

СНИЖЕНИЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И КОЛИЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

При обработке воды на ВПУ образуются сточные воды двух основных типов:

воды, получающиеся на стадии предочистки воды при ее коагуляции и известковании и содержащие взвешенные вещества;

воды повышенной минерализации, образующиеся в процессе умягчения и обессоливания воды.

В сточных водах предочистки в твердом виде содержатся органические вещества, повышающие биологическое потребление кислорода водой, грубодисперсные примеси исходной воды, соединения железа и алюминия, а также карбонат кальция, гидроксид магния и «недопал» при известковании. Качественный и количественный состав примесей таких вод зависит от качества воды и принятых методов ее обработки на предочистке. При известковании вода, кроме того, имеет повышенное значение рН (10,0—10,4). Сброс таких вод в водоемы запрещен.

Для утилизации сточных вод предочистки на ТЭС сооружают шламоуплотнительные станции (ШУС), в которых шлам обезвоживается, а вода возвращается в технологический цикл. Обезвоженный шлам осветлителей, прежде всего известковый, используется для производства извести, в строительстве, для раскисления почв и т.п.

Значительно более сложной оказалась проблема сокращения и утилизации сточных вод второго типа.

Используемый на большинстве отечественных электростанций ионообменный метод подготовки добавочной воды котлов и тепловых сетей сопровождается потреблением значительного количества химических реагентов и, как следствие, образованием большого объема минерализованных сточных вод, утилизация которых превратилась в самостоятельную и достаточно сложную проблему. Кроме того, согласно приведенным выше данным при создании экологически чистых ТЭС на ВПУ должна максимально использоваться продувочная вода СОО, имеющая повышенную минерализацию. Увеличение минерализации исходной воды приводит к значительном росту расхода реагентов на регенерацию с соответствующим увеличением количества сточных вод и их минерализации. В то же время имеется довольно много сведений о разработке и создании «бессточных» и даже «безотходных» ВПУ на ТЭС.

Предлагается многократное использование регенерационных сточных вод в цикле ВПУ и применение более совершенных технологий ионного обмена.

Эффективным методом снижения расхода реагентов и соответствующего уменьшения сброса сточных вод и минеральных примесей может стать замена традиционного для отечественной практики многоступенчатого проточного химического обессоливания на противоточное. Основное препятствие на пути широкого использования этой технологии — сложность эксплуатации верхней дренажной системы. В отечественных противоточных фильтрах верхняя дренажная система размещается в верхнем наиболее мелком слое ионита, и для предотвращения его расширения при подаче реагента снизу в процессе регенерации сверху подается блокирующий поток воды. Все это усложняет эксплуатацию таких фильтров и уменьшает надежность их работы.

В мировой практике широкое распространение получили мембранные методы обработки исходных и сточных вод с целью снизить негативное воздействие ВПУ на окружающую среду.

В последнее время и в нашей стране возобновились работы по использованию в системах водоподготовки установок обратного осмоса (УОО) и электродиализных установок (ЭДУ).

Обе установки включены перед установками химического обессоливания (ХОУ). Полученные результаты подтвердили высокое качество фильтрата, которое позволяет значительно сократить расход реагентов на его последующее дообессоливание.

Следует отметить, что использование УОО или ЭДУ для частичного обессоливания воды перед ионообменными фильтрами позволяет сократить расход реагентов на регенерацию фильтров и соответственно уменьшить сброс солей в водоисточники.

Использование мембранных технологий для переработки сточных вод ВПУ позволяет в ряде случаев значительно сократить их количество, что подтверждается зарубежным опытом.

Мировой и отечественный опыт показывает, что утилизация минерализованных сточных вод в настоящее время может быть реально осуществлена только путем испарения в испарителях разной конструкции либо путем их естественного упаривания (в регионах с благоприятным климатом) и выделением минеральных компонентов в твердом виде.

Анализ приведенных в данной книге материалов показывает возможность создания бессточных и малоотходных систем технического водоснабжения ТЭС с максимальным использованием отечественных

технологий и оборудования и минимальным негативным воздействием на окружающую среду.

На рис. 13.18 в качестве примера приведена схема бессточного водоснабжения ТЭС, работающей на угле. Зола и шлак из котлов подаются на золоотвал 1. Осветленная вода 2 с золоотвала возвращается в котлы. При необходимости часть этой воды подвергается очистке на установке локальной очистки 3. Образующиеся при этом твердые отходы 4 подаются на золоотвал 1. Частично обезвоженные зола и шлак утилизируются. Возможно также сухое шлакозолоудаление, что упрощает утилизацию золы и шлака.

Дымовые газы 5 котлов проходят очистку в установке десульфуризации газов 6. Образующиеся сточные воды очищаются по технологии с использованием реагентов (извести, полиэлектролитов). Очищенная вода возвращается в систему газоочистки, а образовавшийся гипсовый шлам вывозится на переработку.

Сточные воды 7, образующиеся при химических промывках, консервации оборудования и обмывке конвективных поверхностей нагрева котлов, подаются в соответствующие установки по очистки 8, где обрабатываются с использованием реагентов по одной из описанных ранее технологий. Основная часть очищенной воды 9 используется повторно. Ванадий содержащий шлам 10 вывозится на утилизацию. Осадки 11, образовавшиеся при очистке сточных вод, вместе с частью воды подаются на золоотвал 1 либо складируются в специальных шламонакопителях. В то же время, как показал опыт работы Саранской ТЭЦ-2, при подпитке котлов дистиллятом МИУ эксплуатационная очистка котлов практически не нужна. Следовательно, сточные воды такого типа будут практически, отсутствовать либо их количество будет незначительным. Аналогичным образом утилизируется вода от консервации оборудования, либо применяются методы консервации, не сопровождающиеся образованием сточных вод. Часть этих сточных вод после обезвреживания может равномерно подаваться на ВПУ для обработки совместно с продувочными водами 12 СОО.

Исходная вода непосредственно либо после соответствующей обработки на ВПУ подается в СОО. Необходимость обработки и ее вид зависят от конкретных условий работы ТЭС, в том числе от состава исходной воды, необходимой степени ее упаривания в СОО, типа градирен и др. С целью сократить потери воды в СОО градирни могут быть оборудованы каплеуловителями либо применены полусухие или сухие градирни. Вспомогательное оборудование 13, при охлаждении которого возможно загрязнение оборотной воды нефтепродуктами и маслами, выделено в самостоятельную систему. Вода этой системы подвергается локальной очистке

от нефтепродуктов и масла в узле 14 и охлаждается в теплообменниках 15 водой 16 из основного контура СОО охлаждения конденсаторов турбин. Часть этой воды 17 используется для восполнения потерь в контуре охлаждения вспомогательного оборудования 13. Выделенные в узле 14 масло- и нефтепродукты 18 подаются на сжигание в котлы.

Часть воды 12, подогретой в теплообменниках 15, направляется на ВПУ, а ее избыток 19 — на охлаждение в градирни.

Продувочная вода 12 СОО проходит обработку на ВПУ по технологии, с использованием реагентов. Часть умягченной воды 20 подается на подпитку закрытой теплосети перед подогревателями 21 сетевой воды. При необходимости часть умягченной воды может быть возвращена в СОО. Необходимое количество умягченной воды 22 направляется в МИУ. Сюда же подаются продувки 23 котлов, а также конденсат 24 с мазутного хозяйства непосредственно либо после очистки в узле 25. Выделенные из конденсата нефтепродукты 18 сжигаются в котлах.

Пар 26 первой- ступени МИУ подается на производство и в мазутное хозяйство, а полученный дистиллят 27 поступает на подпитку котлов. Сюда же подается конденсат с производства и конденсат сетевых подогревателей 21 после обработки в конденсатоочистке (КО). Сточные воды 28 КО и блочной обессоливающей установки БОУ используются в ВПУ. Сюда же подается продувочная вода 29 МИУ для приготовления регенерационного раствора по описанной ранее технологии.

Ливневые стоки с территории ТЭС собираются в накопителе ливне стоков 30 и после локальной очистки в узле 31 также подаются в СОО либо на ВПУ. Выделенные из воды нефте- и маслопродукты 18 сжигаются в котлах. В СОО могут также подаваться грунтовые воды без или после соответствующей обработки.

При работе по описанной технологии в значительных количествах будет образовываться известковый и гипсовый шлам.

Перспективны два направления создания бессточных ТЭС:

- разработка и внедрение экономичных и экологически совершенных инновационных технологий подготовки добавочной воды парогенераторов и подпиточной воды теплосети;

- разработка и внедрение инновационных нанотехнологий максимально полной переработки и утилизации образующихся сточных вод с получением и повторным использованием в цикле станции исходных химических реагентов.

На электростанциях нашей страны мембранные технологии водоподготовки на основе электродиализа практически не реализуются,

тогда как выполнено достаточно много работ теоретического плана с хорошим научным уровнем.

За рубежом (особенно в США) в связи с тем, что лицензия на работу электростанции выдается зачастую при условии полной бессточности, схемы водоподготовки и очистки стоков взаимосвязаны и представляют собой комбинацию мембранных методов, ионитного и термического обессоливания. Так, например, технология подготовки воды на электростанции Норт-Лейк (Техас, США) включает в себя две параллельно работающие системы: коагуляция сульфатом железа, многослойная фильтрация, далее обратный осмос, двойной ионный обмен, ионный обмен в смешанном слое или электродиализ, двойной ионный обмен, ионный обмен в смешанном слое.

Подготовка воды на ядерной станции Брайдвуд (Иллинойс, США) представляет собой коагуляцию в присутствии хлорирующего агента, известкового молока и флокулянта, фильтрацию на песчаном или активном угольном фильтрах, ультрафильтрацию, электродиализ, обратный осмос, катионообменный слой, анионообменный слой, смешанный слой.

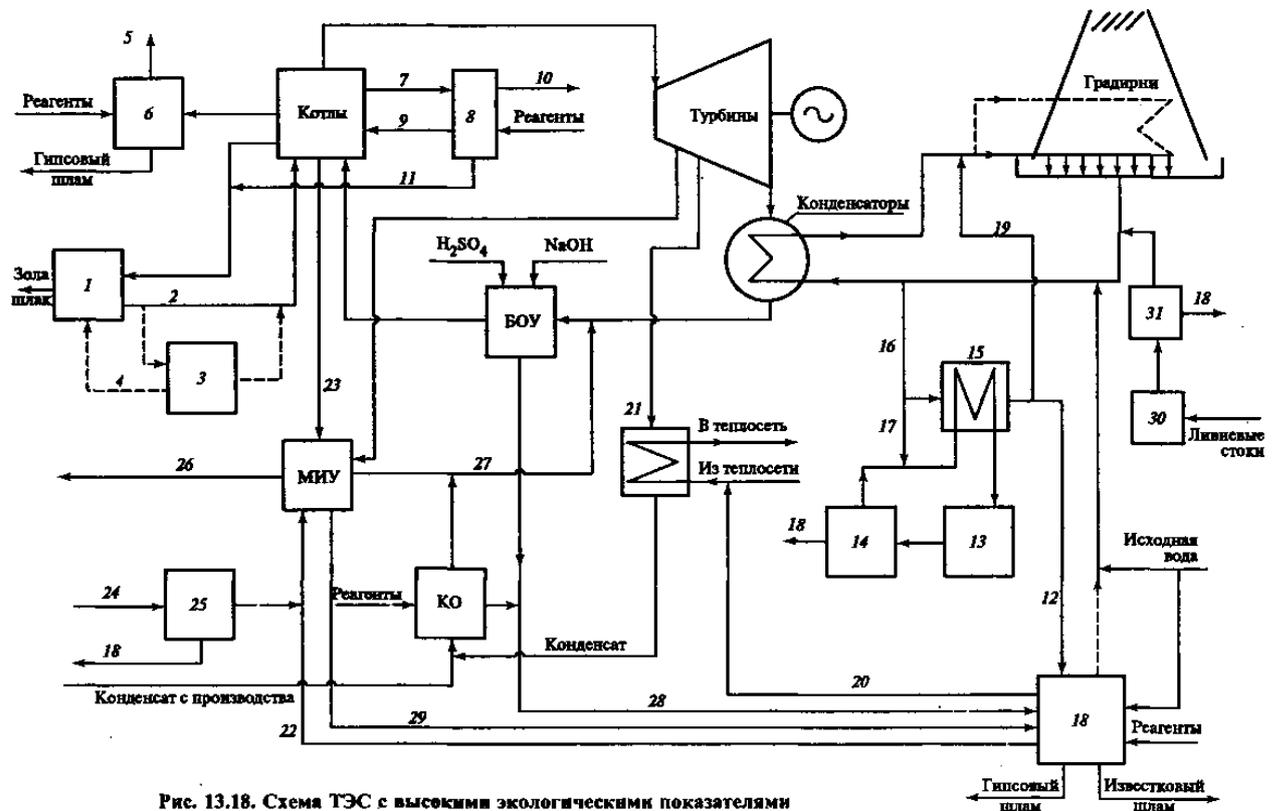


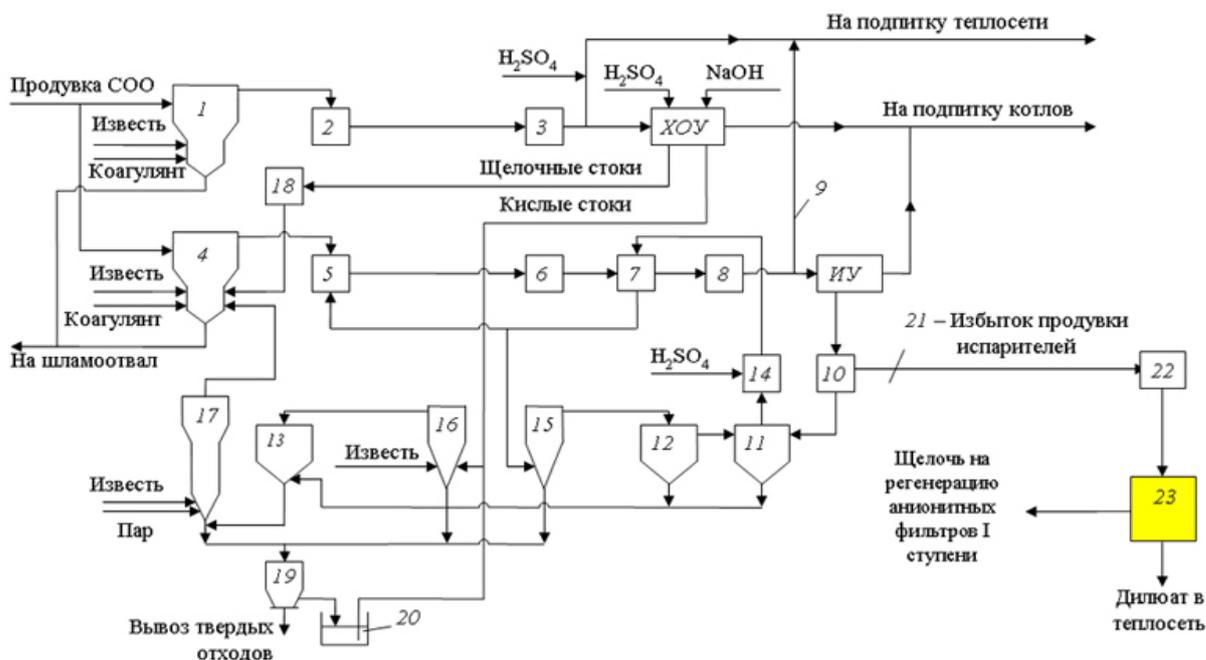
Рис. 13.18. Схема ТЭС с высокими экологическими показателями

На ряде ТЭС США концентрат установки обратного осмоса и рассол электродиализной установки, пройдя механическую очистку, поступают на ЭДУ и ООУ первой ступени, рассол и концентрат которых подается на

испарительную установку и фильтр-пресс для получения солей и утилизации их в твердом виде.

Анализ технологий, реализуемых для переработки высокоминерализованных сточных вод на отечественных электростанциях, позволяет утверждать, что полная утилизация осуществима только путем испарения в различных типах испарительных установок. При этом получают в качестве продуктов, пригодных к дальнейшей реализации – шлам осветлителей (в основном – карбонат кальция), шлам на гипсовой основе (в основном – двухводный сульфат кальция), хлорид натрия, сульфат натрия.

На Казанской ТЭЦ-3 создан замкнутый цикл водопотребления путем комплексной переработки высокоминерализованных сточных вод термообессоливающего комплекса с получением регенерационного раствора и гипса в виде товарного продукта. Работа выполнена специалистами Московского энергетического института (ТУ), ОАО «ВНИПИЭнергопром», автоматизированная система управления разработана ЗАО «Энергосистематехника-2000». При работе по этой схеме образуется избыточное количество продувочной воды испарительной установки в объеме около 1 м³/ч. Продувка представляет собой концентрированный раствор, в котором в основном содержатся катионы натрия и сульфат-ионы.



Технология переработки стоков термообессоливающего комплекса Казанской ТЭЦ-3. 1, 4 – осветлители; 2, 5 – баки осветленной воды; 3, 6 – механические фильтры; 7 – натрий-катионитовые фильтры; 8 – бак

химочищенной воды; 9 – химочищенная вода на подпитку теплосети; 10 – бак концентрата испарительной установки; 11 – бак-реактор; 12, 13 – баки различного назначения; 14 – бак осветленного раствора для регенерации (после подкисления и фильтрации) натрий-катионитовых фильтров; 15 – кристаллизатор; 16 – кристаллизатор-нейтрализатор; 17 – термохимический умягчитель; 19 – бункер; 20 – приямок; 21 – избыток продувки испарителя; 22 – фильтр с активным угольной загрузкой; 23 – электромембранная установка (ЭМУ)

Разработана инновационная нанотехнология переработки избытка продувочной воды термообессоливающего комплекса на базе электромембранной установки с получением щелочи и умягченной воды. Сущность электромембранного метода заключается в направленном переносе диссоциированных ионов (растворенных в воде солей) под влиянием электрического поля через селективно проницаемые ионообменные мембраны.

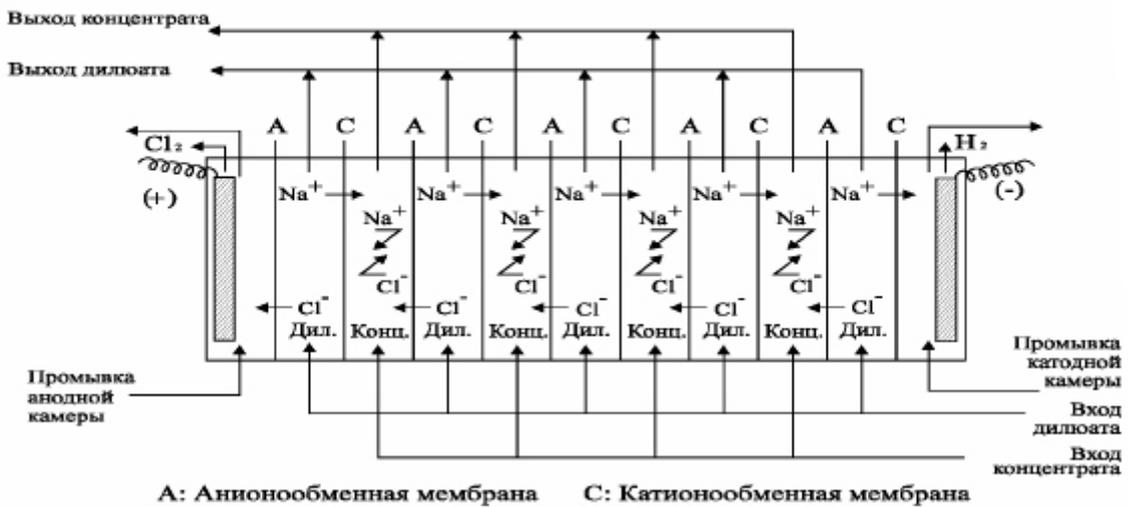


Слева: монтаж кристалл-нейтрализаторов, справа: здание кристалл-нейтрализаторов



Состав продувочной воды испарителей

Принцип электродиализа



Устройство и принцип работы электромембранного аппарата

Наиболее целесообразным с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат являлась, необходимость ограничиться получением щелочного и солевого растворов на двухстадийной электромембранной установке.

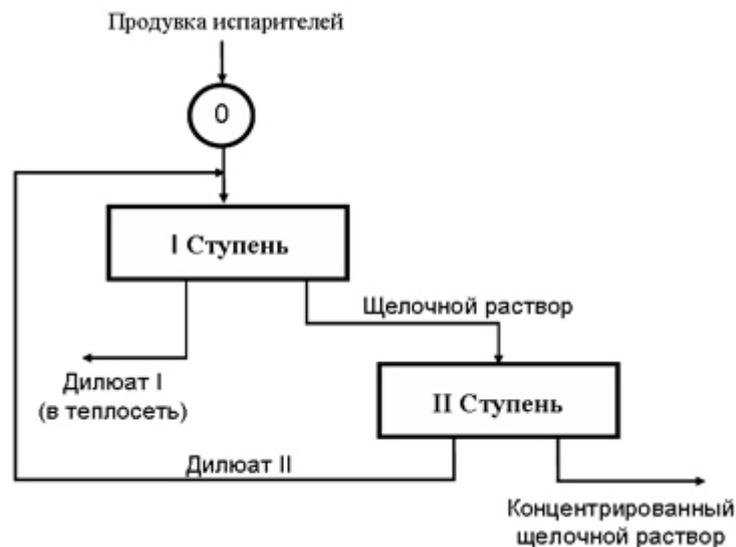


Схема утилизации продувки с получением чистой концентрированной щелочи и солевого раствора

В аппарате применяются два вида мембран: селективно проницаемые для катионов - катионитовые мембраны, и селективно проницаемые для анионов - анионитовые мембраны. Электромембранная установка включает в себя аппарат ЭМА для отделения щелочи и аппарат ЭМАК для ее концентрирования. Многокамерные двухтрактные аппараты ЭМА-120/2 и

ЭМАК-120 имеют две изолированные друг от друга группы камер - тракт обессоливаемого раствора (диализатный) и тракт концентрирования (рассольный). По тракту обессоливания аппарата ЭМА-120/2 подается в циклическом режиме предварительно очищенный через блок механической фильтрации рабочий раствор, содержащий в том числе щелочь, подлежащую выделению. По тракту концентрирования - подается вода. В результате процесса при подборе определенных технологических режимов щелочь и частично другие солевые примеси выделяются из перерабатываемого рабочего раствора и переходят в тракт концентрирования. Полученный раствор после этого подвергается дополнительному концентрированию на аппарате ЭМАК-120. Продувочная вода испарительной установки содержит большое количество малорастворимых примесей – соединения железа, меди, кремния, поэтому первая стадия обработки продувки включает предварительную очистку воды на фильтре-органопоглотителе.



Слева: внешний вид блока электромембранных аппаратов, справа: контрольно-измерительные приборы в сборе на раме-стойке



Слева: фильтрующий блок, по центру: насосы рециркуляции (гидравлический блок), справа: узел рециркуляции рабочих растворов

Установка работает в циркуляционном режиме. Контролируется давление на входе и выходе из ЭМА, расход растворов по каждому тракту, напряжение и сила тока в ЭМА. Для контроля за эффективностью и степенью завершенности процесса предусмотрен отбор проб растворов на химический анализ. Растворы в ходе циркуляции очищаются от механических примесей фильтрацией через патронные фильтры. Фильтры устанавливаются на выходе из емкостей перед циркулирующими насосами и крепятся к рамной стойке. Фильтрующий элемент – патрон с гофрированным полипропиленовым нетканым материалом с диаметром пор 2-25 мкм. На аппаратах ЭМА установлены катионо- и анионообменные мембраны Ralex, которые относятся к ионообменным гетерогенным мембранам и отличаются довольно хорошими механическими и электрохимическими свойствами. Технические данные ионообменных мембран Ralex представлены в таблице. Конструктивно электромембранный аппарат представляет собой пакет, набираемый последовательным чередованием ионообменных мембран межмембранных прокладок с сепараторами-турбулизаторами потока.

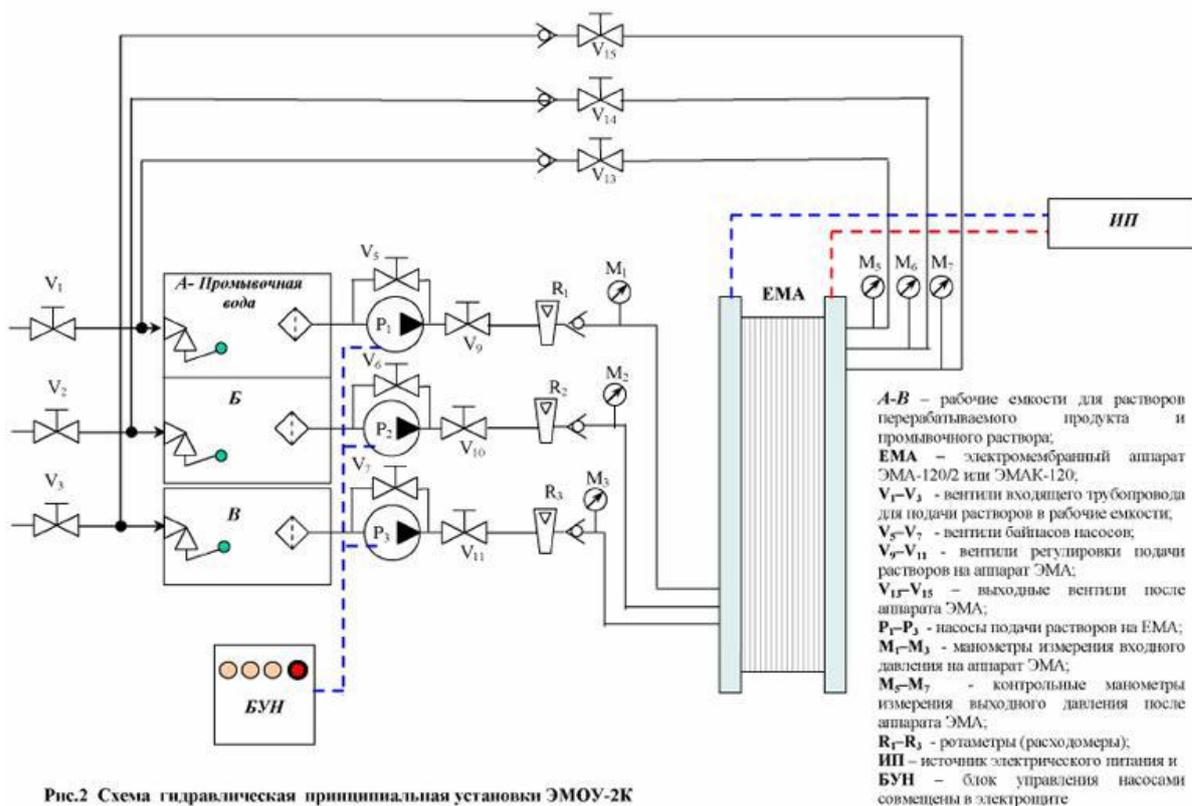


Рис.2 Схема гидравлическая принципиальная установки ЭМОУ-2К

Гидравлическая схема включения аппаратов ЭМА Электромембранные аппараты: слева - ЭМА-120/2, справа - ЭМАК-120

Каждая мембранная прокладка с двумя соседними – верхней и нижней мембранами образуют камеру. Крайние камеры пакета, расположенные непосредственно у электродов, называются электродными. Образующаяся

щелочь имеет высокую чистоту и используется в цикле станции для регенерации анионитных фильтров I ступени. Обессоленная вода подается на подпитку теплосети. Применение электромембранной установки, кроме получения щелочи, позволяет значительно сократить годовой объем сбросных вод, а сточные воды термообессоливающего комплекса при реализации данной технологии совместно с технологией получения гипса и регенерационных растворов полностью исключаются. Таким образом, накопленный в нашей стране опыт обработки дымовых газов, вод и осадков разного типа позволяет создать бессточные и малоотходные ТЭС и сократить за счет этого как потребление свежей воды, так и негативное влияние ТЭС на окружающую среду.

Во всем мире не ослабевает интерес к созданию экологически безопасных ТЭС. Разрабатываются новые технологии очистки дымовых газов и сточных вод, переработки образующихся осадков.