

УДК 628.16

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

Кочева М.А., Косатова Т.А.

*ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»,
Нижний Новгород, e-mail: kosatova.nngasu@mail.ru*

Основной задачей подготовки воды в котельных является борьба с коррозией и накипью. Коррозия поверхности нагрева котлов, подогревателей и трубопроводов тепловых сетей вызывается кислородом и углекислотой, которые проникают в систему вместе с питательной и подпиточной водой. При нагреве и испарении воды из нее выпадают различные растворенные соли, часть из которых осажается на поверхностях нагрева в виде плотного слоя с низкой теплопроводностью, называемого накипью. Требования, предъявляемые к воде, используемой в паровых и водогрейных котельных, различны, ибо в паровых котлах вода испаряется, а в водогрейных только нагревается. Для умягчения и снижения щелочности исходной воды могут быть применены следующие методы обработки: Na-катионирование; Na-NH₄ – катионирование; H-катионирование с последующим удалением углекислоты (декарбонизацией); NaCl-ионирование; известкование с коагуляцией. Выбор метода обработки воды для тепловых сетей определяется требованиями к качеству подпиточной воды и зависит от системы теплоснабжения – открытая или закрытая – и от качества исходной воды. Однако вне зависимости от типа системы необходимо снизить карбонатную жесткость подпиточной воды до 0,7 мг-экв/кг.

Ключевые слова: дистиллят, водоподготовка, обессоливание, нанофильтрация, мембрана, концентрация, температура, очистка, коагуляция, теплоснабжение, ионный обмен

ANALYSIS OF DIFFERENT WATER TREATMENT METHODS

Kocheva M.A., Kosatova T.A.

*VPO Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering (NNGASU),
Nizhny Novgorod, e-mail: kosatova.nngasu@mail.ru*

The main task of a water treatment in any boiler is to preserve it from corrosion and scale. Corrosion of boilers heating surface, heaters and heat pipelines caused by oxygen and carbon dioxide, which penetrates into the system along with the make-up water and nutrient. When heating and evaporation of water therefrom drop various dissolved salts, some of these salts are deposited on the heating surfaces in the form of a dense layer with a low thermal conductivity. Requirements for water used in steam and hot water boilers are different, while water evaporates in steam boilers, meanwhile in hot water boilers water is only heated. In order to make water softer and reduce the alkalinity source the following processing techniques may be used: Na-cation exchange; Na-NH₄ – cation exchange; H cation exchange followed by removal of carbon dioxide (decarbonization); NaCl-ionirovanie; lime coagulation. The choice of water purification method for heat networks is determined by the quality requirements for feed water, depending on the heating system (is it open or closed) and the quality of the source water. However, regardless of the type of system, it is necessary to reduce the carbonate hardness feed water to 0,7 meq / kg.

Keywords: distillate, water treatment, water purification, desalination, nanofiltration, membrane, concentration, temperature, coagulation, heating, ion exchange

В свете нового всплеска внимания к проблеме энергосбережения на правительственном уровне РФ является актуальным выявление факторов, мешающих широкому применению способов современной водоподготовки, а также выполнение сравнительного анализа данных результатов различных методов, полученных на энергетических объектах, также следует учитывать и экологический фактор [4].

Термические методы обработки воды

Старейшим методом получения обессоленной воды (дистиллята) является термический метод – перегонка, дистилляция, выпарка. Основой процесса является перевод воды в паровую фазу с последующей ее конденсацией. Для испарения воды требуется подвести, а при конденсации пара – отвести тепло фазового перехода. При образовании пара в него наряду с молекулами воды переходят и молекулы

растворенных веществ в соответствии их летучестью.

Важнейшим преимуществом данного метода являются минимальные количества используемых реагентов и объем отходов, которые могут быть получены в виде твердых солей.

Тепловая и экономическая эффективность метода определяется режимом испарения и степенью рекуперации тепла фазового перехода при конденсации пара.

По характеру использования дистилляционные установки подразделяются на одноступенчатые, многоступенчатые и термокомпрессионные.

Наибольший интерес представляет использование выпарных установок в сочетании с ионообменными и реагентными схемами. В этих условиях возможно оптимизировать расход реагентов, тепла и решить как экономические, так и экологические проблемы.

Обессоливание воды ионным обменом

Наиболее часто обессоливание воды производят ионным обменом. Это наиболее отработанный и надежный метод. Частичное обессоливание воды происходит при ее умягчении методами H-Na-катионирования, H-катионирования с голодной регенерацией, H-катионирования на слабокислотном катионите. В этих процессах происходит извлечение солей жесткости и частичная их замена на катион водорода, который разрушает бикарбонат-ионы с последующим удалением образовавшегося газа из воды. Степень обессоливания соответствует количеству удаленного CaCO_3 [1].

При глубоком обессоливании из раствора удаляются все макро- и микроэлементы, т.е. соли и примеси. Степень очистки раствора по каждому макроэлементу (катиону и аниону) зависит от их сродства к данному иониту, т.е. от расположения в рядах селективности. Подбирая иониты, степень их регенерации и количество ступеней очистки, можно добиться необходимой глубины очистки воды практически любого исходного состава.

Обессоливание может проводиться в одну, две, три ступени или смешанным слоем ионитов. В каждой ступени раствор последовательно очищается сначала на катионите в H-форме (при этом извлекаются все находящиеся в растворе катионы), а затем на анионите в OH-форме (при этом извлекаются находящиеся в воде анионы).

Более глубокое извлечение анионов может протекать только на сильноосновных анионитах.

Высокую степень очистки можно обеспечить в одном аппарате со смесью катионита в H-форме и анионита в OH-форме, т.н. фильтре смешанного действия. В этом случае отсутствует противоионный эффект, и из воды за один проход через слой смеси ионитов извлекаются все находящиеся в растворе ионы. Очищенный раствор имеет нейтральное pH и низкое содержание, примерно в 5–10 раз ниже, чем на одной ступени ионного обмена. Допускается работа с очень высокими скоростями очистки раствора, зависящими от его исходного содержания [1].

После насыщения ионитов для их регенерации смесь необходимо предварительно разделить на чистые катионит и анионит (они, как правило, имеют некоторое различие по плотности). Разделение может производиться гидродинамическим методом или путем заполнения фильтра концентрированным 18%-ым раствором щелочи.

Из-за сложности операций разделения смеси ионитов и их регенерации такие аппараты используются в основном для очист-

ки малосолёных вод, например, контурных, для глубокой доочистки воды, обессоленной на отдельных слоях ионитов либо обратным осмосом. То есть в тех случаях, когда регенерация проводится редко, либо иониты применяют для получения сверхчистой воды с сопротивлением, близким к 18 МОм/см, в энергетике и микроэлектронике – там, где никакие другие способы не могут обеспечить заданное качество.

Обратный осмос и нанофильтрация

Извлечение растворенных веществ из воды может производиться мембранными методами. Уровень обессоливания определяется селективностью мембран. Методом нанофильтрации можно достигнуть частичного обессоливания, удалив соли жесткости вместе с двухзарядными анионами и частично – однозарядные катионы натрия и калия и анионы хлора. Более глубокое обессоливание обеспечивает низконапорный обратный осмос. Максимальная эффективность по всем компонентам обеспечивается обратноосмотическими мембранами, работающими при высоком давлении. Суммарная степень обессоливания зависит от катионного и анионного состава воды и ориентировочно составляет: для нанофильтрации 50–70%, для низконапорного обратного осмоса 80–95%, для высоконапорного 98–99%.

Для обеспечения нормальной эксплуатации обратноосмотических и нанофильтрационных установок необходимо, чтобы вода, подаваемая на мембраны, соответствовала определенным нормам, а именно:

Подаваемая на мембраны вода должна содержать [3]:

- менее 0,56 мг/л взвешенных веществ;
- менее 2–3 мгO₂/л коллоидных загрязнений;
- свободного хлора менее 0,1 мг/л для композитных полиакриламидных мембран и менее 0,6–1,0 мг/л для ацетатцеллюлозных;
- малорастворимые соли (железа, кальция, магния, стронция) в концентрациях, не вызывающих их отложение на мембранах.

Микробиологические загрязнения должны отсутствовать. Температура подаваемой воды не должна превышать 35–45 °C, pH исходной воды должен находиться в пределах 3,5–7,2 для ацетатцеллюлозных мембран и 2,5–11,0 для полиакриламидных.

Для обеспечения указанных требований необходимо обеспечить предпочтительность воды перед ее подачей на мембранную установку. Она включает в себя узлы: механической фильтрации-обезжелезивания, дехлорирования, умягчения и дозирования ингибитора, обеззараживание ультрафиолетом.

Оценочное сравнение методов обессоливания [2]

Параметр	Ионный обмен	Обратный осмос	Электродиализ	Выпарка
1	2	3	4	5
Надежность	Макс.	Ср.	Мин.	Макс.
Степень обессоливания	Макс.	Ср.	Мин.	Ср.
Удаление органики	Мин.	Макс.	Мин.	Ср.
Удаление микрофлоры	Мин.	Макс.	Ср.	Макс.
Удаление взвесей	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
Удаление растворенных газов	Мин.	Мин.	Мин.	Макс.
Требования к подготовке	Мин.	Макс.	Макс.	Ср.
Энергозатраты	Мин.	Макс.	Макс.	Макс.
Расход реагентов	Макс.	Мин.	Мин.	Мин.
Расход питающей воды	Мин.	Макс.	Макс.	Мин.
Объем отходов	Мин.	Макс.	Ср.	Мин.
Возможность переработки отходов	Макс.	Мин.	Мин.	Макс.
Возможность сброса отходов	Мин.	Макс.	Ср.	Мин.

Важным аспектом при расчете мембранных установок является учет температуры питающей воды. Все показатели мембран даются для температуры 25 °С. В реальных условиях температура, как правило, существенно ниже.

Так, если например мембрана при температуре 25 °С дает 500 л/час, то при 10 °С производительность составляет 330 л/час, а при 5 °С – 250 л/час [3].

Соответственно, при расчете установки необходимо устанавливать такое количество элементов, которое обеспечит заданную производительность при снижении температуры, причем это количество может потребоваться в 2 раза больше, чем при стандартной температуре. Это существенно повышает стоимость установки. В ряде случаев при наличии дешевого тепла выгоднее производить предварительный подогрев питающей воды.

В таблице приведено оценочное сравнение методов обессоливания по трем уровням: минимальный (Мин.), максимальный (Макс.) и средний (Ср.).

В настоящий момент наилучшие экономические, экологические и технологические показатели имеют комбинированные схемы водоподготовки, когда первая стадия

обессоливания воды осуществляется безреагентным методом – обратным осмосом, а глубокая доочистка – ионным обменом. Такая схема позволяет сократить по сравнению с «чистым» ионным обменом расход реагентов и объем солевых стоков примерно в 10 раз при максимальном качестве очистки воды [2].

Именно такая схема обессоливания воды предлагается для внедрения в отделение химводоподготовки НХЗ.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
2. Гудков С.А., Лебедева Е.А. Анализ эффективности работы водоподготовительной установки ТЭЦ завода ОАО «Нижегородсахар» // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8. – С. 299–300.
3. Лебедева Е.А., Кочева Е.А. Эффективность применения дожигательных устройств в промышленных котлах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 8 – С. 103–104.
4. Павлов Д.А., Каземиров О.Е., Кочева М.А. Проблемы водоподготовки на энергообъектах коммунального хозяйства и наименее затратные и наиболее эффективные способы их решения / Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3. – Часть 1.
5. Пантелеев А.А. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хоружий, С.Л. Громов, А.Р. Сидоров. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.