. Как правило, на ее возникновение влияют многие параметры. К основным из них можно смело отнести растворенный в воде кислород и присутствие углекислоты при низком значении рН среды. Чаще всего для дегазации воды в котельных используется термическая вакуумная деаэрация. В основе этой технологии лежит тот факт, что растворимость газов в жидкостях с повышением температуры снижается, а прикипению становится нулевой.

Таким образом, процесс вакуумной деаэрации напрямую связан с температурой и давлением в рабочей системе. Практика эксплуатации вакуумных деаэраторов (даже с центробежно-вихревыми головками конструкции Б.А. Зимина) на котельной показала, что незначительные колебания параметров работы аппарата приводят к скачкам концентраций остаточного кислорода, а в дальнейшем к проскоку углекислого газа.

Кроме того, автоматизация котельной, имеющей в своей схеме вакуумный деаэрактор, является весьма сложным процессом. Избежать этих проблем нам помогло внедрение на ряде котельных альтернативного способа борьбы с коррозионно-активными газами. Автоматическое дозирование насосами-дозаторами (о которых говорилось ранее) химических реагентов связывания кислорода и поддержание рН среды стало надежным и эффективным методом борьбы с коррозией оборудования.

В качестве реагента для связывания растворенного кислорода до нормы (не более 50 мкг/л) нами используется Аминат КО-2 на основе катализированного сульфита натрия, предназначенного для применения в закрытых системах теплоснабжения. Метод основан на способности этого соединения связывать растворенный в воде кислород по реакции:



Для окисления сульфита кислородом необходимо некоторое время, зависящее от удельного расхода реагента, температуры воды и других факторов. Поэтому для ускорения процесса обескислороживания используется катализированный сульфит натрия, который может снижать содержание кислорода в воде (при комнатной температуре) от точки насыщения до нуля менее чем за 30 секунд. Контроль дозирования проводится нами по остаточному содержанию кислорода в обрабатываемой воде. Теоретическая доза Амината КО-2 составляет 8 мг препарата на 1 мг.

Практика использования реагента в наших условиях, где содержание исходного кислорода колеблется в интервале 5-7 мг/л, показала, что оптимальный удельный расход композиции составляет 0,023-0,027 кг/м³

Для защиты оборудования от углекислотной коррозии по нормам «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» необходимо поддерживать уровень рН воды закрытых систем теплоснабжения в диапазоне 8,3-9,5. Для этих целей на котельный санаторий «Солнечный» с

помощью все тех же насосов-дозаторов применяется коррекционная обработка подпиточной воды щелочным реагентом Аминат КО-5.

Необходимость данной обработки обусловлена также тем фактом, что в результате окисления сульфита растворенным в воде кислородом происходит снижение рН среды. Контроль дозирования проводится нами по измерению рН обработанной воды. Практика применения реагента в наших условиях показала, что оптимальный удельный расход композиции составляет 0,023-0,027 кг/м³

Опираясь на полученные результаты, нами сделан вывод, что химический метод обработки воды от коррозионно-активных газов может применяться как самостоятельный способ на котельных с небольшими величинами подпитки или как дообработка после вакуумной деаэрации. В особенности он будет очень удобен на автоматизированных котельных малой мощности.

Надо только не забывать о качественном инструментальном контроле воды и аккуратной, квалифицированной эксплуатации данных систем.

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что вопросы по повышению эффективности производства тепловой энергии невозможно решить без усовершенствования одной из составляющих данного производства - химводоподготовки, и сегодняшние возможности производства материалов и оборудовании для ХВО способствуют этому.

3.2 Влияние жесткости воды на состояние здоровья человека и мероприятия по умягчения воды в оборотной системе котельной санатория «Солнечный»

Здоровье населения находится в прямой зависимости от состава природных вод в источниках, из которых осуществляется регулярное водоснабжение данной территории. Природные воды должны содержать достаточное количество микроэлементов, участвующих в обменных процессах человека. Так недостаток Ca^{2+} и Mg^{2+} влечет за собой увеличение числа смертельных исходов при сердечно-сосудистых заболеваниях, увеличение

тяжести рахита, остеомиелитию, нарушение функционального состояния сердечной мышцы и процессов свертывания крови, а недостаток Mg^{2+} внезапную смерть младенцев, увеличение тяжести течения и числа неблагоприятных исходов КВЗ, тахикардию и фибрилляцию сердечной мышцы, гипомагниезию.

Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства питьевой воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения. Соли кальция и магния, соединяясь с животными белками, которые мы получаем из еды, оседают на стенках пищевода, желудка, кишечника, осложняют их перистальтику (сокращение), вызывают дисбактериоз, нарушают работу ферментов и в конечном итоге отравляют организм.

Но в то же время, избыток Ca^{2+} ведет к мочекаменной болезни, нарушению состояния водно-солевого обмена, раннему обызвествлению костей у детей, замедлению роста скелета, а избыток Mg^{2+} к возможности развития синдромов дыхательных параличей и сердечной блокады, желудочно-кишечного тракта.

Повышенная жесткость воды негативно сказывается на здоровье человека при умывании. Соли жесткости взаимодействуют с моющими веществами и образуют нерастворимые шлаки, разрушающие естественную жировую пленку кожного и волосяного покрова человека, забивающие поры.

В день человек должен потреблять около 1000 мг кальция и 200-400 мг магния. Если представить, что вы ежедневно выпиваете два литра жесткой воды (или жидкости, произведенной на основе этой воды, например, бульона), то количество полученных таким образом кальция и магния составит 5-20% от нормы. Специалисты ВОЗ приводят данные эпидемиологических исследований (так называют изучение частоты заболеваний на большой популяции), которые показывают, что недостаток кальция может привести к образованию камней в почках.

Другие исследования говорят, что жесткость питьевой воды снижает риск

гипертонии и смертность от сердечно-сосудистых заболеваний. Например, согласно статье 1981 года, в городах Великобритании с мягкой питьевой водой смертность от сердечно-сосудистых заболеваний на 10-15% выше, чем в городах, где вода средней жесткости (около 170 мг/л). Дальнейшее повышение концентрации заметно на статистику не влияет. Похожий эффект описан в статье 2003 года французских ученых, в исследовании ученых из Швеции и других работах. Как отмечено в документе ВОЗ, некоторые клинические испытания показывают, что прием большого количества пищевых добавок с кальцием, напротив, повышает риск образования камней в почках. Возможно, все зависит от того, в какой форме человек принимает его: с добавками или с водой и пищей.

А вот гиперкальциемия (превышение содержания кальция в организме) случается гораздо реже, чем нехватка этого элемента. Дело в том, что лишний кальций у здоровых людей выводится через почки, и только нарушение функций почек может поставить здоровье человека под угрозу. История с магнием похожа: маловероятно, чтобы избыточное количество этого элемента приносило вред человеку со здоровыми почками. Лишь иногда употребление более 250 мг магния в день (для такого количества пришлось бы выпить пять-десять литров очень жесткой воды) производит на здорового человека слабительный эффект, но к нему организм через некоторое время адаптируется.

Исследователи статистики часто приходят к выводу, что чем выше жесткость воды, тем ниже смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, однако эксперименты эту зависимость не подтверждают. Не до конца понятно, как трактовать разночтения. Возможно, часть противоположных результатов можно объяснить тем, те ученые, которые изучали большое количество людей, обычно не учитывают, сколько кальция и магния участники их исследований могли получить другими путями, не из воды. Поэтому дозировку ионов в питьевой воде для «полезной» жесткости подобрать пока не выходит, тем более что разным людям в зависимости от пола, возраста и массы тела нужно разное количество кальция и магния.

Положительные эффекты употребления жесткой воды недостаточно подтверждены, но это по крайней мере не вредит, даже наоборот. Человек, пьющий только дистиллированную воду, лишает себя целого набора полезных макро– и микроэлементов.

А вот если мыться жесткой водой, это может вызвать шелушение кожи и иногда даже атопический дерматит. Одно из возможных объяснений заключается в том, что в жесткой воде мы используем больше мыла, поскольку оно хуже пенится. Мало того, что мыло само по себе сушит кожу, жесткая вода при взаимодействии с ним образует соли, которые трудно смываются и могут вызывать раздражение у людей с чувствительной кожей.

Неудивительно, что у новорожденных, проводящих первые три месяца жизни в регионах с жесткой водой, согласно исследованию, в *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, на 87% возрастает риск экземы. До этого похожие исследования проводили на детях из США, Испании и Японии. Правда, согласно все тому же документу ВОЗ, умягчители воды мало влияют на ситуацию, так что дело, вероятно, не только в воде, но и в предрасположенности самих пациентов. Немного повышают этот риск мутации в гене белка филаггрина, отвечающего за защитные барьерные функции кожи.

Так что наш вывод будет немного парадоксальным: мыться жесткой водой может быть неприятно или даже вредно, а вот пить ее, возможно, даже полезно. К тому же, согласно недавнему пресс-релизу Американского химического общества, с жесткой водой вкус кофе получается более насыщенным, так как кофеин связывается с магнием во время варки.

В настоящее время для умягчения воды, используемой в технических целях, применяют активные не дорогостоящие реагенты (флокулянт Полиакриламид; коагулянт Полиоксихлорид алюминия «Аква Аурат 30»; натрий фосфорнокислый 12-водный, чистый; кислота лимонная; гипохлорид натрия марка А), по сравнению с фильтрами они дают быстрый качественный эффект.

Как было сказано в главе 2, вода, поступающая в котельную санатория

«Солнечный», используется не только для отопления, но и для гигиенических нужд (мытьё посуды, купание, готовка), а также, в санатории «Солнечный» присутствуют такие оздоровительные процедуры, как: гидромассаж, сауны и бани. Имеются многие процедуры, связанные с использованием подогретой воды, и чтобы эти процедуры приносили пользу, вода должна быть мягкой, именно поэтому снижение жесткости воды настолько важно. Причина невозможности использования реагентов для устранения излишней жесткости воды в том, что вода для отопления и гигиенических нужд поступает из одних и тех же котлов.

В санатории так же есть и столовая, где вода, в свою очередь, используется для приготовления пищи. Ее свойства обычно почему-то не подвергаются сомнению в процессе готовки. Готовить пищу на воде с примесями — примерно, то же самое, что слушать грампластинку с шумами и помехами. Посторонние вещества маскируют и искажают истинный вкус продуктов. Для того, чтобы раскрыть и ощутить в полной мере органолептические свойства и цвет любимого блюда, а так же, что бы пища приносила только пользу, нужна безусловно чистая вода. Именно в воде формируются многие и многие блюда: начиная с гречневой каши и заканчивая супом по-бельгийски. Вода выступает в роли универсальной среды, которая объединяет все составные части будущего блюда, извлекая из них разнообразные вещества, а так же добавляя к ним свои собственные, которые по воле судьбы оказались в ней самой. Приготовление пищи, используя чистую воду, это один из важнейших факторов существования санатория, так как в основном люди питаются диетическими блюдами, а к их приготовлению нужно относиться максимально бережно. Именно поэтому так важен постоянный контроль жесткости воды и своевременное ее умягчение.

Замена длительной процедуры регенерации фильтров для умягчения воды в условиях санатория «Солнечный» невозможна без разделения систем подачи подогретой воды для гигиенических нужд и отопления. Опираясь на полученные результаты, нами сделан вывод, что химический метод обработки

воды от коррозионно-активных газов может применяться как самостоятельный способ на котельных с небольшими величинами подпитки или как дообработка после вакуумной деаэрации. В особенности он будет очень удобен на полностью автоматизированных котельных малой мощности. Надо только не забывать о качественном инструментальном контроле воды и аккуратной, квалифицированной эксплуатации данных систем.

В результате проведенных исследований функционирования котельной санатория «Солнечный», можно сделать вывод, что, несмотря на проведенную в 2017 году модернизацию котельной, необходимо для более надежной и качественной работы разделить обработку воды для подачи в системы гигиенических и технических нужд.

Несмотря на проведенную в 2017 году модернизацию котельной, в связи с различными требованиями к качеству вод для технических и гигиенических нужд необходимо проводить отдельную обработку воды: для умягчения воду для гигиенических и медицинских процедур необходимо пропускать через фильтр ФИПа 1-0,7-6 (стоимость фильтра от 137 тыс. рублей, требует регенерации через 1000 м³ профильтрованной воды); для отопительных нужд экономичнее и эффективнее использовать химреагенты серии Аминат КО-5 (стоимость обработки 1000 м³ составит 100 рублей).

Заключение

Каждая система стремится к стабильности. Всегда важно учитывать, что удаление одного из компонентов приводит к смещению системы в ту или иную сторону, и она будет стремиться себя восстановить. Например, вода из скважины находится в равновесном состоянии, насытившись ионами пород, через которые она просачивается. Удаляя катионы жесткости, мы заведомо увеличиваем агрессивность воды. А индекс стабильности даст нам верную оценку в том случае, если в дальнейшем в системе с водой не будет происходить никаких изменений (например, в виде нагрева или охлаждения). И даже если при температуре 4 °С вода стабильна, то при нагреве возникает риск накипеобразования.

Таким образом, после вмешательства в химический состав воды необходимо проводить стабилизационную обработку воды путем дозирования реагентов.

В результате проведенных исследований работы котельной установки и рассмотрения возможных способов снижения жесткости воды, можно сделать выводы:

- вода, поступающая в котельную по основным показателям, соответствует ГОСТу Р 55682.12-2013, однако общая жесткость воды находится в критическом значении, вплотную приближаясь к ПДК, что связано с природными свойствами воды данного района и устаревшим оборудованием водозабора;
- в результате химического анализа воды, поступаемой в котельную санатория «Солнечный», установлено, что оптимальной работе котельной установки мешает увеличение концентрации ионов кальция; увеличение общего солесодержания (более 1000 мг/дм³), возникающие в процессе водонагревания;
- для умягчения поступаемой в котельную воды от водозабора села Тенгинка, используется фильтр ФИПа 1-0,7-6, который снижает

концентрацию ионов кальция до с $7,00 \text{ мг/дм}^3$ до $0,002 \text{ мг-экв/дм}^3$; уменьшает общее солесодержание в 3 раза (от 1000 мг/дм^3 до $314,3 \text{ мг/дм}^3$);

- химические анализы воды проводятся регулярно и при критических показателях (общая жесткость котловой воды превышает допустимые показатели в 13 раз (допустимый показатель $<0,006 \text{ мг-экв/дм}^3$); солесодержание превышает допустимые значения - допустимый показатель $<600 \text{ мг/дм}^3$), фильтр подвергается регенерации, что является длительным и трудоемким процессом.

Для решения обнаруженных проблем и для стабилизации работы котельной можно предложить следующие мероприятия:

- для защиты оборудования от углекислотной коррозии по нормам «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ» необходимо поддерживать уровень pH воды закрытых систем теплоснабжения в диапазоне 8,3-9,5. Для этих целей стоит применять коррекционную обработку подпиточной воды щелочным реагентом Аминат КО-5. Необходимость данной обработки обусловлена также тем фактом, что в результате окисления сульфита растворенным в воде кислородом происходит снижение pH среды. Контроль дозирования проводится нами по измерению pH обработанной воды. Практика применения реагента в наших условиях показала, что оптимальный удельный расход композиции составляет $0,023-0,027 \text{ кг/м}^3$;
- опираясь на полученные результаты, нами сделан вывод, что химический метод обработки воды от коррозионно-активных газов может применяться как самостоятельный способ на котельных с небольшими величинами подпитки или как дообработка после вакуумной деаэрации. В особенности он будет очень удобен на полностью автоматизированных котельных малой мощности. Надо только не забывать о качественном инструментальном контроле воды и аккуратной, квалифицированной эксплуатации данных систем.

- хотелось бы еще раз подчеркнуть, что вопросы по повышению эффективности производства тепловой энергии невозможно решить без усовершенствования одной из составляющих данного производства - химводоподготовки, и сегодняшние возможности производства материалов и оборудования для ХВО способствуют этому.
- для умягчения воду для гигиенических и медицинских процедур необходимо пропускать через фильтр ФИПа 1-0,7-6 (стоимость фильтра от 137 тыс. рублей, требует регенерации через 1000 м³ профильтрованной воды); для отопительных нужд экономичнее и эффективнее использовать химреагенты серии Аминат КО-5 (стоимость обработки 1000 м³ составит 100 рублей).

Список использованной литературы

1. Бирюков, Б.В. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие. – Краснодар: КубГТУ, 2012. – 357 с.
2. Вергазов, В.С. Спутник машиниста отопительных котельных. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1980. – 248 с.
3. ГОСТ Р 55682.12-2013/ЕН 12952-12:2003 Котлы водотрубные и котельно-вспомогательное оборудование. Часть 12. Требования к качеству питательной и котельной воды [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107478> (дата обращения: 28.09.2019)
4. Губонина, З.И. Промышленная экология. Проблемы питьевой воды: учеб. пособ. / З.И. Губонина, С.Н. Владимиров. – М.: Изд-во МГОУ, 2010. – 100 с.
5. Гусев, Ю.А. Основы проектирования котельных установок: учеб. пособие для ВУЗов. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 248 с.
6. Журба, М.Г., Соколов, Л.И., Говорова, Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учеб. пособие. – 2-ое изд., пер. и доп. – М.: Издательство АСВ, 2004. – Т. 2 – 496 с.
7. Зыков, А.К. Паровые и водогрейные котлы. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 128 с.
8. Кострикин, Ю.М., Мещерский, Н.А., Коровина, О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 254 с.
9. Мазаев, В.Т., Ильницкий, А.П., Шлепнина, Т.Г. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. – 320 с.
10. Мазаев, В.Т., Королев, А.А., Шлепнина, Т.Г. Коммунальная гигиена / под ред. В.Т. Мазаева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 304 с.
11. Николадзе, И.Г., Сомов, М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995. –

688 с.

12. Нормативно-методическое обеспечение мониторинга поверхностных вод суши / под ред. члена РАН А.М. Никанорова. – М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. – Ч. 1. – 400 с.
13. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Мн.: «Инженерный центр» «БОИМ», 2006. – 194 с.
14. Промышленные котельные установки: учеб. / Р.И. Эстеркин. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 400 с.
15. Режимная карта водогрейных котлов VISSMAN VITOPLEX 100SX1. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.viessmann.ru/ru/zilye-zdania/gazovye-vodogrejnye-kotly/nizkotemperaturnye-gazovye-vodogrejnye-kotly/vitoplex-100.html> (дата обращения: 04.10.2019)
16. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. Л.В. Боевой. – Ростов-н/Д., 2009. – Ч. 1. – 191 с.
17. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
18. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора, 2002. – 103 с.
19. Сахаров, Е.Н. Модернизация водогрейных чугунных секционных котлов шатрового типа // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 9. – С. 32-34.
20. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001008> (дата обращения: 29.09.2019)
21. Технический отчет по проведению режимно-наладочных испытаний котлов VISSMAN VITOPLEX 100SX1 работающих на дизельном топливе установленных в отопительной котельной [Электронный ресурс]. URL: http://kotelna.tk/download/RNI_Prohorovskoe.pdf (дата обращения:

04.10.2019)

22. Фрог, Б.Н. Водоподготовка. – М.: МГУ, 2001. – 680 с.
23. Шевцов, М.Н. Водоснабжение промышленных предприятий: учеб. пособ. для вузов. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2010. – 127 с.
24. Эстеркин, Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособ. для техникумов. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.
25. Яковлев, С.В., Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. для вузов. – М.: АСВ, 2004. – 704 с.