

Водоподготовка в энергетике: традиционные и современные решения

Известно, что оборудование предприятий энергетического комплекса эксплуатируется при высоких тепловых нагрузках. Такие режимы требуют жёсткого ограничения толщины отложений на поверхностях нагрева. Накипь образуется из примесей, поступающих в циклы электростанций вместе с добавочной водой. Именно поэтому важнейшей задачей на ТЭС и АЭС является обеспечение высокого качества водных теплоносителей. Кроме отсутствия накипи и отложений, очищенная жидкость позволяет получить чистый пар и минимизирует скорость коррозии конструктивных материалов котлов, турбин и оборудования конденсатно-питательного тракта.

На сегодняшний день существуют две технологии устройства водоподготовительных установок. Обе широко применяются при реконструкции существующих и при строительстве новых энергетических предприятий.

Коагуляция и ионный обмен

Как правило, вода для функционирования ТЭС берётся из природных источников, поэтому нуждается в подготовке. Этот процесс проходит в несколько стадий. На первом этапе, получившем название предочистки, из жидкости удаляются коллоидные и грубодисперсные примеси (ГДП), а на последующих – ионодисперсные вещества и растворённые газы.

Этап 1. Предочистка воды методом коагуляции

Традиционно ключевым процессом в предварительной очистке воды является коагуляция – физико-химический процесс слипания коллоидных частиц под действием сил молекулярного притяжения с образованием грубодисперсной макрофазы и последующим выделением её из воды. В практике водоподготовки под коагуляцией понимают очистку воды от коллоидных веществ с одновременным удалением ГДП¹ и обесцвечиванием обрабатываемой жидкости путём дозировки в неё специального реагента – коагулянта. В качестве последних, как правило, применяют растворимые соли железа или алюминия, оксихлорид, гидроксид алюминия или полигидрохлорид алюминия.

На результат процесса коагуляции влияет целый ряд параметров. В первую очередь, требуется контролировать скорость потока воды в зоне реакции и отстаивания. Данная величина не должна превосходить значение в 1,5 мм/с, в противном случае велик шанс разрушения уже образовавшихся хлопьев. Кроме того, важно поддерживать температуру на уровне 30-40°C, сохранять значение кислотности (рН) среды и обеспечивать равномерное и точное поступление коагулянта. Оптимальное количество реагента определяется опытным путём для конкретного источника водоснабжения и определённого времени года. Обычно дозировки коагулянта находятся в пределах 0,3-0,8 мг/дм³, а в паводковый период увеличиваются до 1,0-1,2 мг/дм³.

«Ключевую роль в ходе подачи реагентов играют дозировочные насосы. На сегодняшний день наибольшую точность дозирования обеспечивает оборудование с шаговым двигателем и микропроцессорным управлением. Благодаря интеллектуальным функциям насосов снижается расход дорогостоящих реагентов, – говорит **Николай Шербаков**, инженер Департамента промышленного оборудования компании ГРУНДФОС. – Например, за счёт систем FlowControlManagement(Регулирование расхода)

¹Грубодисперсные примеси

и AutoAdapt (Автоадаптация потока) модели линейки SMARTDigital экономят до 25% реагента».



Рис.1. Насосы линейки SMARTDigital компании GRUNDFOS

Часто процесс коагуляции ускоряют за счёт применения специальных веществ – флокулянтов, к которым относится широко используемый синтезированный реагент полиакриламид (ПАА), выпускаемый в сухом виде или в качестве геля с концентрацией, достигающей 42%. Сущность процесса флокуляции состоит в том, что ионогенные группы высокомолекулярного ПАА адсорбируют различные микрочастицы, образующиеся при коагуляции. В результате появляются крупные, структурированные хлопья, легко выделяющиеся из воды. Доза ПАА обычно составляет 0,5-2,0 мг/дм³.

«Важно понимать, что флокуляция не заменяет процесс коагуляции, а дополняет его. Получать раствор необходимый для процесса можно прямо на месте, например, при помощи установок серии POLYDOS, – говорит **Николай Щербаков** (компания ГРУНДФОС, ведущий мировой производитель насосного оборудования). – Установка может состоять из 2- или 3-камерной ёмкости, узла подвода воды, мешалок, струйного смесителя, загрузчика сухого вещества, ультразвукового расходомера и шкафа управления. Опционально может в себя включать станцию последующего разбавления, пневмотранспортную установку, бункер сухого вещества, статический смеситель и вибратор. Автоматизированная система в стандартном исполнении позволяет получить

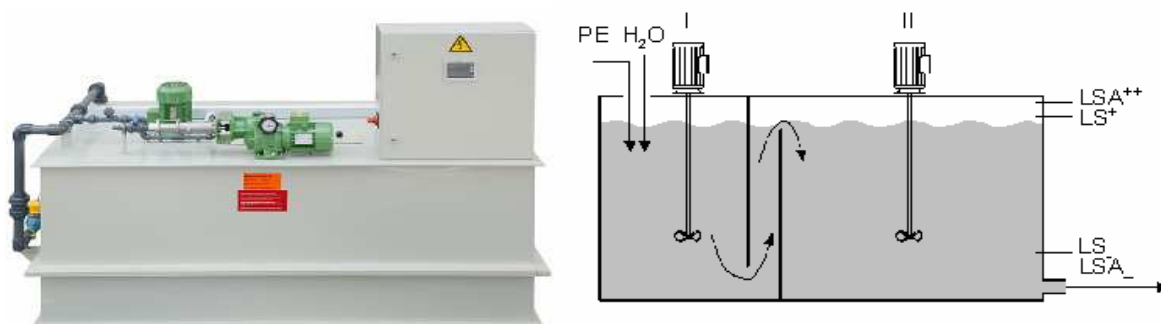


Рис.2. Пример 2-х камерной установки POLYDOS компании GRUNDFOS и схематичный принцип её работы

готовый к использованию раствор с концентрацией в пределах от 0,05 до 1% и обеспечивать подачу с точностью 1-1,5%». Подробно принцип работы 2-х камерной установки POLYDOS представлен на рис. 2.

Вода и полиэлектrolит попадают в камеру I и там перемешиваются. Затем раствор поступает в камеру II для дальнейшего отбора. Важно, что процесс идёт не пошагово, а непрерывно. В камере II расположен ультразвуковой датчик, который срабатывает при достижении минимального уровня LS-: вода начинает подаваться в полиэлектrolитическую камеру I. Начинают работать мешалки I и II. Как только достигается максимальный уровень LS+, отключается насос-дозатор жидкого полимера, а по истечении времени задержки закрывается магнитный клапан. После окончания процесса наполнения, все мешалки функционируют в постоянном режиме, либо по заранее выставленному циклу. Вид работы выбирается на дисплее установки.

Этап 2. Умягчение воды методом ионного обмена

Если вода используется в качестве подпиточной для тепловых сетей или добавочной для котлов высокого давления ($P \geq 70$ атм.), она нуждается не только в предварительной очистке, но и деминерализации, т.е. глубоком умягчении. Наиболее широко используемая сейчас технология – ионообменная. Её сущность заключается в способности специальных материалов (ионитов) изменять в желаемом направлении состав обрабатываемой воды. Чаще всего вода умягчается при помощи натрий-катионирования – метода, при котором ионы кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} , обуславливающие жёсткость исходной жидкости, задерживаются катионом² в обмен на эквивалентное количество ионов Na^{2+} .

По мере пропускания воды через слой катионита количество ионов натрия, способных к обмену, уменьшается, а количество задержанных ионов кальция и магния возрастает, то есть катионит «истощается». Процесс ведётся до появления в фильтрате определённого количества контролируемого иона или их смеси, после чего начинается процесс восстановления. Современные ионообменные аппараты содержат счётчик воды или таймер, которые даёт сигнал к регенерации. Восстановление катионита проводится пропуском через него 6-10% раствора NaCl.

Мембранные технологии

Традиционные методы обессоливания, безусловно, зарекомендовали себя временем, однако при ближайшем рассмотрении ионообмен имеет ряд недостатков:

- Потребление значительного количества минеральных кислот и щелочей;
- Низкий уровень автоматизации;
- Образование большого количества высокоминерализованных сточных вод.

Последнее вкупе с ужесточением требований к водным сбросам водоподготовительных систем определило развитие мембранных систем, центральным звеном которых являются установки обратного осмоса (УОО). Технологическая схема УОО выглядит следующим образом: исходная вода проходит узел микрофльтрации, затем поступает на насосы высокого давления и далее на мембранные модули, где происходит разделение потоков на фильтрат, т.е. обессоленную воду, и концентрат – жидкость, обогащённую минеральными примесями.

Эффективность технологии обратного осмоса определяется свойствами полупроницаемых мембран, которые должны характеризоваться высокой разделяющей способностью (солезадержанием) и удельной паропроницаемостью, быть химически стойкими и механически прочными, иметь низкую стоимость и достаточный (до 5 лет) срок службы без ухудшения технологических показателей. Озвученным требованиям удовлетворяют полимерные мембраны, изготовленные из ацетилцеллюлозы или ароматических полиамидов.

² Твёрдое нерастворимое вещество.

Однако требуется учитывать – для достижения длительного срока службы полупроницаемых мембран необходима предварительная очистка воды от коллоидных и грубодисперсных примесей. Требуемое качество исходной воды также можно обеспечить при помощи мембранных технологий, а именно – ультрафильтрации, которая заменяет стадии коагуляции и осветлительного фильтрования. При этом резко сокращается расход реагентов, потребление воды на собственные нужды составляет менее 10%, а в фильтрате отсутствуют взвеси и коллоиды. Установка ультрафильтрации (УУФ) состоит из входного насоса, подающего воду, блока дозирования коагулянтов, модулей ультрафильтрации, насосной станции обратной промывки, станции дозирования химреагентов, блока химической мойки, станции для измерения коллоидного индекса, а также блока тестирования и ремонта мембранных элементов.

Использование ультрафильтрации перед обратным осмосом позволяет распределить нагрузки на установки в соответствии с их спецификой: для УУФ отделение взвесей и коллоидов, для УОО удаление ионов и солей. Такая специализация повышает эффективность и надёжность работы каждой установки и образует интегрированную мембранную систему.

Ключевым вспомогательным оборудованием в системах обратного осмоса и ультрафильтрации являются нагнетающие насосы. Они должны создавать большие напоры для поддержания потока через мембрану и обладать высокой коррозионной устойчивостью. «При выборе насосного оборудования стоит отдать предпочтение агрегатам из нержавеющей стали или титану. Такие материалы благодаря оксидной плёнке на поверхности деталей успешно противостоят коррозии, – рекомендует **Николай Щербаков** (ГРУНДФОС). – Всем требуемым критериям удовлетворяют многоступенчатые центробежные насосы серии CRN, которые уже успели зарекомендовать себя на энергетических предприятиях. Оборудование изготовлено из нержавеющей стали специальных марок, оснащено двойным или картриджем торцевым уплотнением вала, имеет свободные фланцы».

Опыт внедрения мембранных технологий на ГРЭС

Одним из первых объектов, ставших площадкой для внедрения систем обратного осмоса и ультрафильтрации, стала Новочеркасская ГРЭС. Согласно данным компании «Медиана-Фильтр», производившей все работы, химводоочистка на предприятии была организована по традиционной схеме и обладала следующими недостатками:

- ✓ Практически полный износ оборудования, смонтированного более 40 лет назад;
- ✓ Значительные эксплуатационные расходы на приобретение химреагентов;
- ✓ Необходимость складирования большого количества кислот и щелочей;
- ✓ Образование высокоминерализованных стоков от регенерации фильтров;
- ✓ Постоянный контакт оборудования с высокоагрессивными веществами.

На первом этапе реконструкции была проведена замена ионообменного обессоливания на обратный осмос – запущена УОО, состоящая из трёх блоков общей производительностью 150 м³/ч. В состав каждого блока вошёл узел дозирования ингибиторов солеотложения, узел микрофильтрации, насосы высокого давления (рабочий и резервный) и мембранные модули. Трубопровод водонапорной части установки выполнили из нержавеющей стали, а безнапорной – из поливинилхлорида. Все блоки объединили в общую систему, управление которой осуществляется из центрального диспетчерского пункта.

Следующим этапом модернизации стала замена предварительной очистки на мембранную на основе самопромывных фильтров и УУФ, производительностью 250 м³ жидкости в час. Это позволило значительно улучшить показатели работы обратноосмотической установки.

Несколько лет спустя был запущен в эксплуатацию четвёртый блок УОО, таким образом, общая номинальная производительность системы составила 200 м³/ч, а пиковая – до 240 м³/ч. За счёт введения ещё двух блоков расширили и установку ультрафильтрации – в итоге её общая производительность превысила 450 м³/ч.

Переход на мембранные технологии очистки воды позволил сократить ежегодное потребление кислоты на 150 тонн, щёлочи на 100 тонн и предотвратить образование 30000 м³ загрязнённых сточных вод. Общий экономический эффект по состоянию на 2009 год составил 17,5 млн. рублей, из которых 12 млн. сберегалось на химреагентах, а 5,5 млн. – на техническом обслуживании.³

Выбор того или иного типа технологического решения при реконструкции систем водоочистки зависит от целого ряда параметров, начиная от качества исходной воды и заканчивая финансовыми возможностями предприятий. В любом случае обе технологии, как стандартная, так и современная, при грамотном подборе оборудования позволяют вывести процессы водоподготовки на принципиально новый уровень качества.

³ По материалу <http://www.mediana-filter.ru/novocherkask.html>