

УДК 628.31

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ТЭС

Салькевич Я.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Чиж В.А.

Запуск и эксплуатация ТЭС связаны с использованием в различных циклах огромного количества воды. В общем случае расход воды на тепловых станциях зависит от: типа электрической станции, параметров пара, типа сжигаемого горючего топлива, области размещения и др. Например, для конденсационной электростанции, которая работает на органическом топливе, суммарной выпускаемой мощностью 1 млн. кВт полное потребление воды находится в диапазоне 0,85–0,95 км<sup>3</sup> в год [3]. При этом большая часть воды (это где-то около 90%) расходуется на конденсацию отработавшего пара в конденсаторах турбин. Остальная вода используется для восполнения суммарных потерь цикла, подпитки тепловой сети, системы удаления золы и шлама, а также для промывки оборудования и регенерации.

Сточной водой можно назвать любой поток воды, который выводится из цикла электрической станции. Высокая стоимость подготовки свежей воды до требуемого качества, а также размеры штрафов за сброс сточных вод вынуждают инженеров во всем мире создавать качественные оборотные системы водоснабжения, основной задачей которых является очистка сточных вод и повторное их использование на станции.

К сточным, или как их еще называют сбросным, водам также относятся сбросные воды систем гидрозолоулавливания (ГЗУ), отходы от водоподготовительных установок (ВПУ), воды, в состав которых входят нефтепродукты, воды после отмывочных и консервационных работ, а также ливневые стоки.

Химический состав каждого из этих стоков различен и зависит от типа ТЭС, установленного на станции оборудования, мощности ТЭС, начального состава исходной воды, выбранного способа водоподготовки, вида используемого горючего топлива, а также от уровня эксплуатации. И принимая во внимание все перечисленные факторы, разработаны соответствующие способы очистки сточных вод.

### *Сточные воды систем охлаждения*

Сточные воды систем охлаждения – это воды, используемые в конденсаторах турбин и в другом теплообменном оборудовании, где они только нагреваются, не подвергаясь при этом механическому или химическому загрязнению. Однако тепловое загрязнение представляет особую опасность для водоемов и их жителей. В связи с этим сброс нагретой на электростанции воды должен осуществляться в соответствии с нормативными документами, который разрешается только в том случае, если среднемесячная температура воды после сброса в створе водоема летом не превысит естественную на 3–5°C.

В качестве средств снижения температуры сточных вод систем охлаждения наиболее широкое применение получили пруды-охладители, брызгальные бассейны и градирни различных конструкций.

### *Сточные воды систем ГЗУ*

Образованные при сжигании топлива шлаки и уловленная зола удаляются на золоотвалы системой гидрозолоудаления [2]. Наиболее широко распространены оборотные системы ГЗУ, которые имеют продувку с целью поддержания солевого баланса и, как следствие, минимизации образования отложений.

Воды продувки системы ГЗУ считаются одними из самых токсичных стоков, поэтому оборотные системы всех ТЭС (планируемые, строящиеся и реконструируемые) должны быть спроектированы бессточными. Наиболее широко для уменьшения вредного влияния продувочных вод используется известь. В процессе обработки образуются малорастворимые соединения, которые содержат мышьяк, фтор, хром, выпадающие в осадок. Однако применение лишь одной ступени очистки – извести, не всегда может очистить воду до нужных показателей ПДК. Поэтому для более глубокой степени очистки дополнительно вводятся другие реагенты (соли железа, магния, алюминия и др.) или же производится доочистка с помощью сорбционных методов.

### **Регенерационные воды от водоподготовительных установок**

Подготовка воды на ВПУ проходит в два этапа: предочистка и полное обессоливание. Поэтому сточные воды, образованные в процессе работы ВПУ, делятся на два потока:

- 1) воды, получающиеся при коагуляции и известковании, в которых находится большое количество взвешенных веществ;
- 2) воды повышенной минерализации.

Сточные воды после первой ступени очистки имеют в своем составе органику, ГДП, соли алюминия и железа, а также карбонат кальция, гидроксид магния и несработавший реагент. Для эффективной утилизации сточных вод от системы водоподготовки на ТЭС сооружают шламоуплотнительные станции, в которых полученный шлам обезвоживается, а выделенная в отдельную фракцию вода возвращается в цикл. Воды с повышенным содержанием солей (минерализацией) отправляют в систему ГЗУ для удаления золы и шлака, или на умягчение с последующим возвратом на ВПУ, или на выпаривание.

В будущем эффективным методом по уменьшению расхода необходимых реагентов и минимизации сточных вод, которые образуются в процессе подготовки воды исключительного качества, может стать замена традиционного прямотока на противоточное обессоливание. Однако применение самых лучших и совершенных ионообменных систем, не исключает образование сточных вод. В связи с этим ведутся многочисленные разработки по совершенствованию различных методов обработки и утилизации сточных вод.

Мировой опыт показывает, что добиться полной утилизации сточных вод сейчас возможно только с использованием испарителей с выделением солей в твердом виде.

### **Сточные воды, загрязненные нефтепродуктами**

Загрязнение воды нефтепродуктами на ТЭС происходит в процессе: эксплуатации и ремонта различного оборудования мазутного хозяйства; утечек из маслосистем турбин, электрических генераторов и возбуждателей; аварийного разлива мазута и масла; дренирования полов маслонасосной; утечек из систем охлаждения подшипников насосов, дымососов, вентиляторов и др., а также от гаражей и мест мойки автотранспорта.

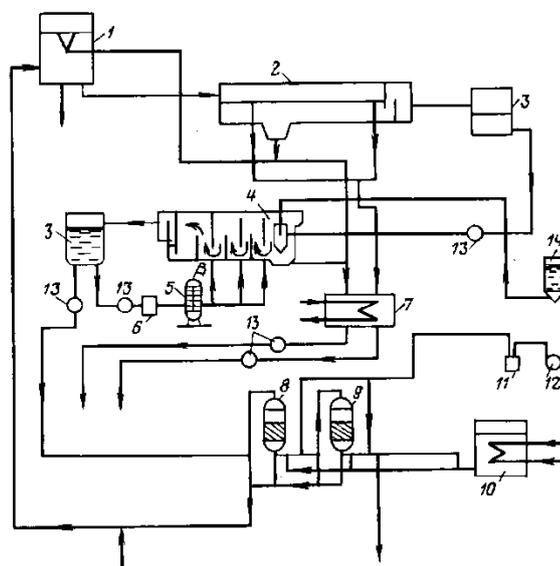


Рисунок 1. Технологическая схема по очистке сточных вод, которые содержат нефтепродукты: 1 – бак-приемник; 2 – нефтеловушка; 3 – промежуточные баки; 4 – флотатор; 5 – напорная емкость; 6 – эжектор; 7 – бак приема мазута; 8 – механический фильтр; 9 – фильтр, загруженный углем; 10 – бак промывочной воды; 11 – ресивер; 12 – компрессор; 13 – насосы; 14 – раствор коагулянта

Очистка нефтезагрязненных вод является исключительно важной задачей из-за воздействия нефтепродуктов на окружающую среду. Поэтому способы очистки этих вод постоянно подвергаются модернизации. Так на современных ТЭС, помимо использования консервативных систем (рисунок 1), состоящих из нефтеловушек, механических фильтров и фильтров, загруженных активированным углем, также получили применение альтернативные фильтры [4].

Одним из таких способов модернизации системы очистки сточных вод является применение шлама ХВО на последней ступени очистки, что позволит снизить затраты на очистку сточных вод. При этом шлам в этой схеме регенерации подвергать не будут, а совместно сжигать с вспомогательным топливом, что значительно упрощает утилизацию. Данный эксперимент был проведен и сейчас успешно реализуется на Краснодарской ТЭЦ-2.

#### Обмывочные воды

При сжигании на электростанциях различного типа топлива: мазутов и твердого топлива, зола разнообразного состава оседает в системе регенеративных воздухоподогревателей и на стенках газохода. Обмывочные воды этих поверхностей после использования имеют относительно высокую кислотность и содержание токсичных веществ находится выше нормы (V, Ni, Cu и др.). Чаще всего для нейтрализации и обезвреживания обмывочных вод

используется метод двухстадийной нейтрализации: на первой стадии производится обработка едким натром, до значения  $pH=4,5\dots5$ , а на второй – известью ( $pH=9,5\dots10$ ). Очищенная таким образом вода повторно используется для отмывки.

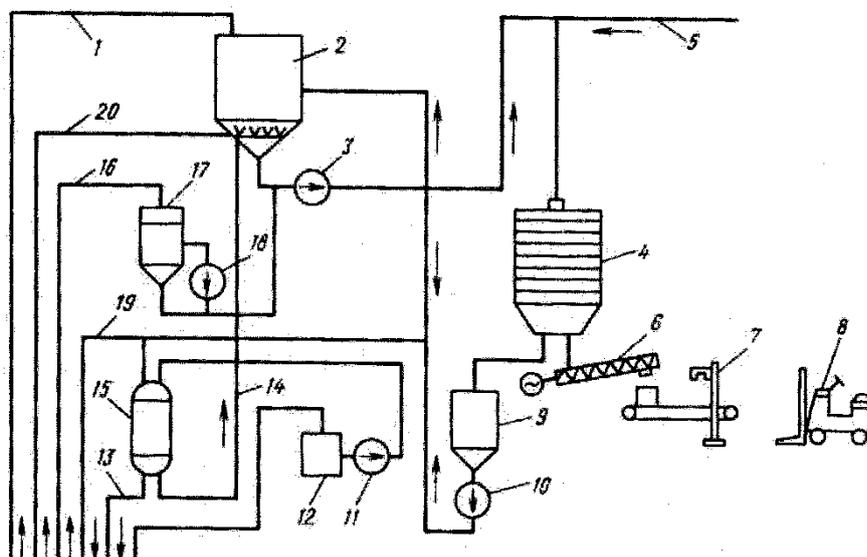


Рисунок 2. Схема установки обезвреживания и нейтрализации обмывочных вод: 1 – обмывочная вода; 2 – бак-нейтрализатор; 3 – насос; 4 – фильтр-пресс; 5 – техническая промывочная вода; 6 – шнековый транспортер; 7 – машина для зашивания мешков; 8 – погрузчик; 9 – бак-сборник; 10 – насос фильтрата; 11 – насос раствора соли; 12 – бак-мерник раствора соли; 13 – фильтр; 14 – регенерационный раствор; 15 – катионитный фильтр; 16 – известковое молоко; 17 – мешалка; 18 – насос; 19 – осветленная вода; 20 – сжатый воздух

### Сточные воды химических промывок и консервации оборудования

Выбор вида технологии для проведения промывки и химический состав необходимых реагентов исключительно зависят от отложений (состав, вид), которые подвергаются удалению, а также от типа очищаемого оборудования. Химпромывка оборудования производится в несколько этапов: предварительная промывка водой, обезжиривание щелочью, сама промывка необходимым раствором и проведение в конце пассивации.

Для химической промывки применяются реагенты различного состава: ингибированная соляная кислота, серная кислота с гидразином, комплексоны и др., при этом для промывок запрещено применение реагентов, норма ПДК для которых не установлена, а также которые не могут быть обезврежены.

В целях снижения объема таких сточных вод целесообразным является предусмотрение использования консервации, основанной на сухих способах, обработки теплообменных поверхностей комплексонами, регенерации дорогих химических растворов, используемых для промывки, и консервации оборудования контактными ингибиторами коррозии. При этом наилучшим способом снижения количества промывок является обеспечение ТЭС подпиточной водой исключительного качества.

Для снижения негативного влияния промывочных вод производится выделение и последующее окисление токсичных веществ. После отделения шламов очищенная вода используется повторно для промывки оборудования.

### **Поверхностные ливневые и талые воды**

Вид и состав загрязнителей поверхностного стока электростанции зависит от погодных условий (интенсивность и продолжительность дождей, объемы выпавшего снега и тип его уборки), а также озеленения и благоустройства территории. К главным загрязнителям этого типа сточных вод можно отнести нефтепродукты и взвешенные вещества.

Поэтому для каждой ТЭС разработаны собственные алгоритмы расчета объема поверхностных вод, которые находятся в прямой зависимости от области нахождения станции и площади, занимаемой станцией. В процессе расчетов к данным сточным водам добавляют ливневки (воды от поливомоечных мероприятий, мойки дорожных покрытий).

С целью сокращения уровня загрязнения почв и подземных вод на тепловых электрических станциях сконструированы локальные сооружения по очистке сточных вод. Вторым методом является сбор сточных вод в специально созданные емкости с последующей очисткой на отстойниках и фильтрах, которые в качестве фильтрующего материала имеют антрацит или активированный уголь.

Незагрязненные дождевые и талые воды могут применяться для собственных нужд: подпитка оборотных систем водоснабжения, водоподготовки и т.д.

### **Безреагентные методы очистки сточных вод**

В мировой практике каждый год мембранные методы, используемые в качестве предочистки и ступени основного обессоливания воды, удерживают крепкие позиции в системах водоподготовки. Основным их достоинством считается снижение негативного воздействия ВПУ на природу и окружающую среду.

На современных электрических станциях в системах водоподготовки на основе мембранных технологий введены в эксплуатацию установки обратного осмоса (УОО) и электродиализные установки (ЭДУ). Получаемые результаты относительно чистоты подготавливаемой воды установили высокое качество фильтрата, что в будущем позволит значительно снизить расходы химических реагентов. Использование такой схемы позволяет свести к нулю объем сточных вод.

За рубежом выдвинуты жесткие требования к электростанциям относительно сточных вод: лицензия для работы электростанции выдается при условии отсутствия сточных вод. Поэтому системы водоподготовки связаны с системой очистки сбросных вод с совместным использованием мембранных технологий, ионного обмена и термического обессоливания. Например, подготовки воды на электростанции Норт-Лейк (Техас, США) состоит из двух параллельно работающих систем, которые состоят из последовательно соединенного оборудования для коагуляции сульфатом железа, многослойной фильтрации, УОО, двойного ионного обмена, ФСД или электродиализа [3].

В Российской Федерации на Казанской ТЭЦ-3 была создана такая система водопользования (рисунок 3), вследствие чего происходит очистка высокоминерализованных сточных вод, выделяется исходный регенерационный раствор. В итоге данную систему можно считать замкнутой. Однако работа такой системы подразумевает образование высокоминерализованной продувочной воды из испарительной установки, которая также требует утилизации.

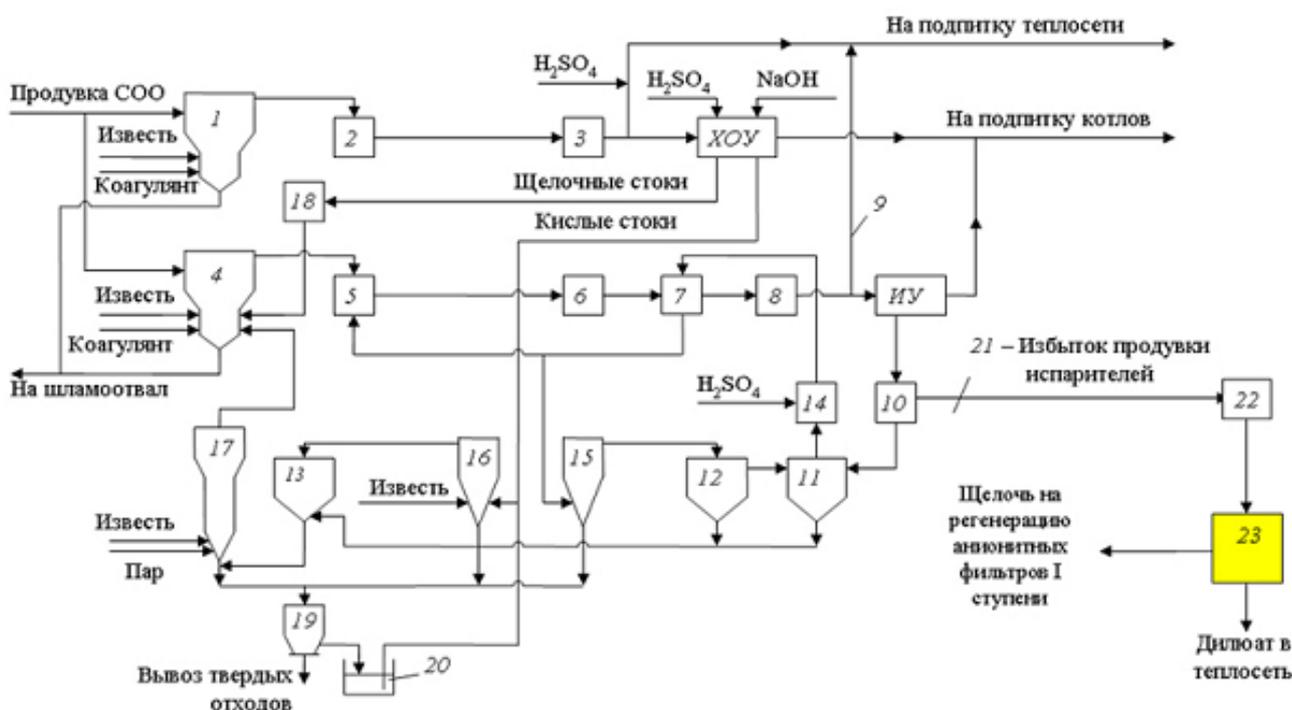


Рисунок 3. Система очистки стоков термообессоливающего комплекса Казанской ТЭЦ-3: 1, 4 – осветлители; 2, 5 – баки осветленной воды; 3, 6 – механические фильтры; 7 – катионитовые фильтры; 8 – бак химочищенной воды; 9 – вода на подпитку теплосети; 10 – бак концентрата испарителя; 11 – бак-реактор; 12, 13 – баки; 14 – бак осветленного раствора для регенерации 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 [3]

Также к числу безреагентных методов очистки воды последнее время относят обработку воды на установках, работающих на электромагнитных фильтрах, которые в России и за рубежом начали использоваться еще в середине прошлого века, но широкого применения не получили из-за сложности эксплуатации фильтров. Однако после появлением установок, принцип действия которых основывался на работе на постоянных магнитных полях, интерес к этим установкам возрос.

#### Комплексная очистка сточных вод

В данное время несколько российских [1] (ПЛАНА) и европейских [5] (Hager+Elsasser) компаний занимается конструированием и изготовлением водоочистных комплексов различного назначения, в том числе и для энергетики. Комплексы российской компании ПЛАНА поставляются в виде блок-модулей максимальной заводской готовности, предназначенных для

очистки сточных вод, образованных в процессе работы станции. Немецкая компания Hager+Elsasser выпускает современные блоки FLOCOPAC для флокуляции и осаждения сточных вод, систему BIOFIT.F для трехэтапной биологической очистки, и при этом разрабатывает целые проекты, которые придерживаются концепции нулевых сбросов.

В настоящее время, как и в будущем основными путями развития технологий по очистке сточных вод ТЭС являются:

- 1) конструирование и введение в эксплуатацию совершенно новых, то есть инновационных технологий для подготовки добавочной воды;
- 2) конструирование и использование в процессе работы нанотехнологий, которые смогут обеспечить максимально возможную, а в идеальном варианте полную переработку образующихся сточных вод, при этом будут выделяться для повторного использования исходные химические реагенты.

#### Литература

1. ПЛАНА – водоочистные сооружения под ключ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://planagroup.ru/>. – Дата доступа: 26.02.2019.
2. Беспалов, В.И. Природоохранные технологии на ТЭС: учебное пособие / В.И. Беспалов, С.У. Беспалова, М.А. Вагнер. – Томск: ТПУ, 2010. – 240 с.
3. Энерго- и ресурсосберегающие технологии и аппараты очистки жидкостей в нефтехимии и энергетике / А.Г. Лаптев [и др.]; под ред. А.Г. Лаптева. – Казань: Отечество, 2010. – 410 с.
4. Bi-tec – очистные сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bi-tec.ru/>. – Дата доступа: 26.02.2019.
5. HAGER+ELSASSER – Abwasserreinigung [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.he-rus.ru/>. – Дата доступа: 26.02.2019.