

ТЕМА 12.

ОБРАБОТКА ВОДЫ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

12.1 Основные требования к качеству подпиточной воды тепловых сетей

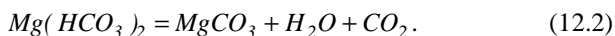
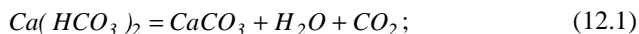
В природной и водопроводной воде обычно содержатся различные газы, соли, коллоидные вещества, механические взвеси и т. п. которые вызывают внутреннюю коррозию оборудования и трубопроводов, что уменьшает срок их службы, а также приводят к образованию шлама в воде и отложений (накипи) на поверхностях. В результате этих процессов уменьшается проходное сечение труб, ухудшается теплопередача в теплообменных аппаратах, происходят локальные пережоги трубок в котлах и др. Во избежание отмеченных явлений восполнение потерь и разбора воды, пара и конденсата в системах теплоснабжения и в циклах ТЭЦ и котельных производится специально подготовленной подпиточной водой.

Качество подпиточной воды, т. е. допустимое содержание в ней различных примесей, должно удовлетворять определенным техническим, а для тепловых сетей дополнительно и санитарно-гигиеническим требованиям.

С технических позиций качество подпиточной воды должно быть таким, чтобы не происходили процессы коррозии металла и накипеобразования на поверхности. Это возможно только при полном отсутствии примесей в воде. Однако полностью устранить все примеси в воде весьма сложно и дорого, поэтому на практике воду очищают только до определенных пределов, которые в заданных конкретных условиях являются экономически целесообразными.

Допустимая с технико-экономических позиций степень очистки воды зависит от условий водно-химических режимов в подпитываемых контурах: чем выше температура и давление в них, тем более интенсивно протекают процессы коррозии и накипеобразования, а также от характера вредных последствий от накипеобразований. Последнее связано с тем, что слой накипи на поверхности металла в определенных условиях, например в трубопроводах тепловых сетей, может выполнять положительные функции – предохранять металл от коррозии.

Отложение солей в виде накипи на поверхностях и образование шлама в воде при существующем уровне температур в тепловых сетях происходит в основном вследствие разложения содержащихся в воде бикарбонатов – двууглекислых солей кальция и магния по уравнениям:



Монокарбонаты $CaCO_3$ и $MgCO_3$ выпадают в виде осадков и отлагаются на поверхностях в виде твердых корок – накипи. Особенно твердую корку дает углекислый кальций $CaCO_3$.

По содержанию солей кальция и магния в воде характеризуется жесткость воды, которая подразделяется на карбонатную (временную), некарбонатную (постоянную) и общую (суммарную).

Карбонатная (временная) жесткость определяется по содержанию в воде легко разлагающихся при нагревании солей кальция и магния, т. е. по содержанию бикарбонатов $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$. Некарбонатная (постоянная) жесткость определяется по содержанию других солей кальция и магния ($CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSiO_3$, $MgSiO_3$ и др.), которые трудно растворяются в воде. Общая (суммарная) жесткость определяется по суммарному содержанию всех солей кальция и магния в воде.

Жесткость воды измеряется в мг-экв/кг и мкг-экв/кг или мг-экв/л и мкг-экв/л, которые характеризуют массовое содержание, мг или мкг катионов кальция и магния в 1 кг или 1 л воды. Например, если в 1 кг воды содержится 50 мг катионов кальция и 40 мг катионов магния, то жесткость воды составит:

$$Ж_в = Ж_{Ca} + Ж_{Mg} = \frac{G_{Ca^{2+}}}{20.04} + \frac{G_{Mg^{2+}}}{12.16} = \frac{50}{20.04} + \frac{40}{12.16} = 5.8 \text{ мг-экв/кг,}$$

где $G_{Ca^{2+}}$ и $G_{Mg^{2+}}$ – массовое содержание (концентрация) в воде катионов кальция и магния, мг/кг, 20,04 и 12,16 – эквивалентная масса кальция и магния (молекулярный вес, деленный на валентность).

Коррозия стальных трубопроводов и оборудования в тепловых сетях вызывается в основном растворенными в воде газами: кислородом O_2 и двуокисью углерода CO_2 , а также солями серной R_2SO_4 и соляной HCl кислот, которые являются и катализаторами кислородной и углекислотной коррозии.

Кислород, содержащийся в воде, при контакте с металлом соединяется с ним, вследствие чего корродируются стальные трубы. Чем выше концентрация кислорода в воде, тем больше коррозия металла.

Агрессивные качества воды, зависящие от содержания в ней двуокиси углерода CO_2 , оцениваются индексом насыщения воды карбонатом кальция, который определяется по уравнению

$$I = pH - pH_s,$$

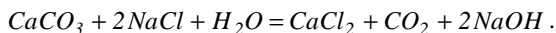
где pH – фактическая величина показателя концентрации ионов водорода в воде (десятичный логарифм величины концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком, $pH = -\lg C_H$); pH_s – значение pH в состоянии равновесного насыщения воды карбонатом кальция.

Чем больше содержится в воде CO_2 , тем ниже концентрация ионов водорода в воде. Поэтому, если $pH < pH_s$, т. е. $I < 0$, то содержание CO_2 в воде избыточно. Это препятствует протеканию реакций по уравнениям (12.1) и (12.2), т. е. образованию на поверхности труб защитной карбонатной пленки. Вода имеет непосредственный контакт с металлом, что ведет к усиленной коррозии. Следовательно, такая вода является коррозионно-агрессивной.

Если $pH > pH_s$, т. е. $I > 0$, то содержание CO_2 в воде меньше равновесной концентрации. Это способствует разложению бикарбонатов $Ca(HCO_3)_2$ и $Mg(HCO_3)_2$ и образованию на поверхности труб слоя накипи, защищающей от коррозии. Следовательно, такая вода является коррозионно-неагрессивной.

Хлориды и сульфаты, как указывалось выше, также вызывают коррозию металла и являются катализаторами процессов коррозии. Кроме того, они разрушают карбонатную пленку на поверхности труб, что интенсифицирует процессы кислородной и углекислотной коррозии.

Например, при наличии в воде $NaCl$ происходит разрушение пленки $CaCO_3$ по уравнению:



Технические условия на качество подпиточной воды для различных водных режимов в подпитываемых контурах регламентируются нормами ПТЭ (правила технической эксплуатации ТЭС и сетей). Основные показатели качества подпиточной воды тепловых сетей приведены в табл. 12.1.

Наряду с техническими требованиями подпиточная вода тепловых сетей должна удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям: в ней не должны присутствовать вредные для здоровья человека примеси, а в системах с непосредственным водоразбором показатели ее должны соответствовать показателям питьевой воды.

Таблица 12.1

Показатели качества подпиточной воды тепловых сетей

Показатель	Значения показателей при максимально-возможной температуре сетевой воды, °С		
	75	76-100	101-200
Кислород, мг/кг	0,1	0,1	0,05
Свободная углекислая кислота	Должна отсутствовать		
Карбонатная жесткость, мг-экв/кг	1,5	0,7	0,7
рН	6,5-8,5		
Взвешенные вещества, мг/кг	5		

Показатели питьевой воды (химический состав, вкус, прозрачность, запах и цвет) регламентируются ГОСТ. В соответствии с ним, в питьевой воде допускается содержание взвешенных веществ не более 1,5 мг/л, минеральных солей от 100 до 1000 мг/л, железа до 0,3 мг/л, хлоридов до 350 мг/л, сульфатов до 500 мг/л, солей кальция и магния на уровне общей жесткости до 7 мг-экв/л. Не разрешается применение дистиллированной (лишенной солей) воды, так как она нарушает пищеварение и деятельность желез внутренней секреции. Строго регламентируется и предельно допустимое содержание в питьевой воде различных токсических веществ и добавок, применяемых для очистки и осветления воды.

12.2 Способы борьбы с внутренней коррозией, шламом и накипью в системах теплоснабжения

В системах теплоснабжения внутренняя коррозия трубопроводов и оборудования приводит к сокращению срока их службы, авариям и зашламлению воды продуктами коррозии, поэтому необходимо предусматривать меры борьбы с ней. Сложнее обстоит дело с солями, образующими накипь и шлам: с одной стороны, накипь и шлам ухудшают работу систем теплоснабжения, а с другой, слой накипи на поверхности трубопроводов препятствует проникновению кислорода к металлу и, следовательно, защищает их от коррозии. Поэтому в тепловых сетях нецелесообразно применять воду, полностью очищенную от накипеобразующих солей (в отличие от циклов ТЭЦ и котельных, где накипь не допускается вообще).

Внутренняя коррозия трубопроводов и оборудования и образование накипи и шлама в той или иной степени могут происходить в любой системе теплоснабжения. Связано это в основном с остаточным содержанием агрессивных газов (O_2 , CO_2), а также солей (хлоридов, сульфатов, бикарбонатов и др.) в подпиточном воде, подсосами воздуха через неплотности и др. Особенно сильно эти процессы могут происходить при подпитке необработанной водопроводной водой, что часто происходит в местных установках горячего водоснабжения при закрытых системах теплоснабжения.

Коррозионная активность воды, как указывалось выше, оценивается по концентрации в воде кислорода, индексу насыщения воды карбонатом кальция и суммарной концентрации в воде хлоридов и сульфатов. Вода считается практически неагрессивной только при $I > 0$ и $RCl + R_2SO_4 < 50$ мг/л. Во всех остальных случаях вода является агрессивной и поэтому необходимо предусматривать защиту от коррозии.

Основными направлениями борьбы с внутренней коррозией в системах теплоснабжения являются:

1) снижение коррозионной активности воды за счет уменьшения содержания в ней агрессивных компонентов (O_2 , CO_2 и др.);

2) повышение антикоррозионной стойкости систем теплоснабжения путем покрытия поверхности металла специальными пленками, защищающими от коррозии;

3) изготовление элементов систем теплоснабжения из материалов, устойчивых против коррозии.

Для снижения коррозионной активности воды применяются два способа: физический – удаление агрессивных газов путем деаэрации (дегазации) и химический – связывание агрессивных компонентов химическими реагентами.

Деаэрация является в настоящее время наиболее распространенным способом подготовки воды для систем теплоснабжения. В зависимости от параметров греющей среды применяются термические деаэраторы атмосферного и вакуумного типа. Кроме того, иногда используется естественная деаэрация воды.

Связывание агрессивных компонентов химическими реагентами производится при подготовке воды как для холодного водоснабжения на водоочистных станциях, так и дополнительно для систем теплоснабжения.

На водоочистных станциях для связывания агрессивной углекислоты при $I < 0$ применяется щелочная обработка воды известью, содой, гексаметафосфатом или триполифосфатом натрия, а для связывания избыточного кислорода – обработка воды сульфитом натрия, сернистым газом, гидразином.

В системах теплоснабжения коррозионные процессы протекают более интенсивно, чем в холодном водопроводе, поэтому противокоррозионная обработка воды на водоочистных станциях является, как правило, недостаточной. При этом проведение ее в больших размерах на водоочистных станциях не всегда целесообразно и возможно, так как доля воды, отбираемая из водопровода в системы теплоснабжения, небольшая, а расходы реагентов возрастают значительно.

Для систем теплоснабжения в настоящее время применяется обработка воды силикатом натрия (силикатирование), при которой связывается свободная углекислота, а на поверхности металла образуется прочная защитная пленка из окиси силиция SiO_2 (жидкое стекло). Кроме того, для уменьшения содержания O_2 и CO_2 в воде иногда используется обработка воды сульфитом натрия и щелочными реагентами, а также обработка воды в сталестружчатых и магномассовых фильтрах.

Внутренняя поверхность металла антикоррозионными пленками может покрываться как в процессе эксплуатации вследствие отложения труднорастворимых солей, образующихся из содержащихся или вводимых в воду химических реагентов, так и до эксплуатации путем специального нанесения на поверхность металла защитного слоя из некорродирующих

веществ. К первым относятся отмеченные выше защитные пленки из карбоната кальция и окиси силиция, ко вторым – цинковое и эмалевое покрытия, выполняемые в заводских условиях для труб горячего водоснабжения.

Стальные оцинкованные трубы применяются в настоящее время достаточно широко. Как показала практика, срок их службы в 2 – 3 раза больше, чем черных стальных труб. Однако при изгибании и сварке труб, а также при температурах воды выше 60°C происходит отслоение и разрушение цинкового покрытия. Эмалированные трубы являются более устойчивыми и долговечными, но более дорогими.

Материалы, устойчивые против коррозии, в системах теплоснабжения в настоящее время применяются весьма незначительно из-за дефицитности и дороговизны или технических несовершенств конструкций. К числу распространенных относятся теплообменники с латунными трубками и трубками из нержавеющей стали, чугунные отопительные приборы, различная арматура из чугуна, латуни и бронзы.

Образование накипи и шлама в системах теплоснабжения зависит от величины карбонатной (временной) жесткости воды. При $\mathcal{J}_k < 2$ мг-экв/л (мягкая вода) накипь и шлам в системах, как правило, не образуются. При $2 \text{ мк-экв/л} < \mathcal{J}_k < 4$ мг-экв/л на поверхности металла образуется тонкая пленка накипи (если $I > 0$ и $RCl + R_2SO_4 < 50$ мг/л) которая защищает его от коррозии и практически не влияет на работу систем теплоснабжения. При $\mathcal{J}_k > 4$ мг-экв/л образуется толстая пленка накипи и шлама в системе, поэтому в этом случае необходимо предусматривать защиту от зашламливания и накипеобразования.

Предотвращение образования шлама и накипи в системах теплоснабжения производится вследствие подпитки тепловых сетей умягченной водой или же водой со стабилизированной жесткостью (индекс насыщения $I = 0$).

Для подготовки умягченной воды применяются следующие методы: обработка воды в катионитовых фильтрах, щелочная обработка воды известью и содой и магнитная обработка воды.

Получение воды со стабилизированной жесткостью производится путем обработки исходной воды: при $I > 0$ – серной или соляной кислотой, гексаметафосфатом или триполифосфатом натрия; при $I < 0$ – известью, содой или путем удаления CO_2 аэрацией на вентиляторной градирне (декарбонизаторе).

12.3. Подготовка для тепловых сетей и местных систем горячего водоснабжения

Подготовка подпиточной воды для тепловых сетей производится обычно в источниках теплоты путем умягчения исходной водопроводной или природной (поверхностной, артезианской) воды в Na – и H – катионитовых фильтрах и ее дегазации в атмосферных или вакуумных деаэраторах. Кроме того, при высокой жесткости исходной воды применяют иногда предварительную щелочную обработку, а при значительном остаточном содержании агрессивных газов в подпиточной воде и подсосах воздуха в систему – последующую обработку воды силикатом или сульфитом натрия. Термическая стабилизация и магнитная обработка воды используются в настоящее время только в отдельных случаях соответственно при мягкой воде с $Ж_{\kappa} < 1$ мг-экв/л и в небольших системах теплоснабжения.

При использовании природной воды при необходимости ее предварительно обрабатывают, т. е. осветляют, обезжелезивают, а в системах с непосредственным водоразбором, кроме того, и обеззараживают в соответствии с санитарными нормами.

Подготовка подпиточной воды в источниках теплоты излагается подробно в курсе теплогенерирующих установок, поэтому ниже кратко рассмотрены только принципы и схемы основных способов водоподготовки для тепловых сетей.

Умягчение воды в катионитовых фильтрах используется для систем с непосредственным водоразбором при карбонатной жесткости исходной воды до 2 мг-экв/л; для закрытых систем – до 5 мг-экв/л или при совместной работе водогрейных котлов и пароводяных подогревателей с латунными трубками – до 3,5 мг-экв/л. При этом обычно применяется и деаэрация исходной воды. На рис. 12.1 представлена принципиальная схема установки.

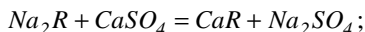
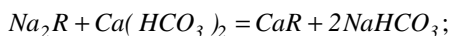
Исходная природная вода, осветленная и обеззараженная, или вода из водопровода пропускается через катионитовый фильтр 1 (сульфоуголь, катионит КУ-2 или др.), где вследствие химических реакций происходит поглощение ионов Ca и Mg . При этом из катионита выделяются ионы Na или H , которые переходят в воду и образуют хорошо растворимые и не дающие накипи соли натрия или серную, соляную и угольную кислоты. В зависимости от типа обменивающегося иона и называют Na – и

H – катионирование. Затем вода проходит декарбонизатор 2, где удаляется CO_2 , и собирается в баке умягченной воды 3. Из бака вода подается насосами 4 в деаэратор 8 с предварительным подогревом для интенсификации дегазации в охладителе деаэрированной воды 5, в охладителе выпара 6 и пароводяном подогревателе 7. В деаэраторе происходит удаление агрессивных газов из подпиточной воды в результате продувки (вентиляции) его паром, который имеет более низкое парциальное давление этих газов. Деаэрированная вода собирается в баке, установленном под деаэратором, откуда подается в тепловую сеть с помощью подпиточных насосов 9 или в бак-аккумулятор 10. Последний устанавливается обычно только в открытых системах теплоснабжения для уменьшения мощности водоподготовительных установок.

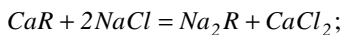
При работе происходит постепенное насыщение фильтра кальцием и магнием и снижение его очищающей способности. Поэтому его периодически промывают: при *Na* – катионировании – раствором поваренной соли ($NaCl$), при *H* – катионировании – серной кислотой (H_2SO_4). При этом происходят обратные процессы: кальций и магний переходят в промывающий раствор и сбрасываются в канализацию, а *Na* и *H* входят в состав катионита, восстанавливая его, свойства.

Химические реакции для ионов *Ca* протекают по следующим формулам:

при *Na*-катионировании воды:



при регенерации катионита поваренной солью



при *H*-катионировании воды:

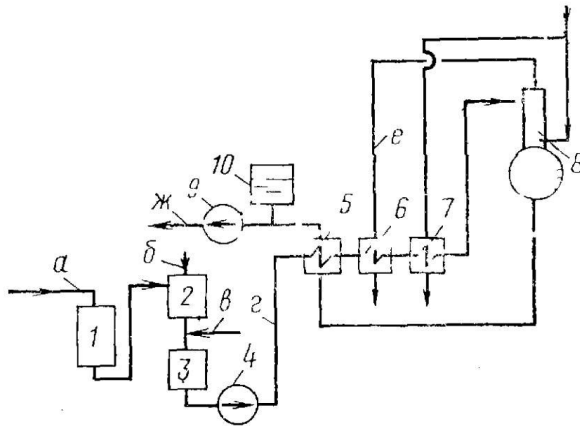
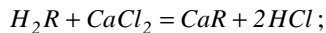
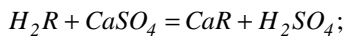
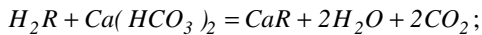
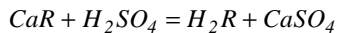


Рис. 12.1. Принципиальная схема подготовки подпиточной воды для тепловых сетей катионированием и деаэрацией
 1 – катионитовый фильтр; 2 – декарбонизатор; 3 – бак умягченной воды, 4 – насос, 5 – охладитель деаэрированной воды; 6 – охладитель выпара; 7 – пароводяной подогреватель; 8 – деаэратор, 9 – подпиточный насос, 10 – бак-аккумулятор; а – водопроводная вода; б – углекислота; в – едкий натр или серная кислота для уменьшения кислотности или щелочности; г – умягченная вода; д – греющий пар, е – выпар; ж – подпиточная вода



при регенерации катионита серной кислотой



Аналогично протекают реакции и для ионов Mg . При Na – катионировании происходит увеличение щелочности, при H – катионировании – кислотности воды. Поэтому в умягченную воду добавляют соответственно серную кислоту и едкий натрий или применяют совместное H – , Na – катионирование. Остаточная карбонатная

жесткость воды после катионитовых фильтров обычно составляет 0,2 – 0,5 мг-экв/кг, а остаточное содержание кислорода после деаэраторов – 0,05 мг/кг.

Удаление агрессивных газов из воды методом деаэрации основывается на зависимости содержания газов в воде от давления газов над водой и температуры воды. Эта зависимость вытекает из закона Генри, в соответствии с которым при равновесном состоянии концентрация (содержание) растворенного газа в жидкости G_i^p , мг/л, прямо пропорциональна парциальному давлению данного газа над жидкостью и коэффициенту его растворимости в жидкости:

$$G_i^p = y_i^p p_i^p,$$

где p_i^p – парциальное давление данного газа, Па, y_i^p – коэффициент массовой растворимости данного газа, мг/(л·Па).

Коэффициент растворимости y_i^p зависит от температуры жидкости, чем выше температура, тем меньше y_i^p

При изменении давления газа p_i или температуры воды (т. е значения y_i) нарушается существовавшее равновесное состояние и начинает происходить десорбция (выделение) газа из воды или абсорбция (поглощение) газа водой, пока не наступит другое равновесное состояние, соответствующее новым значениям p_i и y_i . Следовательно, содержание газа в воде можно менять путем изменения давления данного газа над водой или температуры воды. В частности, удаление газов из воды будет происходить при снижении их давления над водой и повышении температуры воды

В термических деаэраторах используются оба отмеченных фактора.

Уменьшение давления агрессивных газов внутри деаэратора достигается вследствие постоянного их удаления продувкой (вентиляцией) деаэратора паром, имеющим более низкие парциальные давления данных газов. Разность между парциальным давлением газа, которое наблюдалось бы в равновесном состоянии при исходной концентрации газов в воде, и действительным парциальным давлением газа в парогазовом пространстве деаэратора, образующимся при продувке паром, $\Delta p_i = p_i^p - p_i$ и является движущей силой термической деаэрации. Чем больше разность Δp_i , тем

более интенсивно идет процесс дегазации и тем меньше агрессивных газов остается в обработанной воде. Так как содержание газов в паре, подаваемом для продувки, является неизменным, то повышение Δp_i может быть достигнуто за счет увеличения количества (скорости) пара и соответственно выпара из деаэратора

Количество удаляемого из воды газа в единицу времени может быть определено по уравнению:

$$G_i = S_i \Delta p_i F,$$

где S_i – коэффициент десорбции газа из воды; Δp_i – средняя разность парциальных давлений газа в равновесном состоянии и в парогазовом пространстве деаэратора, F – площадь поверхности контакта обрабатываемой воды с паром.

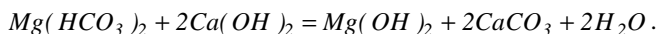
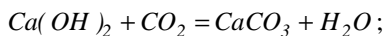
Коэффициент десорбции S_i зависит от температуры воды: чем выше температура, тем меньше коэффициент растворимости газа u_i а также вязкость и сила поверхностного натяжения воды и тем больше S_i . Температура воды может быть повышена как при внешнем предварительном подогреве ее в теплообменниках (см. рис. 12.1) так и при внутреннем смешивании воды с паром. Если внешний предварительный подогрев воды производится при температуре выше температуры испарения в деаэраторе, то вентиляция колонны производится за счет образующегося пара. Такие аппараты называют деаэраторами перегретой воды. При применении одновременно внешнего и внутреннего подогрева воды или только внутреннего деаэраторы называются смешивающего типа. Максимально возможная температура подогрева зависит от давления в деаэраторе, поэтому при необходимости глубокой дегазации воды применяют деаэраторы с повышенным давлением (до 0,7 МПа). Для подготовки подпиточной воды тепловых сетей не требуется глубокая дегазация воды, вследствие чего в основном используются атмосферные (давление до 0,12 МПа) и вакуумные (давление 0,05 – 0,07 МПа) деаэраторы.

Для увеличения площади поверхности контакта F в деаэраторах предусматривают специальное распределение или потоков воды в паровой среде, или пара внутри потока жидкости. Первый способ реализуется в струйно-капельных, пленочных и насадочных аппаратах; второй – в барботажных аппаратах. В последнем случае величина F на единицу

объема аппарата получается в несколько раз большей. Если используется один из указанных способов, то деаэратор называют одноступенчатым если оба способа одновременно, то двухступенчатым.

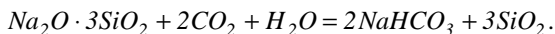
При щелочной обработке воды известью или одновременно известью и содой происходит связывание свободной углекислоты и образование трудно растворимых солей кальция и магния, выделяющихся в виде твердой фазы. Последние осаждают в отстойниках и затем удаляют.

Так, при известковании протекают следующие реакции:



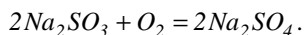
Вследствие связывания CO_2 происходят увеличение pH воды и распад бикарбоната кальция по уравнению (12.1) с образованием $CaCO_3$. В виде твердой фазы выделяются $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$. При этом карбонатная жесткость воды снижается до 0,5 – 1 мг-экв/кг.

При обработке воды силикатом натрия (силикатировании) происходит связывание CO_2 по уравнению:



В результате этой реакции уменьшается углекислотная коррозия и происходит увеличение pH воды. Кроме того, уменьшается и кислородная коррозия, так как окись силиция SiO_2 (жидкое стекло) образует на поверхности трубопроводов плотную защитную пленку, которая изолирует металл от контакта с водой. Отмеченные обстоятельства, а также безвредность и недефицитность исходного материала явились причиной широкого использования этого метода в системах с непосредственным водоразбором.

При обработке воды сульфитом натрия (сульфитировании) происходит связывание кислорода по уравнению:



В результате снижается содержание кислорода в воде, вследствие чего уменьшается кислородная коррозия трубопроводов и увеличивается

содержание сульфата натрия в воде. Последний является более безопасным в отношении коррозии трубопроводов.

Метод сульфитирования применяется в настоящее время только в закрытых системах, в основном для устранения коррозии, возникающей при подсосах воздуха через неплотности из-за неустойчивого гидравлического режима. В открытых системах сульфит натрия не применяется, так как это может привести к увеличению сульфатов в воде выше допустимой по санитарно-гигиеническим нормам концентрации для питьевой воды. К недостаткам метода также относятся: большие расходы реагента (на 1 г O_2 примерно 8 кг Na_2SO_3) и необходимость предварительного подогрева воды до 75 – 80 °С (для протекания реакции).

Химические реагенты для обработки воды могут применяться как в твердом (кусковые и гранулированные), так и в жидком (растворы различной концентрации) виде. В первом случае вода пропускается через слой реагента, во втором – раствор реагента вводится в воду. На рис. 12.2 показаны принципиальные схемы обработки воды твердыми и жидкими химическими реагентами. Доза вводимых в воду реагентов, используемых в твердом виде, регулируется количеством воды, пропускаемым через фильтр и по обводной линии; используемых в жидком виде, – количеством и концентрацией раствора, вводимого в воду.

Магнитная обработка воды, в соответствии со СНиП может предусматриваться при исходной воде с карбонатной жесткостью до 9 мг-экв/л, содержанием железа до 3 мг/л и при подогреве воды не выше 95°С. Вода с такой температурой применяется в настоящее время только в небольших системах теплоснабжения и для горячего водоснабжения.

Принципиальная схема установки магнитной обработки воды показана на рис: 12.3. Подпиточная вода пропускается через магнитное силовое поле в противонакипном магнитном устройстве (ПМУ) и поступает в тепловую сеть. При этом растворенные в воде соли изменяют свою структуру и образуют высокодисперсную взвесь, не осаждающуюся на поверхности металла. Эта взвесь может быть выделена в виде осадка и удалена через шламоотделители.

Во избежание потери сетевой водой магнитных свойств в схеме предусматривается специальный антирелаксационный контур, через который пропускается до 25% циркулирующей в системе воды антирелаксационный контур подсоединяется в местах с максимальным и минимальным давлением сетевой воды, т. е. в местах нагнетания и всасывания сетевого насоса, и состоит из дополнительного ПМУ для

омагничивания сетевой воды и сепаратного шламоотделителя для осаждения и удаления взвешенных веществ.

Качество умягчения воды при магнитной обработке зависит в основном от напряженности магнитного силового поля, скорости движения воды через магнитные аппараты и исходного состава воды. Аппараты могут строиться как с постоянными магнитами, так и с электромагнитами.

При использовании для горячего водоснабжения воды непосредственно из водопровода, что наблюдается обычно в закрытых системах теплоснабжения, возникает опасность внутренней коррозии и зашламления местных установок горячего водоснабжения. Внутренняя коррозия происходит при наличии растворенного кислорода и агрессивной водопроводной воды с $I < 0$ и $RCl + R_2SO_4 > 50$ мг/л; зашламление и интенсивное накипеобразование – воды с жесткостью $Ж_k > 4$ мг-экв/л, $I > 0$ и $RCl + R_2SO_4 < 50$ мг/л. В отмеченных случаях необходимо предусматривать соответственно противокоррозионную и противонакипную защиту местных систем горячего водоснабжения. Одним из основных путей такой защиты в настоящее время является местная децентрализованная обработка водопроводной воды в ЦТП и МТП.

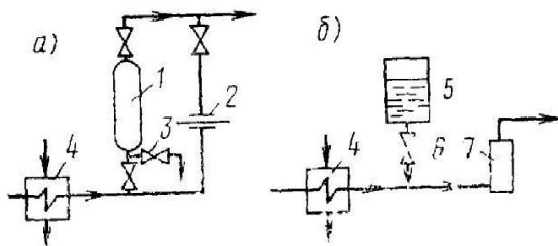


Рис. 12.2 Принципиальные схемы обработки воды твердыми (а) и жидкими (б) химическими реагентами:

1 – фильтр-дозатор гранулированных реагентов; 2 – диафрагма; 3 – промывочный кран; 4 – подогреватель; 5 – бак с жидким реагентом; 6 – регулировочный клапан; 7 – смеситель

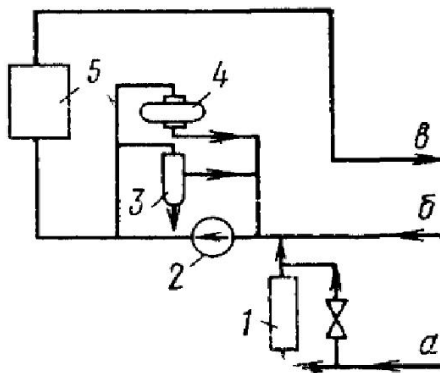


Рис 12.3 Принципиальная схема магнитной обработки воды

1 – ПМУ для подпиточной воды, 2 – сетевой насос, 3 – шламоотделитель, 4 – ПМУ для сетевой воды, 5 – подогреватель; а – водопроводная вода; б и в – обратная и подающая сетевая вода.

Следует отметить, что децентрализованная обработка воды связана, как правило, с повышением капитальных и эксплуатационных затрат. Конкурирующими вариантами могут являться: противокоррозионная и противонакипная централизованная обработка исходной воды на водоочистных станциях (например, стабилизация водопроводной воды); применение специальных защитных покрытий (например, оцинкованных и эмалированных труб) и материалов, устойчивых против коррозии, и др.

Методы и средства противокоррозионной и противонакипной защиты местных систем горячего водоснабжения выбираются в зависимости от качества воды, коррозионной стойкости элементов систем горячего водоснабжения, возможности и доступности их ремонта и др. Обычно они более простые, чем централизованные установки для умягчения и деаэрации подпиточной воды тепловых сетей, так как температура воды, подаваемой на горячее водоснабжение, меньше температуры сетевой воды, и, следовательно, интенсивность внутренней коррозии и накипеобразования ниже.

Для противокоррозионной децентрализованной обработки воды могут применяться следующие методы: вакуумная и естественная деаэрация, обработка воды силикатом натрия (силикатирование) и обработка воды в магномассовых и сталестружчатых фильтрах; для противонакипной – магнитная обработка воды.

При естественной деаэрации удаление агрессивных газов происходит вследствие уменьшения коэффициента растворимости газов в воде при увеличении температуры и уменьшении давления воды. Поэтому, если холодную воду нагреть и подать в открытый резервуар (расширитель), сообщающийся с атмосферой, то агрессивные газы будут удаляться из воды, пока не установится другое равновесное состояние, соответствующее новому коэффициенту растворимости газов в воде. Например, при нагреве воды до 60 °С при атмосферном давлении содержание кислорода в воде может быть снижено на 55%, а углекислоты – на 78%. При уменьшении CO_2 в воде нарушается также условие равновесия ее с бикарбонатами, что вызывает разложение бикарбонатов и образование защитной пленки $CaCO_3$.

Принципиальная схема установки для естественной деаэрации воды приведена на рис. 12.4. Холодная водопроводная вода нагревается в теплообменнике горячего водоснабжения сетевой водой и поступает в открытый резервуар, в котором происходит удаление агрессивных газов. Из резервуара деаэрированная горячая вода подается потребителям. Резервуары могут использоваться в качестве баков-аккумуляторов для выравнивания неравномерностей суточного графика горячего водоснабжения.

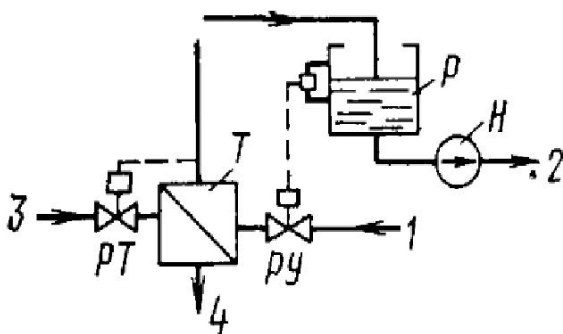


Рис 12.4 Принципиальная схема установки для естественной деаэрации воды
 1 – холодная водопроводная вода; 2 – горячая деаэрированная вода; 3 – греющая сетевая вода; 4 – обратная вода; P – расширитель, H – насос, T – теплообменник, PT – регулятор температуры, PY – регулятор уровня

Естественная деаэрация при температурах воды 60 °С позволяет снизить концентрацию кислорода в воде примерно до 4,5 мг/л, поэтому применение ее эффективно для воды с большим начальным содержанием кислорода (10 – 14 мг/л) и относительно небольшой агрессивностью ($I < -0,5$ и $RCl + R_2SO_4 < 50$ мг/л).

Обработка воды в магномассовых и сталестружчатых фильтрах производится путем пропускания воды через слой соответственно гранулированной магномассы (доломита) и металлических стружек, по схеме, показанной на рис 12.2, а. Устанавливаются фильтры, как правило, в ЦТП, так как для нормальной их работы требуются периодическая промывка, рыхление и перезарядка, которые трудно организовать в МТП.

В магномассовых фильтрах происходит связывание растворенной в воде углекислоты, вследствие чего снижается коррозионная агрессивность воды, а также происходит разложение бикарбонатов и образование защитной пленки из $CaCO_3$. Такие фильтры применяются при небольшой концентрации кислорода в воде и $RCl + R_2SO_4 < 50$ мг/л.

В сталестружчатых фильтрах поглощение растворенного в воде кислорода происходит в результате окисления металла стружек. При этом увеличивается содержание железа в воде, поэтому после сталестружчатых фильтров иногда требуется устанавливать очистительные кварцевые фильтры для улавливания хлопьев ржавчины.