

## Лекция 12

Технологии очистки воды от растворенных газов методами дистилляции.

технологии обработки воды

Десорбция газов из воды

Вода, используемая в технологических процессах на ТЭС содержит различные растворенные в ней газы. Наличие газов объясняется их сорбцией и протеканием химических реакций в процессе образования примесей в природной воде, так и появлением их в процессе очистки, а также вследствие присосов в конденсаторах турбин и насосах.

Растворенные в воде газы можно разделить на химически не взаимодействующие и химически взаимодействующие с водой и ее примесями. Эти газы можно разделить также на коррозионно-активные и инертные. Растворенные в воде газы (кислород и углекислота) вызывают коррозию оборудования ВПУ. Кроме того, в схемах ВПУ вода, содержащая кислород вызывает "старение" анионитов, а наличие в ней углекислоты приводит к нецелесообразному уменьшению емкости высокоосновных анионитов по ионам кремниевой кислоты.

Концентрация газов в воде зависит от многих факторов, основные из них следующие: физическая природа газов, степень насыщения, давление в системе и температура воды. Растворимость каждого газа в воде будет зависеть от парциального давления его в смеси. Основным условием процесса удаления данного газа из воды путем десорбции является снижение его парциального давления над водой. Осуществить его можно как снижением общего давления смеси газов над водой, так и уменьшением парциального давления данного газа без снижения общего давления газовой смеси.

На практике в последнем случае снижение давления данного газа достигается увеличением парциального давления водяных паров над поверхностью воды. Этот способ универсален, так как при его использовании из воды удаляются в той или иной степени все растворенные газы, и часто применяется на практике в виде термической деаэрации, когда десорбция газов производится при одновременном нагреве воды до температуры кипения при данном давлении, что существенно интенсифицирует процесс.

При подготовке добавочной воды в схемах ВПУ удаление газов после Н-катионирования должно осуществляться с очень малым подогревом воды. В этом случае возможно применение деаэрации воды при давлении в деаэраторах ниже атмосферного. При этом снижение общего давления в деаэраторах приводит к понижению парциальных давлений всех газов, растворенных в воде и, следовательно, к их десорбции. Этот процесс осуществляется в вакуумных деаэраторах. Если задача состоит в том, чтобы удалить из воды какой-либо один газ, то можно, не снижая общего давления, понизить парциальное давление данного газа, продувая воду газом, не содержащим десорбируемого газа (десорбционное обескислороживание, декарбонизация воды).

К недостаткам вакуумных деаэраторов следует отнести необходимость иметь устройство для создания вакуума и отвода выпара, большую металлоемкость, дополнительные затраты на создание вакуума. Преимуществами их являются сокращение затрат на подогрев воды и возможность деаэрации при температуре 313-343 К. Эффект деаэрации зависит от конструктивного решения деаэратора и от режима его работы. При барботаже пара через воду происходит достаточно глубокое удаление газов из деаэрированной воды и достаточно хороший нагрев. Однако для барботажа требуется пар повышенного давления. Объясняется это развитой поверхностью соприкосновения пара и воды. В струйных деаэраторах выделение газов из воды и ее нагрев происходят с меньшей эффективностью, но они имеют меньшее гидравлическое сопротивление.

Поэтому часто конструкция деаэратора предусматривает комплексное применение обоих методов, причем барботаж пара организуется как в деаэрирующей колонке, так и в аккумуляторном баке. Основными режимными параметрами при работе деаэраторов являются температура воды в деаэраторе и удельный расход отводимого пара (выпар). Недогрев воды в деаэраторе даже на 1 К до температуры насыщения значительно снижает эффект десорбции газов. Схема вакуумного струйно-барботажного деаэратора представлена на рис. 6.1.

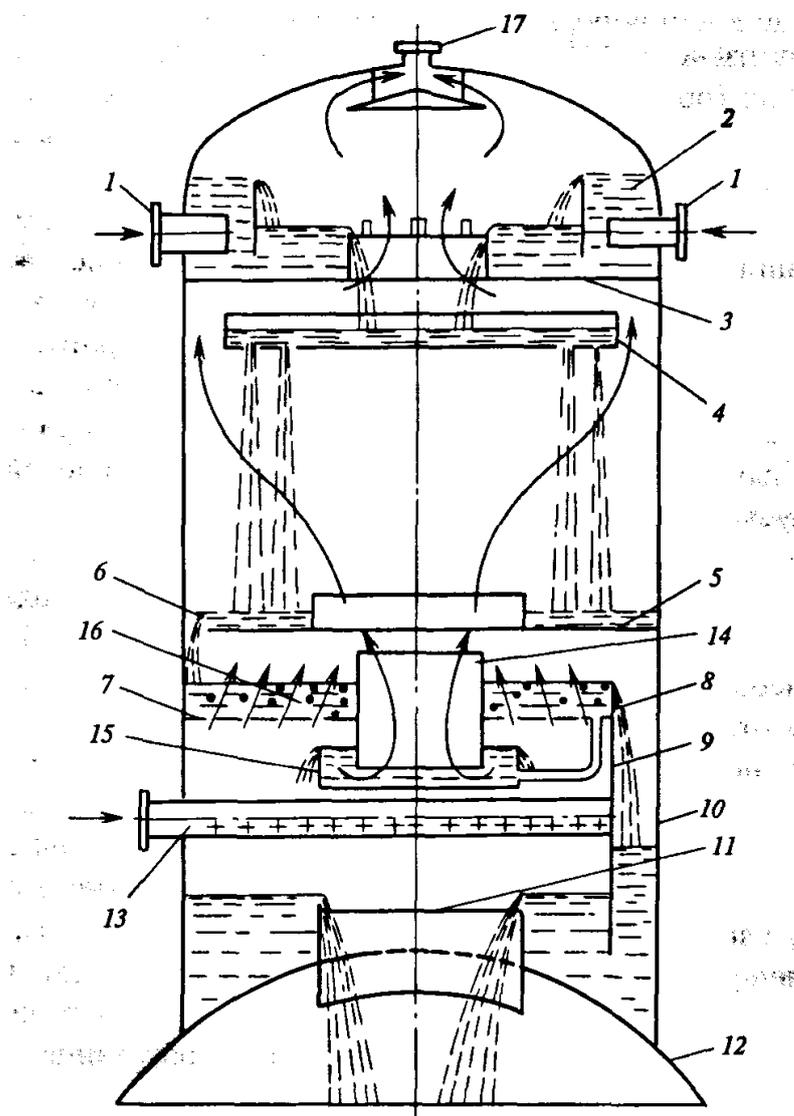


Рис. 6.1. Конструктивная схема деаэрационной колонки струйно-барботажного типа:

- 1 – подвод воды; 2 – смесительное устройство; 3 – переливное устройство; 4 – дырчатая тарелка; 5 – пароперепускная тарелка; 6 – сливной канал; 7 –

барботажная тарелка; 8 – переливной порог; 9, 15 – гидрозатворы; 10 – корпус; 11 – водослив; 12 – бак-аккумулятор; 13 – подвод пара; 14 – пароперепускная труба; 16 – барботажный слой; 17 – отвод выпара.

Вода, направляемая на деаэрацию, попадает на верхнюю перфорированную тарелку и затем струями стекает на нижерасположенную тарелку и т.д. Пар подводится в свободный объем деаэратора под нижнюю тарелку и, двигаясь вверх, поперечно обтекает струи воды. Часть пара подается в нижний объем деаэратора, заполненный водой. Этот пар барботирует через воду и также проходит через объем деаэратора. Выходящий пар (выпар), обогащенный газами, попадает в охладитель выпара и затем отводится из деаэратора. Деаэрированная вода отводится из нижней части деаэратора. Деаэраторы типа ДСВ удаляют кислород и углекислоту из воды значительно более эффективно, чем струйные деаэраторы.

Как известно, можно не только десорбировать из воды одновременно все газы, растворенные в ней, но также и осуществлять избирательную десорбцию какого-либо газа. Это достигается согласно закону Генри снижением парциального газа над водой без снижения общего давления и подогрева воды, что позволяет снизить энергетические потери процесса десорбции.

Практически это осуществляется продувкой воды смесью газов, в составе которой адсорбируемый газ или отсутствует или, что чаще, его концентрация низка. В схемах ХВО, чтобы повысить обменную емкость высокоосновных анионитов, необходимо удалить из воды углекислоту. Осуществляется это в специальных аппаратах – декарбонизаторах – путем продувки воды воздухом. По способу распределения воды и воздуха декарбонизаторы разделяются на пленочные и барботажные. Пленочные декарбонизаторы более экономичны, так как имеют низкое гидравлическое сопротивление, что позволяет применять вентиляторы с напором воздуха  $2 \cdot 10^{-3}$  МПа.

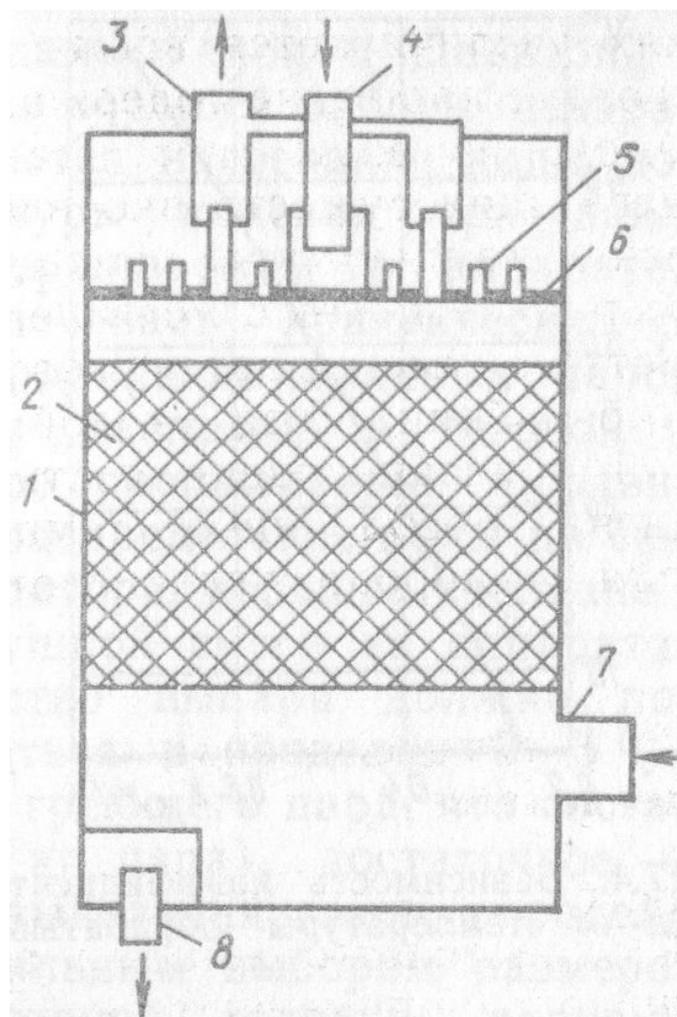


Рис. 6.2. Принципиальная схема декарбонизатора:

1 – цилиндрический стальной бак; 2 – насадка (кольца Рашига); 3 – патрубок для выхода воздуха с углекислотой; 4 – патрубок для подачи воды; 5 – распределительные сопла; 6 – щит; 7 – патрубок для подачи воздуха вентилятором; 8 – патрубок для очищенной воды

Пленочный декарбонизатор (рис. 6.2) представляет собой колонку, заполненную насадкой (кольца Рашига) для увеличения поверхности соприкосновения воды и воздуха. Вода подается в декарбонизатор сверху и растекается тонкой пленкой по насадке. Воздух, нагнетаемый вентилятором, движется в насадке навстречу потоку воды и затем вместе с отделившимися газами выводится через верхний патрубок. В барботажном декарбонизаторе воздух вводится через распределительное устройство, расположенное в нижней части колонки и барботирует через слой воды. Эти декарбонизаторы

применяются редко, так как для них требуется более высокое давление воздуха, а, следовательно, и установка компрессоров. Расход воздуха в пленочном декарбонизаторе принимается равным  $20 \text{ м}^3/\text{м}^3$  воды, а в барботажном  $10 \text{ м}^3/\text{м}^3$  воды. Кроме физико-химических факторов большое влияние на эффективность процесс декарбонизации оказывает величина pH, которая регулирует соотношение форм угольной кислоты в воде. С уменьшением pH в воде увеличивается концентрация  $\text{CO}_2$  за счет разложения  $\text{HCO}_3$  и  $\text{CO}_3$  и возрастает эффективность процесса декарбонизации, при pH более 10 уголекислота переходит в ионную форму и вода начинает поглощать уголекислоту из воздуха.

### Химические методы удаления газов из воды

Как следует из закона Генри, применение физических методов позволяет удалять газ из воды лишь до известного предела, но не всегда имеется возможность и необходимость устанавливать достаточно сложные аппараты для удаления газов из воды. Поэтому на ТЭС повсеместно используются химические методы обработки питательной и подпиточной воды, которые можно подразделить на две группы: методы связывания газов путем пропуска воды через материалы, реагирующие с газами и методы связывания газов путем ввода сильных восстановителей.

Связывание газов различными материалами проводится в процессах фильтрования воды. Так при пропускании воды через слой стальных стружек кислород связывается металлом. Для полного обескислороживания воды при 333-343 К достаточно 5-6 минут ее контакта с металлом. Если использовать в качестве фильтрующей среды крошку мраморную или магномассу, то пропуская через них воду, можно перевести свободнорастворенный  $\text{CO}_2$  в ионную форму. Этот метод иногда применяют в сочетании с десорбционным или сталестружечным обескислороживанием для связывания  $\text{CO}_2$  в целях защиты оборудования от коррозии. При удалении из питательной воды

путем деаэрации остаточные концентрации его в питательной воде в зависимости от типа деаэратора составляют 10-50 мкг/кг. Этот остаточный кислород удаляют введением в воду сильных восстановителей. Для обескислороживания питательной воды барабанных котлов низкого и среднего давления применяют сульфит натрия, при введении которого кислород связывается с образованием хорошо растворимого и неопасного в коррозионном отношении сульфата натрия. При сульфитировании увеличивается солесодержание питательной воды, поэтому его нельзя применять как метод обработки питательной воды прямо-точных котлов. В этом случае применяют гидразин в виде гидразингидрата, который при взаимодействии с кислородом окисляется до безвредных веществ без повышения солесодержания воды. Гидразин вводится в воду с избытком против стехиометрического с учетом того, что часть его расходуется на восстановление высших окислов железа и меди из отложений на трубах. Следует иметь в виду, что соединения гидразина высокотоксичны, а гидразингидрат при концентрации выше 40 % горюч. Поэтому при работе с гидразином на ТЭС должны приниматься специальные меры безопасности.

#### Метод термического обессоливания воды.

##### Термическое обессоливание в испарителях кипящего типа

На многих ТЭС восполнение потерь пара и конденсата производится дистиллятом, получаемым в испарительных установках. Такой метод подготовки воды называется термическим обессоливанием. При термическом обессоливании из воды, содержащей различные растворенные в ней вещества, получают пар, который затем конденсируют. В тепловых режимах, при которых работают испарители, с паром уносится лишь очень небольшое количество капель, содержащих эти вещества. Устройства по очистке пара позволяют и этот унос многократно уменьшить. Поэтому получаемый на испарительных установках дистиллят пригоден для использования в качестве

добавочной воды для любых современных паровых котлов. Вводимые в испаритель с водой растворенные в ней вещества выводятся из аппарата с продувкой. В настоящее время в основном дистиллят производят из воды, предварительно умягченной на ионитных фильтрах. Однако имеются испарительные установки, для питания которых применяется вода, прошедшая упрощенную обработку, а также испарители, работающие на сырой воде.

При работе испарителя к нему непрерывно подводятся пар и вода, подлежащая обработке. Если парообразование происходит на поверхностях греющих элементов испарителя, то для того чтобы исключить возможность образования накипи на них, поступающая в испаритель вода должна быть умягчена. Обычно в испарителях такого типа пресная вода умягчается одним из следующих методов:

- двухступенчатое Na-катионирование с предварительным известкованием и коагуляцией.
- -H-Na-катионирование.
- -Cl-Na-катионирование.

Умягчение морской воды такими методами не ведется, так как это потребовало бы громадного расхода реагентов. Морская вода может быть умягчена термохимическим методом с предварительным известкованием. Подготовка воды для испарителей указанными методами требует сравнительно больших затрат. Кроме того, при восстановлении ионитов и нейтрализации промывочных вод фильтров расходуются реагенты, которые затем попадают в сбросные воды, увеличивая их солесодержание. В последние годы разработаны испарительные установки, которые могут работать на питательной воде, не прошедшей обработку ионированием. При применении таких установок химические реагенты в процессе подготовки добавочной воды на ТЭС не используются или используются в ограниченных количествах. Существуют одно- и многоступенчатые испарительные установки.

В настоящее время в России наибольшее распространение получили испарители с греющими элементами погруженными в жидкость. Такие испарители называются испарителями поверхностного типа для паротурбинных электростанций. Основными элементами испарителя являются вертикальный цилиндрический корпус, греющая секция и устройства по промывке и очистке пара. Греющая секция состоит из обечайки и двух приваренных к ней трубных досок, в которые ввальцованы стальные трубки. В корпусе испарителя секция закрепляется на лапах, приваренных к верхней части ее. Центральная часть греющей секции трубками не заполнена и в нее по трубе подается греющий пар. При работе испарителя нижняя часть корпуса заполнена водой, уровень которой поддерживается регулятором над греющей секцией. Греющий пар конденсируется на наружных поверхностях трубок и отдает теплоту находящейся в них воде. Перегородки разделяют паровой объем греющей секции на несколько частей и обеспечивают движение пара перпендикулярно осям кипяtilьных трубок от оси греющей секции к периферии в первой и третьей частях и от периферии к оси во второй и четвертой.