# Лекция 16

# 9. ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

## 9.1. СОКРАЩЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Наличие сбросов сточных вод на промышленных предприятиях (в том числе и на ТЭС) зависит от многих причин и в первую очередь от несовершенства применя­емой технологии при производстве той или иной про­дукции. В общем случае основными источниками сбра­сывания примесей являются потери части основного сырья (например, мазута), промежуточных (например, реагентов) и побочных (например, золы) продуктов, образующихся и применяемых в технологических про­цессах.

Уменьшение количества сбрасываемых в водоемы при­месей может осуществляться за счет уменьшения сброса примесей в технологических процессах и очистки сточ­ных вод. Причем основное внимание должно уделяться снижению сброса примесей в технологических процес­сах.

Уменьшение количества сбрасываемых сточных вод в технологических процессах может осуществляться упорядочением и рационализацией технологических про­цессов и характера использования воды в них и измене­нием технологических процессов при невозможности существенного снижения сбросов примесей в использу­емых процессах.

В настоящее время нет сколько-нибудь приемлемых технико-экономических решений достаточно глубокой очистки сточных вод от истинно-растворенных примесей. Предлагаемые методы очистки носят временный харак­тер и рассчитаны на сбросы современных схем водопод-готовительных установок. Поэтому основными задачами в области уменьшения сточных вод водоподготовительных установок следует считать рационализацию сущест­вующих методов и схемных решений обработки воды с целью уменьшения расхода применяемых реагентов, а значит, и количества сбрасываемых примесей и разра­ботку и внедрение новых безреагентных (или практи­чески безреагентных) методов подготовки воды.

Рационализация методов и схем водоподготовительных установок осуществляется в процессах разработки и эксплуатации. Основное направление—совершенство­вание технологии используемых в настоящее время методов (ионный обмен) водоподготовки и применение рациональных схемных решений для уменьшения расхо­да реагентов и воды на собственные нужды, а также широкое применение повторного использования сточных вод в схемах водоподготовительных установок, которые при необходимости должны подвергаться очистке.

Повышение емкости механических фильтров может значительно снизить количество воды, используемой на их регенерацию. В по­следние годы исследовано несколько высокоэффективных фильтрую­щих материалов. Так, вулканические шлаки месторождении Арме­нии имеют емкость поглощения в 2,0—2,5 раза, а время защитного действия в 1,6—2,5 раза большее, чем у кварцевого песка.

Применение керамзита позволяет или увеличить продолжитель­ность фильтроцикла в 2,5—3,5 раза или повысить скорость фильтро­вания в 1,8—2,3 раза по сравнению с кварцевым песком. Емкость поглощения у керамзита в 2—3 раза выше, чем у кварцевого песка. Жесткость воды при фильтровании через керамзит несколько сни­жается, в фильтрате не наблюдается увеличения содержания ионов алюминия и кремнекислоты даже при температуре воды, равной 40—45°С. Применение керамзита позволяет сократить расход воды на регенерацию механических фильтров в 2,5—3,5 раза по сравне­нию с использованием кварцевого песка.

Наиболее велики сбросы в ионообменной части водоподготовительной установки. Для их снижения при условии сохранения ионного обмена наиболее перспек­тивны:

метод непрерывного ионирования;

ступенчато-противоточное ионирование;

термическая регенерация ионитов.

Метод непрерывного ионного обмена позволяет проводить об­работку воды в более компактных аппаратах при затрате реаген­тов, близких к стехиометрическим. Сброс сточных вод на этих установках может быть уменьшен по сравнению с ионированием на неподвижном слое в 2—3 раза.

На рис. 9.1 приведена принципиальная схема аппарата, рабо­тающего по принципу непрерывного ионирования. Ионит в виде пористого компактного слоя непрерывно движется через колонку сверху вниз. По длине колонки расположены места для входа и выхода жидкости в виде сеток для отверстий. Колонка состоит из первичной зоны обмена и регенерационной зоны, в которых жид­кость движется навстречу слою, и двух зон, в которых жидкость движется в одном направлении с ионитом. Сепарационные зоны служат для разделения потоков воды и реагентов. Исходная вода вводится в нижнюю часть колонки и поступает в зону обмена, где очищается и выводится из колонки. Часть исходной воды исполь­зуется на гидротранспорт ионита в верхнюю часть колонки.

Противоточное и ступенчато-противоточное ионирование нахо­дит в настоящее время широкое применение в схемах водоподготовительных установках. **Переход к сту**пенчато-противоточному анионированию (рис. 9-2) позволил сократить затраты NaOH на регенерацию на 30—40%, а использование ступенчато-противоточного Н-катионирования дает возможность приблизиться к стехиометрическому расходу кислоты на регенерацию фильтров.

В настоящее время разработаны методы термической регенерации ионитов, когда ионный обмен проис­ходит при фильтровании относитель­но холодной воды (около 20°С), а регенерация производится горячей водой (80°С). Иониты подбираются таким образом, чтобы сдвиг равно­весия реакции ионного обмена в хо­лодной и горячей воде был как мож­но большим. Это позволяет при пропуске горячей воды освобождать часть ионов, сорбированных ранее ионитами.

Метод термической регенерации пока пригоден не для всех ионитов и не для любой их насыщенной формы. Наибольшая эф­фективность термической регенерации наблюдается на анионитах в боратной форме, когда горячей водой удается десорбировать око­ло 42% ранее удержанных.

Однако применение ионитов для снижения основ­ной массы истинно-растворенных солей в обрабатывае­мой воде неизбежно сопровождается увеличением количества сбрасываемых солей. Поэтому в перспекти­ве предпочтение будет отдано новым прогрессивным ме­тодам очистки воды, применение которых не требует (или почти не требует) затраты реагентов. К ним отно­сятся в первую очередь мембранные методы (обратный осмос и электродиализ) и дистилляция при доочистке воды, а также электрокоагуляция при ее предочистке. К таким методам относятся способы обработки воды в магнитном и акустическом полях.

В настоящее время основным методом удаления кол­лоидных примесей из воды является реагентная коагуляция. Обладая несомненными достоинства­ми (выделение примесей в твердой фазе, простота осуществления процесса и т. д.), реагентная коагуляция имеет и ряд существенных недостатков. Одним из них является дефицит коагулянтов в связи с возрастанием объема обрабатываемой воды (в том числе и сточных вод). Другим более существенным недостатком реагент-ной коагуляции является то, что ввод в воду коагулян­тов [FeS04, А1г(504)з] сопровождается увеличением концентрации сульфатов согласно уравнению

При коагуляции сернокислым алюминием увеличе­ние концентрации сульфатов благотворно действует на процесс хлопьеобразования. Кроме того, сульфаты час­тично входят в труднорастворимые соединения средних солей алюминия, образующих твердую фазу (хлопья). При коагуляции FeS04 все сульфаты, введенные с коа­гулянтом, остаются в воде, увеличивая нагрузку на анионитные фильтры первой ступени. Поэтому наиболее рационально вводить в обрабатываемую воду ионы этих металлов без анионов, затрудняющих в дальней­шем процессы обессоливания. Это достигается в процес­се анодного растворения железа или алюминия при электролизе воды.

Обрабатываемая вода пропускается через электро­лизер (электрокоагулятор) с анодами из железа или алюминия, и под действием постоянного тока металл анодов переходит в раствор в виде ионов Fe^ или

Al^. Необходимые для гидролиза ионов металла ионы ОН- генерируются на катоде согласно реакции

2НзО+02+4е^40Н-

с последующим образованием труднорастворимых со­единений А1(ОН)з и Fe(OH)a и дальнейшим переходом Fe(OH)2 в Ре(ОН)з.

Очистка воды при электрокоагуляции осу­ществляется за счет ряда процессов: электролитическо­го растворения железа, окислительно-восстановитель­ных реакций на электродах и др. В частности, за счет окисления ионов хлора на аноде выделяется свободный хлор, участвующий затем в процессе окисления органи­ческих примесей. Выделяющиеся на электродах газы способствуют более глубокому удалению свободного СОз и уменьшению концентрации ионов НСО-3.

Расход электроэнергии в соответствии с законом Фарадея на растворение 1 г-экв металла составляет 26,8 А-ч. Однако вследствие явлений поляризации на аноде и катоде фактический расход электроэнергии много выше. Так, при напряжении между пластинами, равном 3 В, на растворение 1 г железа расходуется около 3 Вт-ч, air алюминия 12 Вт-ч.

Процесс электрокоагуляции осуществляется в спе­циальных аппаратах - электрокоагуляторах. Имеется несколько типов электрокоагуляторов, из которых наиболее известны электрокоагуляторы с пластинчаты­ми электродами и электрокоагуляторы с засыпными электродами (используется металлическая стружка).

Электрокоагулятор с пластинчатыми электродами представляет собой резервуар, в котором размещаются вертикально установленные пластины из металла (рис. 9.3). Пластины собираются так, чтобы не было электрических контактов между ними. Вода обычно пос­тупает в нижнюю часть аппарата и отводится из верхней.

Подвод напряжения к пластинам может осуществ­ляться как при параллельном подсоединении одно­именных электродов к полюсам источника питания (монополярная схема), так и подключением полюсов источника питания лишь к крайним электродам (после­довательное подсоединение, биполярная схема).

При биполярной схеме общее падение напряжения,складывается из сумм падения напряжения на отдель­ных ячейках. Эта схема более экономична, так как при ее применении требуется меньшее количество контак­тов и уменьшаются сечения подводящих кабелей.

Недостатком пластинчатых электрокоагуляторов-является применение листового металла, поэтому были разработаны конструкции электрокоагуляторов с засып­ными электродами (из металлической стружки). Такой электрокоагулятор может быть выполнен с засыпным анодом либо может состоять из ряда ячеек, отделенных друг от друга пористыми диафрагмами (рис. 9.4).

При эксплуатации электрокоагуляторов встречаются значительные сложности, вызванные необходимостью

-уплотнения засыпки, а также повышением гидравличе­ского сопротивления электрокоагулятора, из-за забива­ния диафрагм продуктами коагуляции.

В практических условиях на процесс электрокоагу­ляции влияют конструктивные, гидродинамические и электрохимические факторы: материал электродов, рас­стояние между ними, скорость воды, плотность тока на единицу поверхности электрода, состав воды и т. д.

Расход электроэнергии возрастает с увеличением расстояния между электродами, но, с другой стороны, при малом расстоянии наблюдается забивание меж­электродного пространства, поэтому размер промежутка рекомендуется выбирать равным 10—20 мм. Скорость потока воды в межэлектродном пространстве выбира­ется 0,5 м/с (если необходимо, то с рециркуляцией по­тока). Увеличение плотности тока способствует боль­шему выходу ионов металла в раствор.

Однако это увеличение имеет определенный предел, так как при высоких значениях плотности тока насту­пает поляризация анода (появление окисной защитной пленки), что резко увеличивает затраты электроэнергии. Поэтому не рекомендуется плотность тока поднимать выше 10 А/м2. Обычно напряжение на ячейках при межэлектродном промежутке, равном 10—20 мм, ре­комендуется поддерживать для железа 3 В, а для алюминия 4 В.

Большим неудобством при использовании электроко­агуляторов является образование на катоде отложений СаСОз и Mg(OH)z из-за повышенной щелочности в прикатодной зоне (генерация ионов ОН-), что приводит к

снижению эффективности процесса электрокоагуля­ции. Для борьбы с этим явлением применяют очистку пластин механическими или иными способами (напри­мер, барботажем воздуха), а также производят переполюсовку напряжения, подводимого к электродам через каждые 15—60 мин.

В настоящее время электрокоагуляция применяется в основном для очистки сточных вод, однако этот про­цесс начинает внедряться также и для обработки / добавочной воды.

Электрокоагуляци о н-ная установка с анодным растворением алюминия работает на Дарницкой ТЭЦ. Установлено, что в процессе электрокоагу­ляции значительно сни­жается содержание крем­ния, железа, кислорода, а также окисляемость воды.

В опытах МЭИ показано, что при использовании железных анодов можно снизить содержание органи­ческих соединений в воде (на 70%), кремнекнслоты (на 50%), хлоридов (на 30%). Кроме того, несколько сни­жаются жесткость и щелочность воды.

Разделение истинных растворов через специальные полупроницаемые мембраны называется процессом обратного осмоса. При этом вода, содержащая растворенные соли, подается на мембрану под давлени­ем, превышающим осмотическое давление раствора. Мембрана пропускает только воду и небольшую часть солей в виде ионов, поэтому фильтрат, полученный в результате этого процесса, содержит небольшое коли­чество примесей. В то же время вода над мембраной обогащается солями и в виде концентрата выводится из установки (рис. 9.5).

Эффективность процесса обратноосмотической очистки воды зависит от свойств применяемых мембран, очищаемой воды, а также от полезного давления, пред­ставляющего разность между рабочим и осмотическим давлениями. Рабочее давление для обратноосмотических процессов обычно 5,0—8,0 МПа.

Мембраны, применяемые для обратного осмоса, характеризуются удельной производительностью *q,* м^м^с), которая связана со скоростью фильтрования соотношением

***q=——.W,***

и селективностью

где c;icx и Сф — концентрации примесей в воде и фильт­рате соответственно, кг/м3.

Согласно гиперфильтрационной (ситовой) гипотезе перехода воды через мембрану

**"=^п+"кп=^-Д^)+-si^.**

где ^мп и Оцп—скорость фильтрования через мелкие и крупные поры соответственно, м/с; *ko —* коэффициент во­допроницаемости мембраны, м/(с-Па); *р—*рабочее дав­ление, Па; Лл — разность осмотических давлений кон­центрата и фильтрата соответственно, Па; ^к.п—доля пористости мембраны за счет крупных пор; Гк.п — радиус крупных пор; т]—динамическая вязкость воды, Па-с;

6 — толщина активного слоя мембраны, м.

Переход воды через мембрану и задерживание ионов объясняются согласно этой гипотезе тем, что большин­ство пор мембраны имеет диаметр, близкий к диаметру молекулы воды ^н,о=0,276 нм. В то же время диаметры гидратированных ионов значительно выше (>0,4 нм). Поэтому проникновение некоторой части ионов через мембрану объясняется наличием в ней крупных пор. С этой точки зрения величину селективности можно за­писать как

**ф=\_\_\_"мп\_\_**

**' "МП +** "КП '

Исходя из размера диаметров гидратированных ионов можно составить следующий ряд из катионов и анионов в порядке увеличения их проницаемости:

АГ4- < Mg^ < Са^ < SO2^ < Na+ < С1- < NOg" < H4-.

Поэтому в обратноосмотическом процессе в фильтрат проникают в первую очередь одновалентные ионы, и со­став примесей в фильтрате, а также их соотношение мо­гут не соответствовать этим показателям в растворе. Мембраны должны обладать высокой селективно­стью; высокой удельной проницаемостью; устойчивостью к действию среды; постоянством характеристик в про­цессе эксплуатации; достаточной механической прочно­стью; низкой стоимостью.

Мембраны для обратного осмоса отличаются как по исходным материалам, так и по структуре и форме. Наи­большее применение в на­стоящее время имеют ацетилцеллюлозные мембраны. Применяются и разрабаты­ваются и другие типы мем­бран из поливинила, полиакронитрила, ацетобутирата целлюлозы, пористого стекла и др.

По структуре строения различают изотропные и ани­зотропные мембраны. Анизо­тропная мембрана (рис. 9.6)

состоит из двух слоев, причем верхний — активный слои толщиной до 0,25 мкм представляет собственно разде­ляющую часть, а нижний — крупнозернистый слой (100—200 мкм) является подложкой и обеспечивает ме­ханическую прочность мембраны.

По форме мембраны делятся на листовые, трубчатые и выполненные в виде полного волокна.

Ультрафильтрационные мембраны предназначены для разделения органических и коллоидных растворов и поэтому имеют более крупные поры, нежели обратноосмотические (>1,5 нм). Наличие крупных пор в таких мембранах позволяет применять значительно меньшие давления (0,1—0,6 МПа), чем при применении мембран для обратного осмоса (5,0—8,0 МПа).

Ацетилцеллюлозные мембраны удовлетворительно работают в широком диапазоне давления (0,6—8,0 МПа), но в узком интервале температур (0—30°С) и значений рН=3-8.

В табл. 9.1 приведены характеристики обратноосмотических (МГА) и ультрафильтрационных (УАМ) ацетилцеллюлозных мембран, выпускаемых в СССР.

Мембраны в виде полых волокон (ацетилцеллюлозные) выпускаются с внутренним диаметром от 20 до 150 мкм и толщиной стенки 10—50 мкм. Мембраны име-**блица 9.1 Характеристика мембран из ацетата целлюлозы**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Селектив­ |  | Водопроницаемость, •10-« M^fM'.c) | |
| Марка | Порис­ | ность по | Средний диа­ |  | |
| мембраны | тость, % | NaCI (5 г/кг), | метр пор, нм | Мембран | Мембран |
|  |  | % |  | МГА при | У AM при |
|  |  |  |  | р=5,0 МПа | /?==0,15 МПа |
| МГА-80 | 75+3 | 80 |  | 4 |  |
| А1ГА-90 | 75+3 | 90 | — | 2,3 |  |
| МГА-95 i 75+3 | | 95 i — | | 1,6 — | |
| МГА-100 | 75±3 | 97,5 | — | 1,0 |  |
| УАМ-50М | 75+3 | — | 5,0 |  | 32—64 |
| УАМ-100М | 75+3 | — | 7,5+2,5 | — | 64—266 |
| УАМ-2ГОМ | 75+3 | — | 17,5+2,5 | — | 580—1580 |
| УАМ-ЗООМ | 80+5 | — | 25,0+5,0 | — | 1070—3220 |
| УАМ-500М | 80+5 | — | 30,0 | — | 2000 |

ют селективность до 90% no NaCI (3 г/кг) и водопрони­цаемость до 0,12-Ю-6 *мз/(м2•c)* при давлении 1,5— 2,0 МПа.

Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации подразделяются на фильтр-прессовые, рулонные, труб­чатые и аппараты с полыми волокнами. Наибольшее применение в настоящее время имеют (для установок с большой производительностью) рулонные аппараты и аппараты с полыми волокнами.

На рис. 9.7 приведена конструкция рулонного аппа­рата. В этом аппарате мембраны размещаются таким образом, что у каждой из них с одной стороны распола­гается поропласт, через который под давлением подает­ся раствор, а с другой — дренажное устройство для от-вода фильтрата. Каждая пара мембран с расположен­ным внутри дренажным устройством заклеивается по краям, чтобы не допустить проникновения раствора в фильтрат, который отводится из аппарата через водо­отводную трубку.

На рис. 9.8 приведена конструкция аппарата с полы­ми волокнами ВНИИ ВОДГЕО, представляющего собой цилиндр с уложенными внутри полыми волокнами, от­крытые концы которых заделаны с одной стороны в труб­ную доску, а с другой закрыты. Раствор подается на наружную поверхность волокон, фильтруется и отводит­ся через камеру фильтрата, а концентрат отводится че­рез отводную трубу, расположенную в центре аппарата.

Количество воды, получаемой с единицы объема ап­парата, зависит как от плотности укладки мембран в этой единице объема, так и от формы и структуры строения мембран.

Как видно из табл. 9.2, аппараты рулонного типа и с полыми волокнами имеют наибольшую удельную про­изводительность, причем для аппаратов с полыми волок­нами приведенные удельные производительности получе­ны при меньшем значении рабочего давления.

Одним из недостатков работы обратноосмотических аппаратов является концентрационная поляризация, которая заключается в увеличении концентрации растворенных солей у поверхности мем­браны, приводящей к повышению осмотического давления. При этом концентрации некоторых солей могут превысить их произведения растворимости с выпадением этих солей в осадок на поверхности мембраны. Наиболее часто на мембранах образуются СаСОз и CaS04. Для предупреждения этого явления необходимо отводить концентрат из аппарата с концентрацией солей в нем ниже произ-

Таблица 9.2

**Характеристики аппаратов для обратного осмоса**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Водопроницае­ | Удельная произ­ |
|  | Плотность | моеть мембран. | Водительность |
| Тип аппарата | укладки мембран, м'/м3 | м^м^сут), при *р=7,в* МПа и концентрации | аппаратов, «'/(M'-c), при *р* = = 7,8 МПа и кон­ |
|  |  | NaCI | центрации NaCI |
|  |  | 0,17 моль/кг | 0,17 моль/кг |
| Фильтр-прессовый | 100—400 | 0,39 | 39—156 |
| Рулонный | 300—600 | 0,39 | 117—234 |
| Трубчатый | 100—250 | 0,4 | 40—100 |
| С полыми волокнами | 3000—30 000 | 0,038\* | 114—1140\* |

• При давлении 2,74 МПа.

ведений растворимости, а скорость потока раствора вдоль мембра­ны должна обеспечивать турбулентный режим течения.

Так как единичные аппараты имеют ограниченную производительность (по конструкционным соображени­ям), их объединяют в группу из нескольких аппаратов. Для опреснения воды обычно используются одноступен­чатые установки с последовательно-параллельным рас­положением аппаратов, с тем чтобы раствор проходил через каждый аппарат лишь 1 раз (рис. 9.9).

На рис. 9.10 указаны более сложные схемы включе­ния аппаратов, причем схемы рис. 9.10,а и *б* используются для опреснения воды, схемы рис. 9.10, а и *г—*для очистки сточных вод (с целью концентрнрования раство­ров).

Опыт применения обратноосмотических установок на ТЭС показал, что установки позволяют существенно со­кратить расход реагентов, а следовательно, и примесей в сточных водах. Так, на одной из ТЭС применение та­кой установки привело к уменьшению расхода реагентов па 90,7 т/год, а на другой ТЭС позволило увеличить вы­работку воды за фильтроцикл при последующей доочистке воды на ионообменных фильтрах от 227 до 3780— 4540 м3 при повышении качества обессоленной воды с 75 до 6 мкСм/см2.

Применение установок обратного осмоса, как предвключенных перед ионитнымн фильтрами, позволяет снизить сброс солевых растворов на 50% при снижении себестоимости обессоленной воды на 25%.

Электродиализ в настоящее время получил до­вольно широкое распространение для обессоливания воды. В процессе электродиализа вода проходит между рядами параллельных катионо- и анионообменных мем­бран, собранных в пакет. В торцах аппарата размеща­ются электроды, выполняющие роль анода и катода, к которым подводится электрическое напряжение. При наложении электрического поля на эту систему в воде происходит миграция (движение) ионов, причем катио­ны мигрируют через катионообменные мембраны в сто­рону катода, а анионы через анионообменные мембраны в сторону анода.

Так как основные потери электрической энергии в электродиализном процессе обусловлены электродны­ми реакциями и могут, например, в трехкамерном элек­тродиализаторе (с двумя мембранами) достигать 60% и выше, то для снижения доли этих потерь применяются многокамерные (несколько сотен камер) электродиали­заторы.

На рис. 9.11 приведена схема многокамерного элек­тродиализатора. Очищаемая вода подводится к четным (обессоливающим) камерам. В результате миграции в электрическом поле катионы, двигаясь к катоду, сво­бодно проникают через катионообмснные мембраны, в то же время для анионов эти мембраны являются практи­чески непроницаемыми. Аналогично происходит и про­цесс переноса анионов через анионообменные мембраны при их движении к аноду. В результате миграции ионов вода в четных (обессоливающих) камерах обессоливает­ся, а концентрация солей в нечетных (рассольных) ка­мерах возрастает. Очищенная вода (диэлюат) и рассол отводятся из установки раздельно.

Это соотношение связывает конструктивные и элек­трические характеристики электродиализного аппарата с качеством исходной и очищенной воды.

Качество процесса электродиализа во многом опре­деляется характеристиками мембран. При электродиали­зе в настоящее время применяются как гомогенные, так и гетерогенные мембраны, получаемые полимеризацией смеси реагентов, причем один из них должен содержать ионообменную группу, или введением ионообменных групп в уже готовые мембраны.

Характеристики некоторых мембран, выпускаемых как в СССР, так и за рубежом, приведены в табл. 9.3.

Таблица 9.3

**Технолэгические характеристики ионитных мембран**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| —————— |  |  |  |  | &§ | s° |  |
| Марка мембраны | Страна-изгото­витель | ^Тип мембраны! | Тол­щина, мм | *п*  R t1-  Г.  |й  1§ | III  § 0s  sis  *sn* | 1  §  1 | .»° p g  Is-  P ECU a rt  "g52  U в В. |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Катионитные мембраны | | | | | | | |
| MK-40 Пермаплекс С-10 Амберплекс С-1 МК-100 РМК-100 СР-61 | СССР Англия США СССР СССР СЩА | Гетерогенная То же То же Гомогенная То же То же | 0,7 0,5 J,5—0,7fi 0,3 0,3 0,75 | 2,3 2,0 3,3 2,8 1,9 2,8 | 30 1 30,2 34,2 2,5-5 6,3 | 80—93 90—95  75-97 90—95 | 0,93 0,77 0,79 0,96 0,96 0.98 |
| А-нионитные мсмор^&ны | | | | | | | |
| МА-40 Пермаплекс А-10 МА-41 MA-100 АР-3 | СССР Англия *\* СССР СССР США | Гетерогенная То же Гомогенная То же | 0,7 0,5 O.fi 0,3 0.75 | 3,0 1,3 2,5 2,3 2,0 5,0 | 35 9,4 9—12  5—3  1,0 | 80—90 80—90 88-92 75-97 90-95 90—95 | 1 0 93 0 77 0 93 0 97 0 93 |
| Асимплекс СА-1 | : Япония | • я | 0,1 |  |  |  | |

Наиболее качественны мембраны, обладающие ма­лой толщиной, малой величиной электрического сопро­тивления и большими значениями обменной емкости, селективности (доли ионов, проникающих через запрет­ную для них мембрану), выхода по току, а также высо­кой механической прочностью, для чего некоторые типы мембран формуются на специальной упрочняющей сетке.

частью аппарата является электродиализный пакет, ко­торый может содержать до тысячи мембранных пар. Как видно из рис. 9.12, чередующиеся катионо- и анио-нообменные мембраны для создания камер разделены специальными рамками толщиной 0,5—1,0 мм. Часто для турбулизации потока воды эти рамки выполняются специальной формы. Каждая рамка имеет устройства для распределения потоков воды. В торцах аппарата размещаются электроды. Весь мембранный пакет стяги­вают болтами для герметизации.

Электродиализная установка состоит из отдельных аппаратов, собранных в последовательную или парал­лельную схемы в зависимости от конкретных условий. Основными факторами, затрудняющими процесс об­работки воды методом электродиализа, являются кон­центрационная поляризация; увеличение сопротивления раствора в обессоливающих камерах при снижении кон­центрации солей; образование осадков на катоде и мем­бранах за счет выделения твердой фазы из раствора; от­равление мембран различными веществами, присутст­вующими в воде.

В СССР разработаны установки ЭДУ-1000 произво­дительностью 1000 *мз|cy^,* а также установки АЭ-25 про­изводительностью 25 *^лз|ч* специально для нужд тепло­энергетики и планируется создание установок производи­тельностью 50 и 100 м^ч.

Путем электродиализа невозможно получить доста­точно глубоко обессоленную воду. Поэтому диэлюат, полученный с электродиализной установки, необходимо доочищать на ионообменных фильтрах На рис. 9.13 при­ведена комбинированная схема подготовки добавочной воды на водоподготовительных установках. Такие схемы позволяют удалять основное количество солей из воды на электродиализной установке (взамен ступеней Hi—OHi), регулировать количественный состав солей, поддерживая его постоянным на входе в ионообменную часть, и значительно сократить количество затрачивае­мых на обработку воды реагентов, а следовательно, и сброс их со сточными водами (рис. 9.14).