

Раздел второй ОХРАНА ВОДНОГО БАСЕЙНА ОТ СБРОСОВ

2.2. Современные технологии водоподготовки на тэс и их экологическая оценка

2.2.5. Опыт создания малоотходных систем водопользования

Шищенко В.В., институт ВНИПИэнергострой; Федосеев Б.С., ОАО «ВТИ»

Во всем мире все большее внимание уделяется комплексному решению проблемы сточных вод в масштабе всей электростанции, основанному на оборотном водоснабжении и многократном использовании природной воды для максимально возможного сокращения ее потребления и объема образования сточных вод.

Значительные успехи в этом направлении достигнуты в США, где законодательство по охране природных ресурсов более строго по сравнению с законодательствами других стран и имеет место постоянное его ужесточение. Создана система государственного контроля за состоянием водоемов, действующая с 1966 г. Осуществляется целенаправленная подготовка специалистов по защите водоемов от загрязнений. Интенсивно развиваются предприятия, специализирующиеся на выпуске оборудования по очистке стоков и другой экологической техники. Норма прибыли на этих предприятиях оказалась в 1,5...2,0 раза выше средней по стране [38]. В результате такой политики в США в настоящее время эксплуатируется целый ряд ТЭС с ограниченным и «нулевым» сбросом сточных вод, а «нулевой» сброс провозглашен основной стратегией при проектировании электростанций [39]. Поставленная стратегическая задача решается в зависимости от конкретных условий,

Для уменьшения сброса сточных вод в районах с повышенным солнечным излучением используются испарительные пруды. Там же, где нет достаточного солнечного излучения, рекомендуется сточные воды упаривать в вертикально-трубных испарителях. В результате удаляется до 99 % примесей, содержащихся в сточных водах, и образуется дистиллят, который используется повторно.

На ТЭС San Juan (США) компании «Public Service Co. of New Mexico» была внедрена комбинированная технология переработки минерализованных сточных вод с использованием мембранной технологии в сочетании с выпарной (рис. 2.7).

Сточные воды станции подаются в бак-нейтрализатор

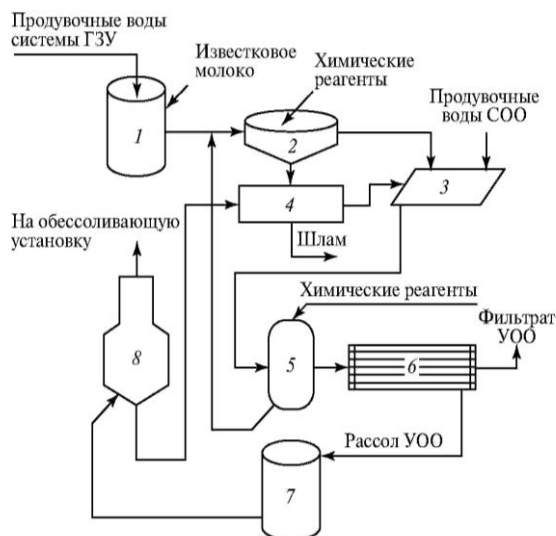


Рис. 2.7. Комбинированная технология переработки минерализованных сточных вод станции San Juan (США), внедренная компанией «Public Service Co. of New Mexico»

1, где обрабатываются известковым молоком. Из бака-нейтрализатора стоки направляются в осветлитель 2 и обрабатываются химическими реагентами. Осветленная вода собирается в пруду 3, куда поступают также продувочные воды системы оборотного охлаждения (СОО). Из пруда 3 стоки поступают на установку 5 предварительной обработки воды, а затем на УОО 6, фильтрат которой после ионообменного дообессоливания используется для восполнения потерь пара и конденсата котлов ТЭС. Рассол УОО собирается в баке 7 и подвергается дополнительному концентрированию в испарителях 8. Дистиллят испарителей также подается на дообессоливание, осадки обезвоживаются на шламоуплотнительной станции 4 и вывозятся.

Другим примером подготовки добавочной воды котлов и утилизации сточных вод на ТЭС с «нулевым» сбросом является установка компании «Doswell Limited Partnership» (Ashland) [39] (рис. 2.8). Исходная вода предварительно обессоливается на шестиступенчатой УОО 1, дегазируется в деаэраторе 2 и дообессоливается на ХОУ 3. Рассол УОО 1, концентрат ХОУ 3 и продувочная вода котлов после механического фильтра 4 поступают в электродиализную установку 5, а затем в установку обратного осмоса 6. Фильтрат последней также подается на дегазацию и химическое обессоливание. Концентрат из установок 5 и 6 доупаривается в испарителе-кристаллизаторе 7 до выделения солей в твердом виде, которые обезвоживаются в фильтропрессе 8 и используются для обработки почв.

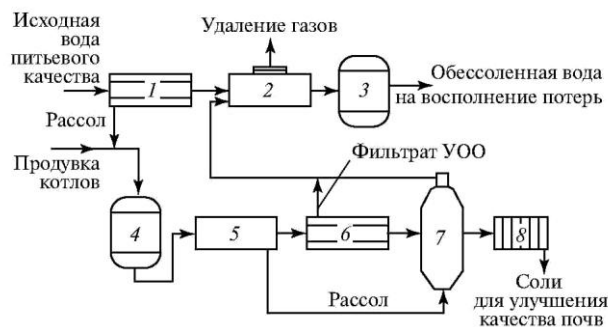


Рис. 2.8. Схема бессточной ВПУ, разработанной компанией «Fluor Daniel Inc.» на установке компании «Doswell Limited Partnership»

На нескольких мощных ТЭС США реализованы системы водоснабжения с ограниченным или «нулевым» сбросом сточных вод [40]. Для обеспечения надежного водоснабжения на территории ТЭС обычно строят водоем для хранения запаса сырой воды на 10 дней ее работы.

В СОО в большинстве случаев подают осветленную воду после коагуляции или коагуляции и известкования в зависимости от конкретных условий. Для предотвращения отложений в СОО используют различные присадки либо умягчение части циркуляционной воды. Продувку СОО используют для восполнения потерь воды в системах десульфуризации дымовых газов и гидрозолаудаления.

Для подготовки добавочной воды котлов используют УОО в сочетании с химическим обессоливанием. Минер-

рализованые сточные воды направляются в испарительный бассейн или на выпарную установку. Сюда подается продувочная вода системы гидрозолаудаления и другие сточные воды повышенной минерализации.

Маломинерализованные воды, в том числе продувочная вода котлов, собираются в пруд-накопитель и используются в цикле ТЭС. Ливневые стоки собираются отдельно и используются в зависимости от их состава либо упариваются до сухих солей.

Применяются испарительные установки с компрессионной парой, способные регенерировать до 90 % концентрированных сточных вод. Получаемый дистиллят с содержанием 15 г/м³ используется, а шлам после механического обезвоживания вывозится для утилизации или складирования в отвалах.

Для получения разрешения на эксплуатацию ТЭС Deerhaven (штат Флорида, США) схема водопользования была изменена, что позволило значительно уменьшить общее количество сточных вод. В результате продувочную воду СОО, дренажные воды ТЭС, сточные воды ВПУ, со склада угля и с места складирования отходов после очистки и консервирования основного оборудования и приготовления питьевой воды подают в испаритель с компрессионной парой. При этом 90 % сточных вод превращаются в дистиллят и используются для подпитки СОО. Концентрат испарителей высушивается, сухой остаток заключают в капсулы и подается на длительное хранение на пристанционный контролируемый шламо-накопитель [41].

Определенный опыт создания малоотходных систем водопользования на ТЭС накоплен и в нашей стране. Наиболее полно этот принцип реализован на Саранской ТЭЦ-2 [42].

Подпитка системы оборотного охлаждения на ТЭЦ-2 осуществляется водой из р. Инсар и промливневыми стоками с территории. Продувочная вода этой системы подвергается известкованию, коагуляции и осветлению в осветлителе типа ВТИ-160. Вода после доосветления на механических фильтрах подвергается двухступенчатому натрий-катионированию. Часть умягченной воды используется для подпитки закрытой теплосети, а остальное ее количество смешивается в деаэраторе атмосферного типа с продувочной водой котлов и поступает на обессоливание в пятиступенчатую испарительную уста-

новку производительностью 100 м³/ч с испарителями типа И-600 ОАО «ТКЗ «Красный котельщик», где упаривается до содержания 80...100 г/кг.

Дистиллят используется для подпитки барабанных котлов давлением 13,8 МПа, а продувочная вода смешивается в баке-реакторе с коническим днищем с расчетным количеством регенерационных сточных вод натрий-катионитных фильтров. В результате такого смешения образуется сложный по составу осадок, содержащий карбонаты, гидраты, фосфаты, кремнекислые и органические соединения кальция, магния, железа и некоторые другие соединения. После отделения осадка и нейтрализации остаточной щелочности серной кислотой раствор используется для регенерации натрий-катионитных фильтров, а образующиеся при этом сточные воды с содержанием кальция более 30 мг-экв/л собираются, и из них естественным путем осаждается дигидрат сульфата кальция (гипс). Часть осветленного раствора используется для смешения с продувочной водой испарителей в процессе приготовления следующей порции регенерационного раствора по описанной выше технологии, а его избыток подается в кристаллизатор с коническим днищем, где насыщается известью.

В результате известкования осаждается весь магний в виде гидроксида и дополнительное количество кальция в виде гипса до уровня, близкого к растворимости гидроксида кальция в данных условиях, т.е. получается раствор извести, практически не содержащий постоянной жесткости. Этот раствор вместе с известковым молоком используется для обработки в осветлителе продувочной воды системы оборотного охлаждения.

Таким образом, при работе по данной технологии утилизируются промливневые стоки с территории Саранской ТЭЦ-2, продувочные воды системы оборотного охлаждения, котлов и испарителей, сточные воды от регенерации натрий-катионитных фильтров, а в качестве реагентов используются только известь, коагулянт и в небольшом количестве серная кислота. При этом весь кальций и магний, а также эквивалентное количество бикарбонат- и сульфат-ионов, содержащихся в этих сточных водах и введенных с реагентами, выводятся в виде шламов двух типов — с преимущественным содержанием карбоната кальция и преимущественным содержанием гипса, что упрощает их утилизацию [43].

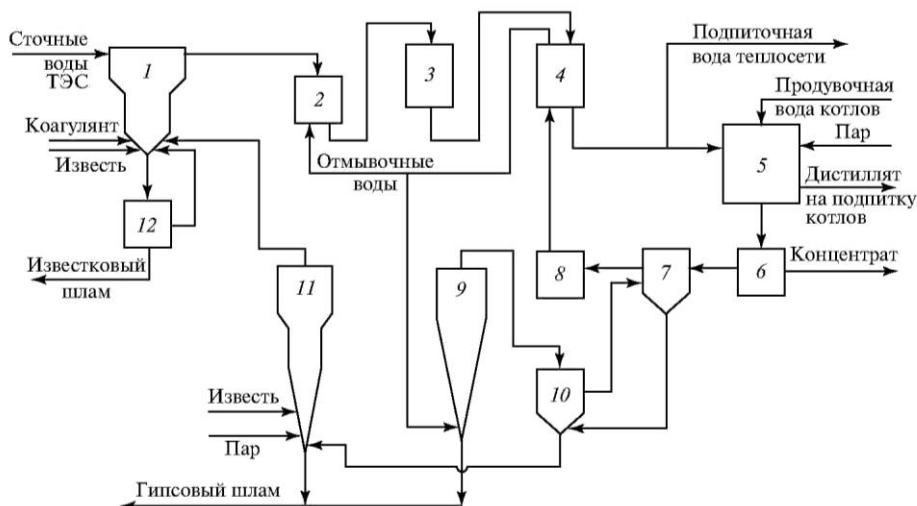


Рис. 2.9. Схема малоотходной установки термохимического обессоливания сточных вод на ТЭС:

1 — осветлитель; 2 — бак осветленной воды; 3 — механический фильтр; 4 — натрий-катионитный фильтр; 5 — испарительная установка; 6 — бак концентрата; 7 — бак-реактор; 8 — бак готового регенерационного раствора; 9 — кристаллизатор; 10 — бак стабилизированных сточных вод; 11 — термохимический умягчитель; 12 — бак сбора шлама осветлителя

В результате сокращается потребление свежей воды, а в окружающую среду с утечками из теплосети возвращаются только соединения натрия, поступившие с природной водой, т.е. на ТЭС происходит снижение массы загрязняющих веществ в используемой воде. По результатам выполненного комплекса работ разработана унифицированная малоотходная технология термохимического обессоливания сточных вод на ТЭС, схема которой приведена на рис. 2.9. Такой вариант схемы заложен в проект строительства второй очереди ВПУ Саранской ТЭЦ-2. Для сокращения количества продувочной воды СОО и ее защиты от накипеобразования предусмотрены коагуляция и известкование в осветлителях добавочной воды СОО.

Малоотходная технология водоподготовки реализована на одной из ТЭС ОАО «Самараэнерго», принципиальная схема которой приведена на рис. 2.10 [44, 45]. На этой ТЭС готовится 6000 м³/ч подпиточной воды теплосети с открытым водоразбором горячей воды и 260 м³/ч обессоленной добавочной воды котлов давлением 13,6 МПа.

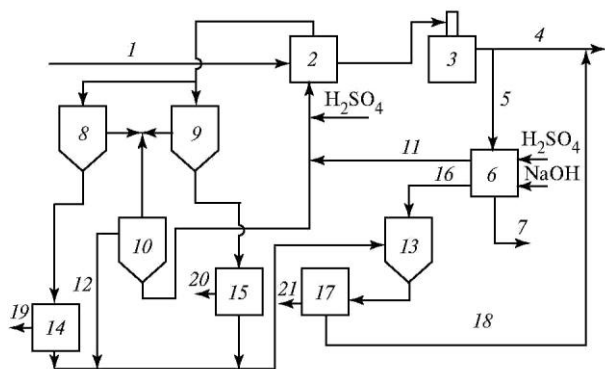


Рис. 2.10. Принципиальная схема ВПУ с утилизацией сточных вод

Исходная водопроводная вода 1 поступает на Н-катионитные фильтры 2, а затем в декарбонизаторы 3. Основной поток декарбонизированной воды 4 подается в теплосеть, а ее часть 5 поступает на ХОУ 6. Обессоленная вода 7 используется для подпитки котлов.

Взрыхляющая вода и маломинерализованная часть отмывочных вод процесса регенерации фильтров 2 собираются в отстойнике 8. Пересыщенные по сульфату кальция сточные воды подаются снизу вверх в кристаллизатор 9, где во взвешенном состоянии находится ранее образовавшийся гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Осветленная вода из аппаратов 8 и 9 собирается в баке 10 и используется при взрыхлении, регенерации и отмывке фильтров 2. Для регенерации этих фильтров используются также кислые сточные воды 11 ХОУ 6. Избыток осветленного раствора 12 из бака 10 направляется в реактор 13. Осадки из аппаратов 8 и 9 подаются на шламоуплотнительные станции (ШУС) 14 и 15.

Фильтрат этих ШУС вместе с потоком 12 подается в реактор 13, где смесь обрабатывается отработанными щелочными растворами 16 ХОУ 6. В результате образуется осадок, основным компонентом которого является гидроксид магния. Осадок обезжелезивается на ШУС 17, а осветленный раствор 18 смешивается с декарбонизированной водой 4, подаваемой в теплосеть.

Частично обезвоженные на ШУС осадки 19—21, содержащие соответственно продукты взрыхления фильтров 2, гипс и гидроксид магния пригодны для полезного использования либо длительного безопасного хранения.

Необходимо особо отметить, что, несмотря на сброс сточных вод в теплосеть, среднее солесодержание подпиточной воды теплосети составило 219 мг/кг при солесодержании исходной воды из городского водопровода 338 мг/кг. Обеспечено это тем, что для подготовки подпиточной воды теплосети использовано Н-катионирование, а количество этой воды значительно превышает количество добавочной воды котлов, подготовка которой обуславливает поступление в цикл основного количества солей.

Большой комплекс работ по сокращению водопотребления и водоотведения выполнен на Казанской ТЭЦ-3, где первоначально подготовка добавочной воды котлов осуществлялась путем химического обессоливания воды из р. Волги после ее известкования и коагуляции, а для подпитки теплосети использовали эту же воду после натрий-катионитного умягчения. Сточные воды от регенерации фильтров после разбавления продувочной водой СОО сбрасывались в р. Волгу.

Для сокращения расходов воды и реагентов в качестве исходной воды стали применять продувочную воду СОО, а натрий-катионирование подпиточной воды теплосети заменили подкислением. Это позволило также утилизировать тепло, содержащееся в продувочной воде СОО. Однако утилизация продувочных вод СОО привела к необходимости сокращения и утилизации сточных вод ВПУ, так как стало нечем разбавлять их до ПДК.

Попытки решения проблемы утилизации сточных вод на Казанской ТЭЦ-3 предпринимались давно. Еще в 80-е годы прошлого столетия была сооружена первая в стране установка термохимического обессоливания для переработки регенерационных сточных вод. Проектом были предусмотрены: обработка нейтрализованных сточных вод ХОУ и установки натрий-катионитного умягчения известью и содой в осветлителях, глубокое двухступенчатое натрий-катионитное умягчение осветленной воды, ее упаривание в испарителях, подкисление продувочной воды испарителей и использование последней для регенерации натрий-катионитных фильтров. Для упаривания умягченных сточных вод ХОУ были созданы две многоступенчатые (шестиступенчатые) испарительные установки номинальной производительностью по 100 м³/ч с испарителями И-600 ОАО «ТКЗ «Красный котельщик».

Проект установки выполнялся в период, когда опыт использования концентрата испарителей для регенерации фильтров практически отсутствовал. Последующие исследования и опыт работы установки термохимического обессоливания на Саранской ТЭЦ-2 показали, что подкисление продувочной воды не обеспечивает получение стабильного регенерационного раствора, в результате чего происходит зашламливание ионитного материала в процессе регенерации [46].

Недостатком проектного варианта установки термохимического обессоливания Казанской ТЭЦ-3 оказалось также использование большого количества соды для осаждения кальция в осветлителях. Дело в том, что помимо непосредственных затрат на ее приобретение, применение соды приводит к введению в систему дополнительного количества ионов натрия, выделение которых из воды в виде сульфата натрия или сброс их со сточными водами вызывает дополнительные проблемы.

В связи с этим МИУ была пущена в 1996 г. на умягченной продувочной воде СОО. В 2002—2003 гг. на Казанской ТЭЦ-3 были введены в строй две 16-ступенчатые ИМВ производительностью по 50 м³/ч дис-

тиллята, разработанные Урал ВТИ [47]. Часть умягченной воды обессоливается в ИМВ, а продувочные воды смешиваются с другой ее частью и доупариваются в МИУ. Питание МИУ по воде осуществляется по параллельной схеме, а по пару — по последовательной. В результате тепло первого пара используется вначале в шести ступенях МИУ, а затем в 16 ступенях ИМВ, т.е. 22 раза, что обеспечивает низкие удельные расходы тепла на термическое обессоливание.

Промышленная эксплуатация испарительных установок подтвердила эффективность использования термиче-

ского обессоливания для условий Казанской ТЭЦ-3. Качество дистиллята испарителей соответствует нормам ПТЭ для котлов давлением 14 МПа, а производительность ИУ достигает 320 м³/ч. Стоимость дистиллята оказалась в 1,5...2,0 раза ниже стоимости химобессоленной воды.

Модернизированная схема ВПУ Казанской ТЭЦ-3 разработана МЭИ совместно с ОАО «ВНИПИэнергопром» и приведена на рис. 2.11. При этом в основном использованы технические решения, апробированные на Саранской ТЭЦ-2 [42].

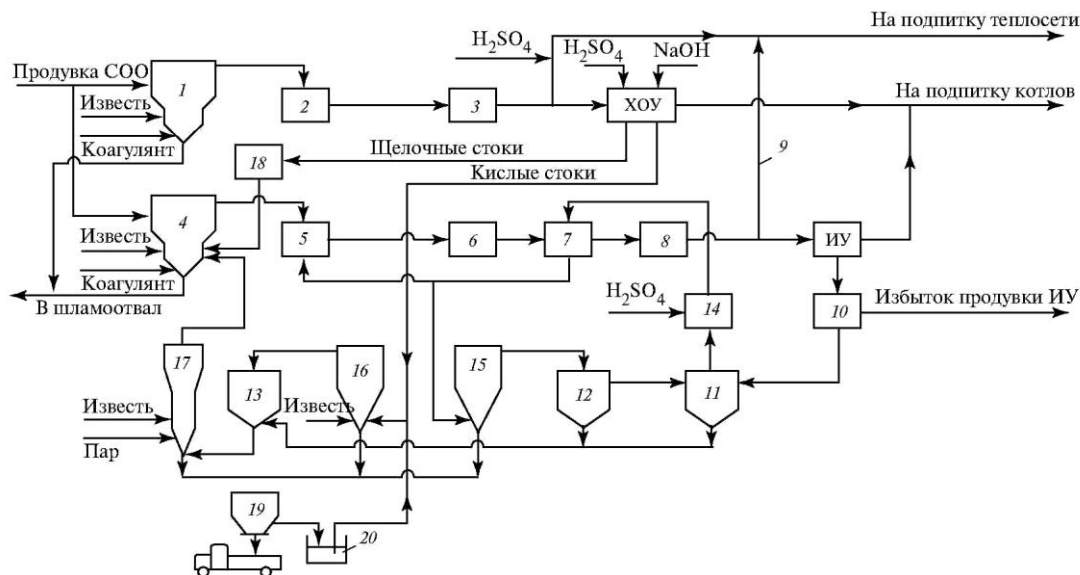


Рис. 2.11. Схема утилизации сточных вод на термообессоливающем комплексе Казанской ТЭЦ-3

Известкование, коагуляция и осветление части продувочной воды СОО для ХОУ и подпитки теплосети выполняются по существующей схеме (осветлители 1, баки осветленной воды 2 и механические фильтры 3). Подготовка необходимого количества обессоленной воды в ХОУ проводится по существующей схеме.

Другая часть продувочной воды СОО также подвергается известкованию, коагуляции и осветлению (осветлители 4, баки осветленной воды 5 и механические фильтры 6), затем умягчается в натрий-катионитных фильтрах 7 и собирается в баке химочищенной воды 8.

Необходимое количество химочищенной воды подается в ИУ, а ее избыток 9 используется для подпитки теплосети. Дистиллят ИУ смешивается с химобессоленной водой и подается на подпитку котлов, а ее концентрат, солесодержание которого составляет 80...100 г/м³, собирается в баке 10. Расчетное количество концентрата перекачивается в бак-реактор 11, где в определенной пропорции смешивается с частью регенерационных сточных вод натрий-катионитных фильтров из бака 12. В результате взаимодействия этих двух потоков происходит образование осадка указанного выше состава, который перекачивается в бак 13. Осветленный раствор собирается в баке 14 и после подкисления и фильтрации используется для регенерации натрий-катионитных фильтров 7.

В связи с тем что такой регенерационный раствор содержит сульфат-ион в повышенных концентрациях, отработанные регенерационные растворы оказываются пересыщенными сульфатом кальция. Для стабилизации этот раствор и часть отмывочных вод с жесткостью более 30 мг-экв/л пропускаются через взвешенный слой гипса в кристаллизаторе 15 специальной конструкции

[48] и собираются в баке 12. Менее жесткие отмывочные воды подаются в бак 5.

Кислые сточные воды ХОУ направляются в кристаллизатор-нейтрализатор 16, где во взвешенном слое гипса нейтрализуются известковым молоком и после отделения основной части образовавшегося осадка стабилизированные по гипсу сточные воды поступают в бак 13. Сюда же подается часть раствора вместе с осадками из баков 11 и 12.

После усреднения смесь из бака 13 вместе с осадком попадает в термохимический умягчитель 17, где во взвешенном слое гипса нагревается путем смешивания с паром до 40...60 °С и насыщается известью, что обеспечивает практически полное выделение магния в виде гидроксида и осаждение основной части кальция в виде гипса [48]. На выходе из термохимического умягчителя содержание кальция и гидрат-иона составляет 40...50 мг-экв/л. Для предотвращения выноса наиболее мелких частичек гипса этот щелочной раствор доосветляется в пластинчатом осветлителе, расположенном в верхней части аппарата 17, и используется вместе с известковым молоком для обработки воды в осветлителе 4.

Щелочные сточные воды ХОУ собираются в баке 18 и равномерно подаются в осветлитель 4. Воды от взрывления механических и ионообменных фильтров ХОУ и ИУ собираются (на рисунке не показаны) и направляются в осветлители 1 и 4.

Известковые шламы из осветлителей 1 и 4 подаются на шламонакопители с возвратом воды в осветлитель 4. В перспективе сюда же может быть направлена и продувочная вода котлов.

Осадки из аппаратов 15—17, основным компонентом

которых является гипс, поступают в бункер 19, где вода фильтруется естественным путем через специальную дренажную систему в приямок 20 и через кристаллизатор 16 возвращается в бак 13. Гипс, остаточная влажность которого после такого обезвоживания в бункере 19 составляет 25...30 %, вывозится автотранспортом для дальнейшей переработки. Исследования, выполненные специализированными организациями, показали, что по составу этот гипс соответствует лучшим природным образцам и может быть широко использован для нужд как строительства, так и сельского хозяйства.

Подача части умягченной воды в теплосеть снижает жесткость подпиточной воды, что уменьшает расход кислоты на ее обработку, а в ряде случаев позволяет вообще отказаться от подкисления. При этом увеличивается рН сетевой воды и снижается ее коррозионная активность.

Необходимо особо отметить, что общее содержание солей в этом избытке продувочной воды ИУ на 144,5 т/год меньше, чем в исходной воде, поступающей из р. Волги.

Проект реконструкции системы подготовки воды на Казанской ТЭЦ-3 по описанной технологии выполнен ОАО «ВНИПИэнергопром» и показал, что для его реализации в основном используется существующее оборудование. Из нового потребовалось соорудить аппараты 15, 16 и 17 (всего пять штук с учетом резервных) для выделения гипса и бак 10 для сбора продувочной воды испарителей. При этом затраты, связанные с описанной реконструкцией, окупятся в течение 3—5 лет за счет прекращения использования воды на разбавление сточных вод до ПДК.

Таким образом, оптимизация режима работы существующих ВПУ и их частичная реконструкция позволят создать комплексную малоотходную ресурсосберегающую систему водопользования на Казанской ТЭЦ-3, которая обеспечит утилизацию продувочной воды СОО и котлов, сточных вод ВПУ при одновременном сокращении расхода реагентов и выделении значительной части минеральных компонентов в виде, пригодном для полезного использования или длительного безопасного хранения.

Большой объем работ по созданию малоотходных систем подготовки подпиточной воды теплосетей выполнен в МГП «Мостеплоэнерго» (ныне ОАО «МОЭК») [49—51].

Один из вариантов повторного использования регенерационных сточных вод Na-катионитных фильтров реализован на ряде районных тепловых станций г. Москвы. Принципиальная схема установки приведена на рис. 2.12.

Исходная вода 1 из городского водопровода подвер-

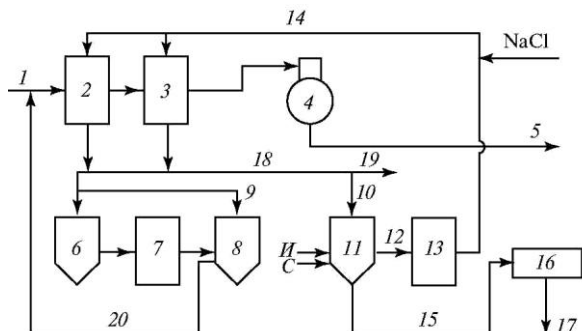


Рис. 2.12 Принципиальная схема Na-катионирования воды с частичной утилизацией сточных вод

Результаты расчетов показали, что при работе по этой схеме образуется избыточное количество продувочной воды ИУ, составляющее в среднем 0,8 м³/ч. Этот избыток может быть использован для регенерации натрий-катионитных фильтров на других предприятиях или складируется до решения вопроса с его утилизацией. В этом концентрате содержится в основном натрий, поступивший с исходной водой и введенный с едким натром при регенерации фильтров ХОУ. Кроме того, из исходной воды в него вошли хлориды, а также небольшая часть сульфатов, введенных с исходной водой, коагулянтом и серной кислотой. Основная часть сульфатов (около 87 %) выводится в виде гипса при обработке сточных вод. Часть солей уходит с подпиточной водой теплосети.

Необходимо особо отметить, что общее содержание солей в этом избытке продувочной воды ИУ на 144,5 т/год меньше, чем в исходной воде, поступающей из р. Волги. Вода поступает на двухступенчатому Na-катионированию в фильтрах 2 и 3, и после деаэрации в деаэраторе 4 обработанная вода 5 подается на подпитку закрытой теплосети. Воды взрыхления Na-катионитных фильтров 2 и 3 собираются в баке 6, освещаются в механическом фильтре 7 и собираются в баке 8, в который направляется также маломинерализованная часть 9 отмывочных вод фильтров 2 и 3.

Регенерационные сточные воды 10 фильтров 2 и 3 с концентрацией солей более 3 кг/м³ собираются в баке-кристаллизаторе 1, где обрабатываются известью И в количестве, в 1,3 раза превышающем концентрацию магния в этих сточных водах, а затем содой С. Доза соды должна обеспечить осаждение основной части кальция, поступившего в бак 11 со сточными водами и введенного с известью.

Осветленный раствор 12 пропускается через механический фильтр 13, донасыщается хлоридом натрия до концентрации 85...115 кг/м³ и используется для регенерации фильтров 2 и 3. Осадок 15 из бака 11 подается в вакуум-фильтры или фильтропрессы 16. Частично обезвоженный осадок 17 вывозится автотранспортом.

Так как количество минерализованных регенерационных сточных вод 18 всегда превышает количество регенерационного раствора 14 на часть отмывочных вод, для обеспечения баланса потоков избыток этих сточных вод 19 сбрасывается в городскую канализацию. Сточные воды из бака 8 используются для взрыхляющей промывки фильтров 2 и 3, а их избыток 20 смешивается с исходной водой 1.

Реализация этой технологии позволила на 55...60 % сократить количество сбрасываемых в канализацию солей.

Для полной утилизации сточных вод разработана технология, схема которой приведена на рис. 2.13 [49, 50].

Она отличается от схемы, приведенной на рис. 2.12,

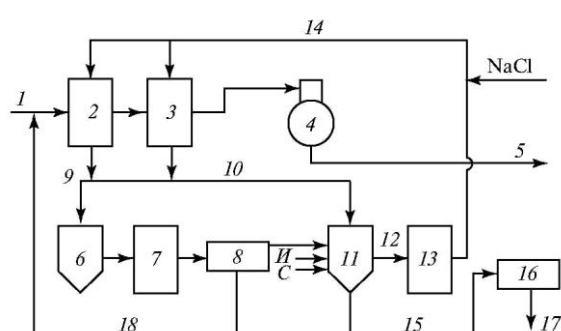


Рис. 2.13 Принципиальная схема Na-катионирования воды с полной утилизацией сточных вод

использованием электродиализной установки 8 для концентрирования части сточных вод с целью довести их общий объем до объема регенерационного раствора. При этом на смешивание с исходной водой 1 будет подаваться частично обессоленный фильтрат 18 электродиализной установки 8, что сократит нагрузку на Натрионитные фильтры 2 и 3 с соответствующим уменьшением количества сточных вод. Остальные элементы схемы те же, что и на рис. 2.12.

При работе по такой схеме сброс сточных вод может быть полностью исключен, а расход хлорида натрия сведен до минимума.

На ряде объектов ОАО «МОЭК» на стадии пусконаладочных работ находятся установки обратного осмоса, предназначенные для подготовки подпиточной воды теплотрассы [51]. В перспективе эта технология может быть использована для подготовки подпиточной воды и на малоотходных ТЭС.

Технико-экономическая оценка технологий водоподготовок с утилизацией сточных вод свидетельствует о том, что при их утилизации дополнительные затраты уже сегодня незначительно отличаются от вариантов с разбавлением и сбросом сточных вод [52].

В перспективе увеличение стоимости исходной воды и платы за сбросы отходов будут стимулировать создание малоотходных систем промышленного водопользования.

Таким образом, в нашей стране разработан и эксплуатируется ряд установок, обеспечивающих малоотходную и малосточную системы водопользования на ТЭС и котельных. Однако масштабы их реализации абсолютно не соответствуют глобальной проблеме охраны водного бассейна от сброса сточных вод энергопредприятиями.

В ряде случаев для обработки воды эффективно применение фосфорорганических антинакипинов (фосфонатов). Их применение для антинакипной обработки воды оборотных систем охлаждения началось в 70-х годах. Первое внедрение коррекционной обработки воды фосфонатом ОЭДФК было проведено УралВТИ на Уфимской ТЭЦ-4. Было показано, что введение в охлаждающую воду небольшого количества фосфоната (несколько миллиграмм на кубический дециметр) предотвращает образование карбонатных отложений в конденсаторах турбин. Необходимая для исключения накипобразования дозировка фосфонатов в охлаждающую воду в несколько раз меньше дозировки кислоты при обработке охлаждающей воды методом подкисления и дозировки фосфатов при обработке охлаждающей воды методом фосфатирования. Разработаны методические указания по применению ОЭДФК для этих целей [53].

В настоящее время фосфонатная обработка охлаж-

дающей воды осуществляется на большом количестве промышленных предприятий, в том числе на Волгодонской ТЭЦ-2, Астраханской ТЭЦ-2 и других ТЭС.

Использование фосфонатов в системах теплоснабжения началось в 90-х годах. Применение фосфонатов позволяет полностью (или частично) отказаться от умягчения и декарбонизации подпиточной воды теплотрассы и работать на воде с карбонатным индексом (произведение кальциевой жесткости и общей щелочности воды), значительно превышающим нормы, установленные ПТЭ [37]. При корректно выбранной дозировке фосфонатов практически полностью исключается карбонатное накипобразование в водогрейных котлах и сетевых подогревателях. Использование фосфонатов приводит к упрощению технологии водоподготовки, сокращению расхода воды на собственные нужды, значительному уменьшению сбросов реагентов, используемых для регенерации катионитовых фильтров. По данным ОАО «ВТИ», экономический эффект от применения фосфонатов для коррекционной обработки подпиточной воды теплотрассы составляет от 5 до 10 руб/м³.

В настоящее время этот метод подготовки сетевой воды успешно используется на многих объектах [54, 55], в том числе на ТЭЦ-24 ОАО «Мосэнерго», Омской ТЭЦ-5, Волгодонской ТЭЦ-1, Тольяттинской ТЭЦ-1, ТЭЦ ВАЗ (г. Тольятти) и др. Сотрудниками ОАО «ВТИ» разработана технология применения фосфонатов в системах теплоснабжения Омской ТЭЦ-6, Новогорьковской ТЭЦ, Сормовской ТЭЦ, Нижегородской ГРЭС.

Цинксодержащие фосфонаты являются также эффективными ингибиторами коррозии углеродистой стали в деаэрированной сетевой воде. Применение цинкового комплекса ОЭДФ для обработки высокоагрессивной воды теплотрассы Ростовской ТЭЦ-2 позволило значительно снизить скорость коррозии и уменьшить содержание железа в сетевой воде. По данным ОАО «ВТИ», защитными свойствами в деаэрированной воде обладают также фосфонаты, не содержащие цинка (ПАФ-13А, ИОМС-1), но их эффективность несколько ниже эффективности ОЭДФ-цинк.

Производство фосфонатов осуществляется целым рядом отечественных предприятий, используются фосфонаты зарубежного производства.

Совместно с другими организациями ОАО «ВТИ» на основе имеющегося опыта использования фосфонатов разработаны методические рекомендации по их применению [56], в которых сформулированы правила применения фосфонатов в системах теплоснабжения, горячего водоснабжения, оборотных системах охлаждения, паровых котлах низкого давления, дистилляционных опреснительных установках и испарителях.