УДК 621.311.25

Е.Д. РИМАШЕВСКАЯ, студентка гр.106410 (БНТУ)
Научный руководитель: В.А. ЧИЖ, к.т.н., доцент (БНТУ)
г. Минск, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАЛООТХОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЭС

В настоящее время практически на всех химводоочистках (ХВО) эксплуатируются традиционные технологические схемы, включающие стадию предварительной очистки воды на осветлителях со взвешенным слоем (ВТИ, ЦНИИ) и фильтрацию на осветлительных фильтрах (ФОВ), загруженных зернистым материалом (гидроантрацит или дробленый антрацит) на высоту не более 1,0 м и последующую стадию двухступенчатого химического умягчения (натрий-катионирование) или обессоливания (водород-ОН-ионирование).

Эксплуатация существующих ХВО приводит к образованию большого количества высокоминерализованных кислых и щелочных сточных вод.

Поэтому задачами современной водоподготовительной установки (ВПУ) являются [4]:

– обеспечение стабильного качества получаемой воды;

– обеспечение технологической надежности и устойчивости работы оборудования;

– сокращение эксплуатационных затрат;

– минимизация количества сбрасываемых стоков.

Применение современных технологий на второй ступени очистки, таких как противоточный ионный обмен, мембранные технологии и термический метод, а также применение «концентрационного рассола» и кристаллизаторов, предназначенных для полного выпаривания остаточных стоков и получения твердого солевого остатка позволят решить проблему снижения общего объема высокоминерализованных сточных вод.

В мировой практике водоподготовки можно выделить следующие тенденции [4]:

– экономия пресной воды;

– сокращение потребления реагентов — переход на безреагентные методы обработки воды;

– снижение нагрузки на окружающую среду посредством минимизации стоков;

– внедрение замкнутых циклов и технологических схем переработки и повторного использования стоков.

Для водоподготовок ТЭЦ и котелен процесс можно считать бессточным, если солесодержание стоков не превышает солесодержания исходной воды и безотходным, если в цикле отсутствуют сбросы в природную среду. Добиться таких результатов можно только путем комплексного решения проблемы сточных вод в масштабе всей ТЭС.

Одним из путей снижения общего объема сточных вод является то, что не менее 50% всех сбросных вод ВПУ, в том числе все сточные воды предочисток всех типов, сбросные воды после взрыхления ионитных фильтров пресной водой, последние порции отмывочной воды ионитных фильтров обессоливающих установок, а также воды, сбрасываемые при опорожнении осветлительных и ионитных фильтров, имеют солесодержание, жесткость, щелочность и другие показатели такие же или даже лучше, чем предочищенная и тем более исходная вода. Поэтому они могут быть без дополнительной обработки реагентами возвращены в осветлители или, что еще лучше, на осветлительные, водород- или натрий-катионитные фильтры. Дальнейшее сокращение сточных вод ВПУ возможно за счет осуществления следующих мероприятий [6]:

– противоточное и ступенчато-противоточное ионирование;

– парная регенерация одноименных фильтров;

– применение двухпоточно-противоточных фильтров;

– сбор регенерационных вод в специальных баках с целью их повторного использования;

– частичное обессоливание воды мембранными методами (обратный осмос, электродиализ);

– применение термического обессоливания в испарителях;

– применение электродиализа для получения кислот и щелочей из регенерационных вод;

– применение электрокоагуляции.

Теоретически более соответствующим безотходной технологии является термический метод ликвидации стоков, но ввиду исключительно высокой стоимости аппаратов и высоких затрат энергии он принят бесперспективным. Перспективными можно признать технологии, в результате которых удается получить товарные продукты, которые используют затем в народном хозяйстве, а также технологии с максимальным снижением объема сточных вод с ВПУ.

Однако при создании малосточных ВПУ возникает ряд проблем:

– отсутствие серийного оборудования для получения осадков (кристаллизаторов для осаждения малорастворимых веществ; реакторов, позволяющих разделять осадок на отдельные компоненты; регулирующей и запорной арматуры для коррозионно-активных агентов);

– отсутствие серийного оборудования для глубокого обезвоживания осадков;

– отсутствие технологий переработки осадков в товарные продукты;

– не разработаны автоматические системы контроля, анализа и управления безотходными технологиями водоприготовления.

В последние десятилетия исключительно широкое применение для очистки природных вод получили мембранные технологии [3].

В теплоэнергетике наибольшее применение получили электродиализ и обратный осмос. В основе принципа обработки лежит перенос примесей или молекул воды через специальные мембраны. При этом различаются как сами мембраны, так и природа сил, вызывающих этот перенос. В частности, при использовании сил давления мембраны пропускают молекулы воды, максимально задерживая примеси. При использовании электрических сил – наоборот. Используются специальные ионоселективные мембраны (катионитные, анионитные, биполярные) через которые в поле постоянного электрического тока проходят ионизированные примеси.

Положительной стороной внедрения мембранных технологий является практически полная автоматизация системы ХВО и сокращение в 3-4 раза расходов традиционных химических реагентов (кислота, щелочь, соль), качественное изменение состава сточных вод [3].

Исследования по обессоливанию воды на двухступенчатой установке обратного осмоса (УОО) показали, что подключение второй ступени по пермеату не изменяет качества очистки воды на первой ступени, при снижении показателей второй ступени. Так, коэффициент очистки воды по общему солесодержанию снижается от 10 (первая ступень УОО) до 1,2..2,0 на второй ступени, что определяется невысоким солесодержанием пермеата первой ступени, поступающего на вход второй ступени УОО. Возвращение концентрата второй ступени на вход УОО повышает технологические показатели УОО. Подключение второй ступени УОО по концентрату первой ступени дает возможность дальнейшего глубокого концентрирования водного раствора — коэффициент концентрирования после второй ступени составляет *7..9*, что так же повышает технологические показатели УОО [2].

Имеющийся опыт эксплуатации УОО свидетельствует о том, что основным фактором, от которого зависит удовлетворительная работа мембран, является соблюдение норм качества воды, подаваемой на эту установку. Анализ требований производителей показывает, что для УОО практически нет ограничений по концентрации солей, содержащихся в поверхностных водоисточниках, возможна работа установки в широком диапазоне показателя pH. Ограничивается лишь содержание тех веществ, которые могут привести к отравлению или забиванию мембран [3].

Другим мембранным методом является электродиализ, однако применение этого метода целесообразно только для вод с высоким содержанием примесей (1,5 – 15 г/л), поэтому наиболее широко электродиализ при-

меняется для опреснения морских вод, обезвреживания сточных вод ТЭС и промышленных предприятий.

Принцип электродиализа заключается в процессе удаления из растворов ионизированных примесей путем переноса их через специальные ионоселективные мембраны в поле постоянного электрического тока [3].

Количество подаваемой на опреснение воды электроэнергии зависит от концентрации природных солей в исходной воде, а также от качества мембраны, которые должны отвечать следующим требованиям [5]:

– высокой селективностью;
– малой проницаемостью для молекул воды;
– хорошей электропроводимостью;
– химической стойкостью.

Освоение выпуска биполярных ионитных мембран позволило разработать электродиализные установки для обессоливания солевых растворов и одновременной обработки извлекаемых солей на эквивалентное количество кислот и щелочей. В ВПУ ТЭС электродиализные установки для получения кислоты и щелочи (УЭКЩ) могут найти применение как при переработке минерализованных сточных вод так и для непосредственного обессоливания умягченной воды. Получаемые при этом в УЭКЩ кислоты и щелочи целесообразно использовать для регенерации фильтров ионитной части схемы обессоливания.

Однако при применении электродиализных установок (ЭДУ) для обработки сточных вод имеются некоторые затруднения, причинами которых являются:

– высокое солесодержание обрабатываемой воды и соответственно высокая плотность тока, что может явиться причиной пережога мембран и прокладок при неравномерной работе ячеек;

– высокое содержание в отработанной воде органических примесей и соединений железа, что вызывает отравление мембран;

– диффузия и электроосмотические явления при высокой разности солесодержания в рассольных и обессоленных камерах;

– возможность образования на мембранах нерастворимых соединений.

Интересным техническим решением является разработка и внедрение технологических схем переработки сточных вод натрий-катионитных фильтров в удобрения [7].

Сточные воды натрий-катионитных фильтров, содержащие в своем составе хлориды кальция и магния, относятся к жестким сточным водам и требуют перед поступлением в водоем тщательной переработки. С этой целью были разработаны такие технологии, как:

– переработка сточных вод натрий-катионитного фильтра с получением однородных осадков карбоната кальция ($CaCO_3$), сульфата кальция ($CaSO_4$), гидроксида магния($Mg(OH)_2$);

– переработка сточных вод в фосфатные удобрения;

– применение тринатрий фосфата (Na_3PO_4) для регенерации натрий-катионитных фильтров.

Получение фосфатных удобрений из сточных вод натрий-катионитных фильтров возможно осуществить по двум схемам.

В соответствии с первой схемой, отработанный регенерационный раствор после натрий-катониового фильтра подается в бак-отстойник, в котором катионы кальция и магния осаждаются 10%-м раствором Na_3PO_4. Данная схема имеет замкнутый цикл и может быть отнесена к малосточным схемам. Относительно высокая стоимость Na_3PO_4 не является препятствием для реализации схемы, т.к. стоимость полученных фосфатных удобрений в 3-4 раза выше. Применение приведенной схемы позволяет не только избавиться от жестких сточных вод, но и получить прибыль, т.к. даже доломит, засыпаемый в механические фильтры после насыщения фосфатами также вывозится на поля в качестве удобрения.

При использовании второй схемы для регенерации натрий-катионитных фильтров вместо раствора поваренной соли (NaCl) применяют Na_3PO_4. В результате регенерации сточные воды содержат фосфатные соли ($Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO_4)_2$, Na_3PO_4), которые являются ценным фосфатным удобрением.

Список литературы:

1. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Н. н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
2. Жадан, А. В. Совершенствование технологии обработки воды на ТЭС на базе ионного обмена и мембранных методов: Автореф. дис. … канд. техн. наук / Е.Н. Бушуев. – Иваново, 2013. – 20 с.
3. Пантелеев А. А., Рябчиков Б. Е., Хоружий О. В., Громов С. Л., Сидоров А. Р. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.
4. Сборник докладов и каталог второй Всероссийской конференции «Реконструкция энергетики – 2010». – М., 2010. – С. 121–124.
5. http://hydropark.ru/equipment/electrodialysis.htm.
6. http://twt.mpei.ac.ru/books/vve/CH4.8_pg1.htm.
7. http://www.findpatent.ru/patent/220/2205070.html.