

## Лекция 11 (продолжение)

Для подготовки обессоленной воды применяется **последовательное осуществление процессов Н-катионирования и ОН-анионирования**. По степени удаления ионов при очистке воды различают частичное, глубокое и полное химическое обессоливание воды.

При частичном обессоливании (рис. 5.8) достигается полное удаление всех катионов и частичное удаление ионов  $\text{HCO}_3$  и хлора. При глубоком химическом обессоливании наряду с двумя ступенями Н-катионирования применяются две ступени анионирования, причем первая ступень – низкоосновный, а вторая – высокоосновный анионит. Эта схема применяется для подготовки воды для барабанных котлов высокого давления.

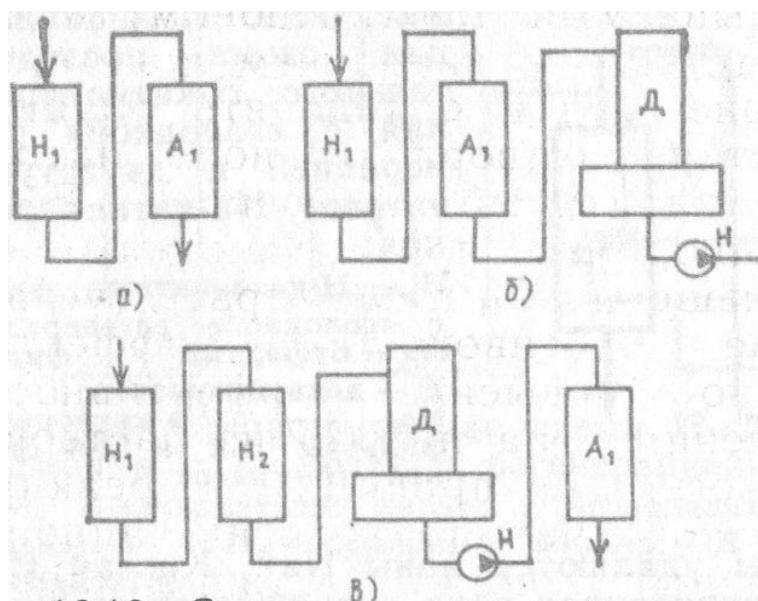


Рис. 5.8 Схемы частичного химического обессоливания:

$\text{H}_1$ ,  $\text{H}_2$  – соответственно Н-катионитные фильтры 1-й и 2-й ступеней;  $\text{A}_1$  – анионитный фильтр; Д – декарбонизатор; Н - насос

Наиболее тщательная подготовка воды достигается по схеме полного химического обессоливания (рис. 5.9), где на последнем этапе применяется ФСД. Качество обессоленной воды, полученной по данной схеме оценивается остаточной концентрацией натрия не более 5 мг/кг и остаточной

концентрацией кремниевой кислоты менее 10 мг/кг. Эта схема применяется для подготовки добавочной воды для прямоточных котлов.

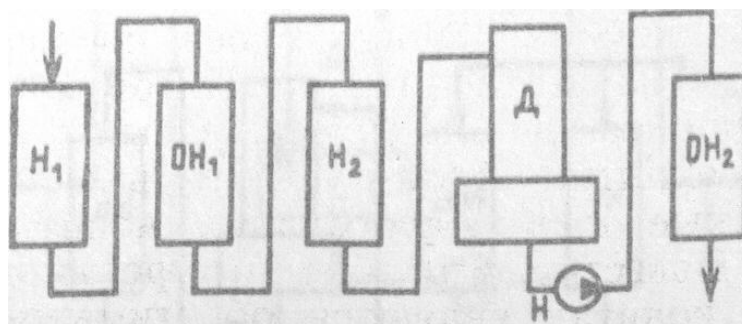


Рис. 5.9. Принципиальная схема глубокого химического обессоливания:  $H_1$ ,  $H_2$  – соответственно Н-катионитные фильтры 1-й и 2-й ступеней; Д – декарбонизатор;  $H$  – насос;  $OH_1$ ,  $OH_2$  – ОН-анионитные фильтры 1-й и 2-й ступеней

Вначале воду направляют на Н-катионитные фильтры первой ступени  $H_1$ , которые удаляют (задерживают) основную массу катионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  и др., заменяя их катионом  $H^+$ , так что вода после фильтров  $H_1$  является кислой. Часть катионов (0,3—0,5 мг-экв/л) все же «проскакивает» через  $H_1$ , и для полного их удаления за  $H_1$  устанавливают Н-катионитный фильтр второй ступени  $H_2$ . Он может быть расположен непосредственно за  $H_1$ , но нередко он размещается за анионитным фильтром первой ступени  $A_1$ . Фильтры  $H_1$  часто загружаются сульфогуглем, а  $H_2$ —КУ-2, но они ( $H_1$ ) могут быть загружены и КУ-2.

Вода после  $H_1$ , содержащая в основном только анионы  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $HSiO_3^-$ ,  $HCO_3^-$ , направляется на  $A_1$  загружаемый слабоосновным анионитом АН-31, который и задерживает почти все анионы сильных кислот и пропускает анионы  $HCO_3^-$  и  $HSiO_3^-$ . Для удаления этих анионов после фильтров  $A_1$  устанавливают анионитный фильтр второй ступени  $A_2$ , заполняемый высокоосновным анионитом АВ-17. После  $A_2$  вода оказывается сравнительно глубоко обессоленной. Однако для повышения степени деионизации в ряде случаев за  $A_2$  располагают фильтры смешанного действия (ФСД),

которые удаляют остатки ионов. После ФСД электропроводность воды может достигать 0,1—0,15 мкСм/см и меньше.

Проскок ионов в фильтрах при прочих равных условиях тем меньше, чем ниже концентрация их перед фильтром. ФСД представляет собой как бы длинную цепочку  $H_1-A_1-H_2-A_2-H_3-A_3$  и т. д., что обеспечивает глубокую деионизацию воды.

Существуют две схемы соединения фильтров в ВПУ – секционная и блочная. При секционном включении фильтры одной группы включаются параллельно, их фильтрат подается через общий коллектор на следующую группу фильтров, также соединенных параллельно. При блочном включении схема разбивается на отдельные цепочки, каждая из которых содержит все необходимые элементы для очистки воды, соединенные последовательно. Фильтрат последних фильтров цепочек объединяется и подается на ФСД и далее в сборный бак. Таких цепочек в схеме ВПУ должно быть несколько с учетом того, что часть их находится в работе, одна постоянно находится на регенерации и одна – в резерве.

Преимущество последней схемы состоит в упрощении контроля за качеством воды и проведением регенерации. При соответствующем расчете схемы можно добиться одновременного окончания рабочего цикла у всех фильтров, составляющих ее. Это дает возможность следить за качеством фильтрата лишь одного из фильтров в цепочке (обычно по иону хлора в фильтрате анионитного фильтра 1 ступени).

Наиболее простой схемой обессоливающей установки является следующая: К(или ИК)-М- $H_1$ - $H_2$ -Д<sub>г</sub>- $A_2$ . Она используется для энергоустановок с барабанными котлами давлением до 4—6 МПа. Более совершенные схемы: ИК(или К)-М- $H_1$ - $A_1$ - $H_2$ -Д<sub>г</sub>- $A_2$  или ИК-М- $H_1$ - $A_1$ -Д<sub>г</sub>- $H_2$ - $A_2$ , пригодные и для барабанных котлов давлением 10 МПа и более. Прямоточные котлы, особенно СКД, требуют полного обессоливания. Поэтому в эти схемы вводятся ФСД в качестве третьей ступени: ИК(или К)-М- $H_1$ - $A_1$ - $H_2$ -Д<sub>г</sub>- $A_2$ -ФСД.

Конструктивно описанные и другие схемы обессоливающих установок могут быть выполнены по двум вариантам. По первому однородные фильтры располагаются группами и объединяются входным и выходным коллекторами, как это указано на рис. 5-10,а — коллекторный вариант («гребенка»). По второму варианту фильтры располагаются блоками (рис. 5-10,б). В каждый блок входит по одному фильтру каждого типа, которые выстраиваются один за другим, образуя «цепочку». Обрабатываемая вода проходит последовательно все фильтры и покидает цепочку, имея заданное качество.

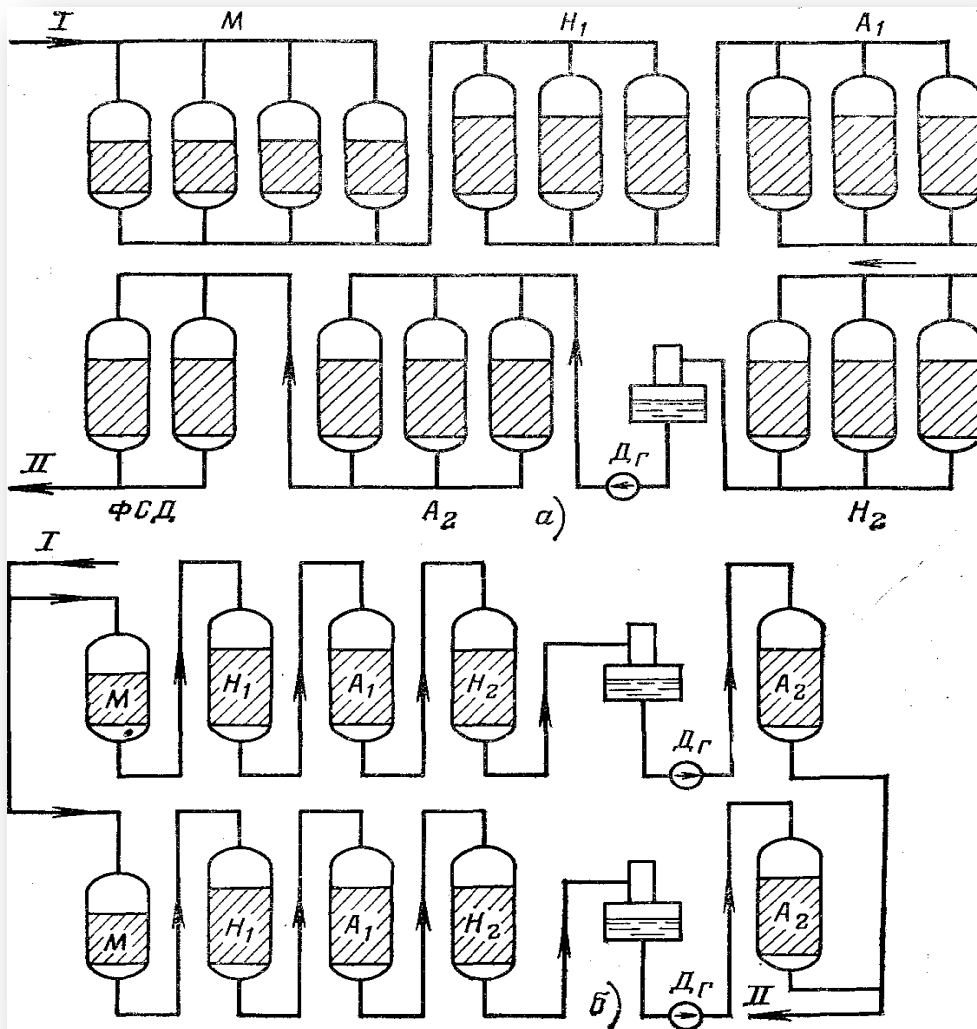


Рис. 5-10. Схемы обессоливающих установок.  
 а — коллекторная («гребенка»); б — блочная («цепочка»), I —  
 подвод обрабатываемой воды; II — отвод.

Оба варианта имеют свои достоинства и недостатки. В настоящее время второму варианту отдается несколько большее предпочтение.

Технологический расчет обессоливающей установки имеет целью определить расход реагентов, воды на собственные нужды, количество обрабатываемой воды (производительность брутто), количество фильтров, количество ионитов и их эксплуатационный расход.

### Эксплуатация ионообменных установок

Эксплуатация любого ионитного фильтра сводится к выполнению следующих операций, составляющих полный рабочий цикл фильтра: взрыхления, регенерации, отмывки и ионирования.

При ионировании слой ионита удерживает частицы примесей, не выделенных из воды при ее предочистке. Вследствие этого возрастает перепад давления на слое, приводящий к истиранию ионита с увеличением мелкой фракции, которая в еще большей степени увеличивает сопротивление слоя. Поэтому перед регенерацией ионита проводят операцию *взрыхления* слоя в восходящем потоке воды. При взрыхлении слой расширяется, мелкие частицы отмываются и с потоком воды выносятся из фильтра. Обычно взрыхление производят отмывочной водой от предыдущей регенерации в течение 20 мин.

*Регенерацию* каждого фильтра проводят соответствующим раствором определенной концентрации. Растворы реагентов приготавливают в специальных баках и подают насосами или дозируют при помощи эжекторов. Для экономии реагентов обычно часть регенерационного раствора (последние порции) отводят в бак и используют для последующей регенерации. В схемах полного химического обессоливания регенерационный раствор щелочи пропускают сначала через высокоосновный, а затем через низкоосновный анионит, что позволяет экономить реагенты. После прекращения подачи регенерационного раствора

производят *отмывку* ионита от продуктов регенерации и остатков непрореагировавшего раствора. После окончания отмывки ионитные фильтры могут сразу включаться в работу или ставиться в резерв. При работе фильтров в схемах обессоливания скорости потоков воды в зависимости от технологического назначения составляют на Н-катионитовых фильтрах 1 ст. – до 25 м/час., 2 ступени – до 50 м/ч, на анионитных фильтрах 1 ст.-до 20 м/ч., 2 ступени – до 25-30 м/ч. Окончание процесса фильтрования воды характеризуется ухудшением качества фильтрата.

Отключение Н-катионитных фильтров 1-й ступени производится когда кислотность фильтрата снижается не более чем на 0,2-0,3 мг-экв/кг по сравнению с кислотностью в течении 2-3 часов работы фильтра. Н-катионитные фильтры 2 ступени отключаются по количеству пропускаемой воды или при кислотности фильтрата на 0,07-0,1 мг-экв/л меньшей, чем нормальная кислотность фильтрата 1 ступени. Анионитные фильтры 1 ступени отключаются при снижении щелочности фильтрата до 0,02 мг-экв/л, 2 ступени – при проскоке кремниевой кислоты до заданного значения.

### Автоматизация схем ВПУ

Основной задачей при работе ВПУ является поддержание расходов воды и химического состава ее примесей в заданных режимах как в отдельных аппаратах, так и в схеме в целом.

При значительном объеме контроля на ВПУ мощных ТЭС ручное управление требует больших затрат труда, снижает производительность труда и приводит к отклонениям режима работы схемы, влияющим на надежность и экономичность работы ТЭС. Автоматизация управления режимом работы ВПУ позволяет повысить производительность труда, оказывает значительное влияние на решение социальных и экологических проблем, повышает технико-экономическую эффективность производства.

Автоматизация схем ВПУ позволяет на предочистке воды осуществлять контроль и регулирование расхода и температуры обрабатываемой воды, обеспечивает дозирование реагентов, шламовый режим в осветлителях, оптимальную их продувку, режим работы механических фильтров, необходимое качество обрабатываемой воды.

На ионообменной части ВПУ автоматизация обеспечивает контроль и регулирование расходов воды в ионитных фильтрах, приготовление и подачу регенерационных растворов, а также режимы регенерации ионитных фильтров и процессов нейтрализации сточных вод.

Технологические операции в схемах ВПУ разделяются на непрерывные (например, расход воды в осветлителе) и периодические (например, регенерация фильтров). При этом могут быть осуществлены три уровня автоматизации: операционное управление, полуавтоматическое управление и комплексная автоматизация. Последняя является высшей ступенью автоматизации.

При комплексной автоматизации существенно повышается производительность труда за счет сокращения численности персонала, увеличивается надежность и эффективность работы ВПУ, стабилизируется качество воды. Комплексная автоматизация работы осветлителя включает в себя автоматическое регулирование всех факторов, влияющих на оптимальный режим его работы: расхода воды, ее температуры, дозирования реагентов и т.п. Основные показатели в системе автоматического регулирования работы осветлителя, расход воды и рН воды. Дозирование при этом производится в режиме поддержания заданного соотношения расходов воды и рабочих растворов реагентов. При этом подача реагентов производится насосами-дозаторами как в непрерывном, так и в импульсном режиме их работы. Импульсный режим работы насосов-дозаторов позволяет более гибко регулировать процессы в осветлителе при изменении качества сырой воды. Принятые схемы комплексной автоматизации работы осветлителей предполагают индивидуальное управление подачей

известкового молока в каждый осветлитель и групповое управление дозированием коагулянта и полиакриламида. Коррекция работы импульсатора дозатора извести производится по рН воды в осветлителе с помощью аппаратуры КАСКАД-2. Наиболее оптимальной с точки зрения автоматизации является схема с блочным включением ионообменных фильтров (рис. 5.11), которая позволяет значительно сократить число датчиков по сравнению с секционной схемой.

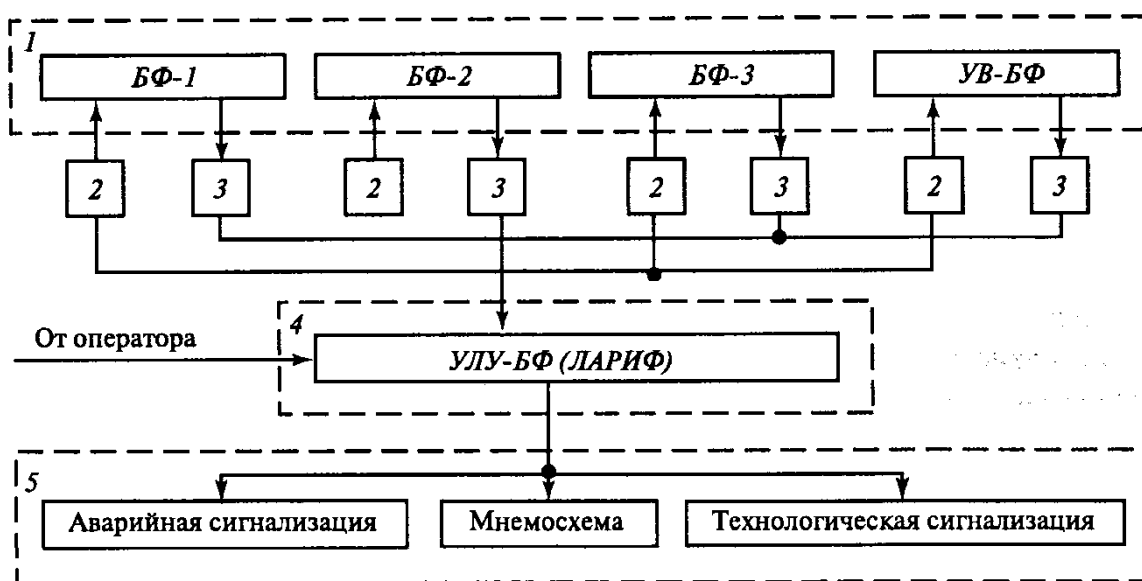


Рис. 5.11. Структурная схема управления ВПУ с блочным включением фильтров (БФ)

1 – объект управления; 2 – исполнительные механизмы; 3 – датчики расхода истощения фильтров, концевые выключатели; 4 – устройство логического управления (УЛУ) [логические автоматы регенерации ионитных фильтров (ЛАРИФ)]; 5 – система сигнализации; УВ – узел восстановления

Комплексная автоматизация блочной схемы ВПУ должна предусматривать автоматизацию всех процессов ионирования воды, рабочий цикл, регенерацию, контроль за качеством воды. Кроме автоматического управления режимом работы блочных фильтров в такой схеме управления режимом работы фильтров предусматривается возможность вмешательства оператора при нарушениях технологического режима работы ВПУ, для чего



схема управления снабжается системой сигнализации, выведенной на специальное табло. В качестве датчиков используются расходомеры, концентратомеры, манометры, сигнализаторы истощения фильтров и уровня в баках. Устройство логического управления включает в себя командно-информационные элементы, задатчики времени и устройства для вмешательства оператора. Система сигнализации состоит из световых табло, технологической и аварийной сигнализации, мнемосхемы ВПУ, звуковой сигнализации.

Опыт показывает, что внедрение комплексной автоматизации на ВПУ позволяет снизить себестоимость обработки