

## Лекция 18

### Электродиализ

Электродиализ воды является своеобразным вариантом классического метода ионного обмена с той разницей, что ионитный слой заменен в нем специальными ионообменными мембранами, а движущей силой процесса является внешнее электрическое поле. При наложении постоянного электрического поля на раствор в последнем возникает движение ионов растворенных солей, а также ионов  $H$  и  $OH$ , причем катионы движутся к катоду, а анионы – к аноду (рис. 7.3).

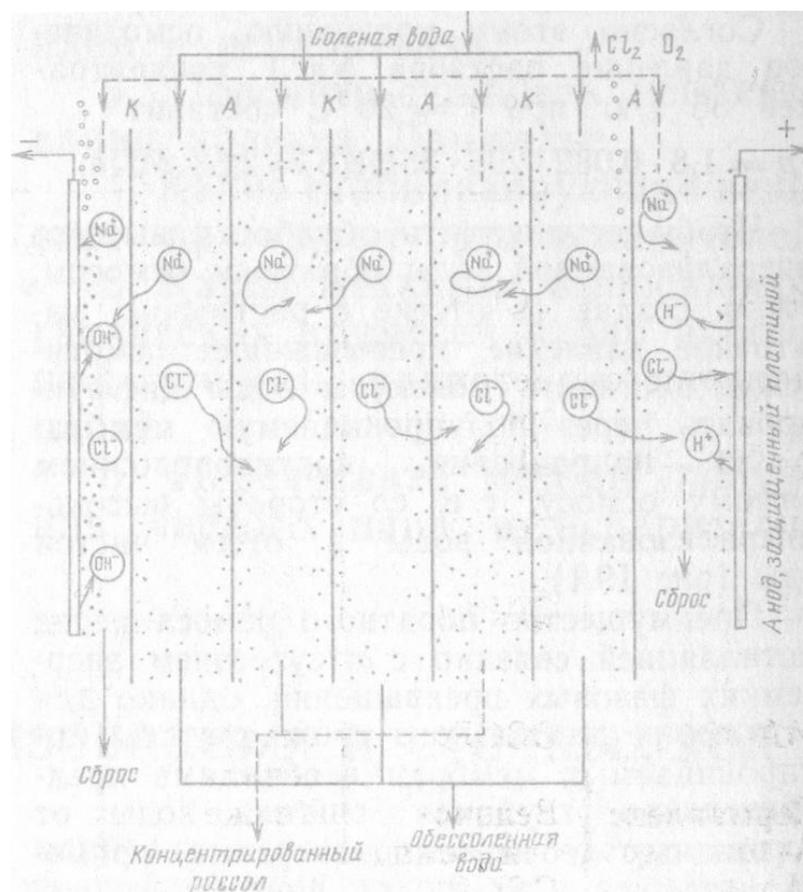


Рис. 7.3. Принципиальная схема многокамерного электродиализатора

Если в электродную ячейку поместить ионообменные мембраны: катионообменную, пропускающую лишь катионы, около катода, а анионообменную, пропускающую только анионы около анода, то объем

ячейки будет разделен на три камеры. В этом случае в катодную камеру из средней могут проходить только катионы, мигрирующие к катоду, а в анодную – анионы, мигрирующие к аноду. Концентрация ионов в средней камере будет уменьшаться и, наоборот, в приэлектродных камерах увеличивается. Ток, проходящий через раствор, устанавливается в зависимости от природы растворенных веществ, их концентрации, характеристик мембран и подведенного напряжения. Относительно высокое содержание дилуата, получаемое с электродиализаторов, не дает возможности использовать этот метод на ТЭС без дополнительной очистки. Электродиализные аппараты включаются в схему после предочистки и перед ионообменными фильтрами.

К качеству воды перед электродиализаторами предъявляются определенные требования, в частности, необходимо глубокое удаление из воды железа, марганца, а также органических соединений. Включение электродиализной установки в схему ВПУ позволяет примерно в 2 раза сократить расход реагентов на ионообменную часть, а, следовательно, резко уменьшить количество сбросов с ВПУ.

## Стабилизационная обработка воды. предотвращение биологических обрастаний

### Обработка охлаждающей воды на ТЭС

#### Системы охлаждения и стабильность охлаждающей воды

Основная часть воды, потребляемой ТЭС, используется для охлаждения. В зависимости от мощности турбин и применяемых параметров пара удельный расход воды на ТЭС составляет 0,12-0,45 м<sup>3</sup>/(кВт·час). В дальнейшем по мере повышения установленной мощности и параметров пара этот расход уменьшится до 0,1-0,105 м<sup>3</sup>/(кВт·ч). Подавляющая часть этой

воды идет на конденсацию пара, охлаждение масла и воздуха и восполнение потерь в оборотных циклах.

Основные требования к качеству охлаждающей воды сводятся к тому, чтобы она имела температуру, обеспечивающую нормальный вакуум в конденсаторах турбин и не вызывала образования в системе охлаждения отложений минерального и биологического характера, а также коррозии оборудования. Естественно, что при столь больших расходах охлаждающей воды ставится вопрос об ее тщательной очистке с удалением всех примесей, склонных к образованию отложений. Для охлаждения конденсаторов используются как прямоточные, так и оборотные системы водоснабжения. При прямоточных системах охлаждения вода проходит через конденсатор турбины однократно, причем забор воды из реки производится обязательно из створа, расположенного выше по течению, чем сброс воды. На тепловых станциях с охлаждающей водой сбрасывается огромное количество теплоты в водоемы. Для того, чтобы влияние сбрасываемой теплоты не нарушало экологической обстановки в водоеме, тепловые сбросы по санитарным нормам не должны вызывать повышения собственной температуры водоема более, чем на 5 °С. До последнего времени применение прямоточных систем не вызывало особых затруднений, но рост мощностей ТЭС и ограниченность дебита воды привели к тому, что возможности их применения в настоящее время исчерпаны. Поэтому доля оборотных систем в дальнейшем будет возрастать. При оборотной системе охлаждения воды проходит через конденсатор многократно. Охлаждение нагретой воды, покидающей конденсатор, осуществляется за счет ее частичного испарения. Для охлаждения могут быть использованы естественные и искусственные водохранилища, пруды-охладители, брызгальные бассейны и градирни. Экономически более выгодны естественные водохранилища, однако они обладают тем недостатком, что во многих случаях в них не удается создать нормальный тепловой режим. Системы с градирнями наименее экономичны, так как имеют температуру охлаждающей воды на входе в конденсатор в 1,5

раза выше, чем в оборотных системах с водохранилищами. Для предотвращения образования минеральных отложений в конденсаторах в оборотных системах охлаждения применяют продувку системы, обработку воды реагентами, обработку воды в магнитном и акустическом полях. Для предотвращения образования биологических отложений в обоих видах охлаждающих систем применяют обработку воды сильными окислителями.

### Предотвращение образования минеральных отложений

Наиболее распространенным методом стабилизации охлаждающей воды является продувка систем водяного охлаждения, т.е. отвод части оборотной воды с заменой ее свежей. При продувке происходит общее понижение концентрации всех примесей, в том числе хлоридов и сульфатов, что, в частности, способствует ослаблению процессов коррозии в оборотной системе охлаждения. Вывод солей из оборотной системы осуществляется за счет организованной продувки и потерь при капельном уносе из градирни. Обычно стабилизация охлаждающей воды совмещает комплекс мероприятий, включающих как продувку, так и обработку воды химическими реагентами. К химическим методам обработки воды относятся подкисление, рекарбонизация, фосфатирование. Подкисление воды проводится с целью частичного снижения карбонатной жесткости воды до значения, равного или несколько ниже Жк.пр. Для этого используется серная кислота как наиболее дешевый и доступный реагент. При подкислении выделяется  $\text{CO}_2$ , который стабилизирует оставшуюся часть гидрокарбоната кальция. Последний предохраняет систему от переокисления воды и интенсификации коррозии.

**Фосфатирование** охлаждающей воды систем оборотного охлаждения производится с целью торможения процесса образования твердой фазы  $\text{CaCO}_3$  из пересыщенных растворов. Существенным достоинством

фосфатирования является понижение агрессивности охлаждающей воды, а, следовательно, и интенсивности коррозии.

Предотвращения процесса гидролиза гидрокарбонатов с образованием иона  $CO_3^{2-}$  можно добиться методом восполнения десорбированного в градирне  $CO_2$  до равновесного значения его в охлаждающей воде. Так как стабилизация воды в этом случае происходит в результате насыщения ее углекислым газом, процесс называется *рекарбонизацией* воды. При этом не происходит заметного увеличения солесодержания воды. Отбор  $CO_2$  осуществляется за дымососом. Подача газа в раствор осуществляется различными способами: барботажным, в скруббере, эжектором и др.

#### Обработка охлаждающей воды в магнитном и акустическом полях

В настоящее время привлекает внимание применение охлаждающей воды в магнитном поле. Экспериментально установлено, что при наложении магнитного поля на нестабильную по карбонату кальция воду, содержащую ферромагнитные примеси, происходит снижение образования отложений на теплопередающих поверхностях. Механизм этого явления объясняется коагуляцией ферромагнетиков в магнитном поле за счет процессов ориентации. Скоагулированные до размеров 0,01-0,04 мкм ферромагнитные коллоидные частицы намагничиваются и агрегируют до размеров, позволяющих им приобретать функции центров кристаллизации. На этих центрах происходит кристаллизация  $CaCO_3$  из пересыщенных нестабильных растворов. Аппарат для магнитной обработки устанавливают на линии добавочной воды, а также на оборотной воде, пропуская через них 90 % объема охлаждающей воды. Установка аппаратов целесообразна на обороте воды, так как при этом вода проходит через магнитное поле многократно. В настоящее время выпускаются два типа аппарата для магнитной обработки воды – с постоянными магнитами и электромагнитами. Аппараты с

постоянными магнитами удобны и дешевы, но напряженность поля в них невелика.

Более широкие возможности применения имеют аппараты с электромагнитами.

Имеется опыт обработки охлаждающей воды в акустическом поле. Для этой цели применяются аппараты с использованием ультразвуковых колебаний. Механизм действия акустического поля заключается в возникновении кавитации, которая способствует, с одной стороны, нарушению процесса кристаллизации, а с другой стороны – разрушению ультразвуковыми волнами уже образовавшейся накипи на поверхности нагрева. Акустические аппараты состоят из импульсного генератора, источника ультразвуковых колебаний и преобразователя, который крепится к объекту и преобразует акустические колебания генератора в механические. К достоинствам акустических аппаратов следует отнести компактность и малую потребляемую мощность.

#### Предотвращение биологических обрастаний системы охлаждения

Биологические обрастания в трубках конденсаторов особенно характерны для прямоточных систем охлаждения. Развитию бактерий в трубках конденсаторов благоприятствует умеренная температура, а также наличие в воде кислорода и питательных веществ. Они представлены обычно различными видами бактерий, грибков, диамитовыми водорослями, которые образуют на стенках трубок слизистую пленку. В водоводах биологические обрастания представлены в основном ракушками. Малая теплопроводность слизистых пленок значительно ухудшает эффективность процесса конденсации пара, а колонии ракушек забивают водоводы, увеличивая их гидравлическое сопротивление. Для борьбы с ними применяют в основном газообразный хлор и его производные. Избыток хлора = 0,1-0,3 мг/кг.

Механизм бактерицидного действия молекулярного хлора заключается в окислении ферментов клетки с последующим отмиранием микроорганизмов.

Для борьбы с ракушками хлорирование недостаточно эффективно. Для этой цели применяется медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , который пригоден лишь для применения в оборотных системах охлаждения. Для борьбы с ракушечными обрастаниями применяют также катодную защиту, путем подвешивания стального анода, к которому подведен постоянный ток.

При обработке воды неорганическими веществами необходимо учитывать их влияние на флору и фауну при сбросе воды в водоемы. Свободный хлор в сбросной воде должен отсутствовать, а концентрация меди не должна превышать  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ .

Для удаления мягких илистых биологических отложений в конденсаторных трубках может применяться очистка этих трубок монолитными резиновыми шариками с диаметром, равным внутреннему диаметру конденсаторных трубок.