

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ И ХИМВОДООЧИСТКЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

М.Е. Чириков, студент

А.С. Гусаров, старший преподаватель

Омский государственный университет путей сообщения
(Россия, г. Омск)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-1-2-118-123

Аннотация. В статье рассматривается улучшение системы технологической циркуляции охлаждающей воды и пара ТЭС, путем применения различных очистных технологий, этим достигается снижение количества циркуляционной воды станции. Сточные воды очищаются путем разделения потоков по содержанию в них вредных загрязняющих веществ. Часть сточных вод может направляться напрямую в канализацию, если в этих водах не содержится большого количества вредных веществ, часть направляется в специальные установки – обратного осмоса, отпарные колонны, селективного ионообмена и др. Распределение потоков, установка требуемых концентраций веществ в воде, диспетчеризации работы и надежная и бесперебойная работа всей системы – возможны благодаря внедрению современных систем автоматизации, программируемых логических контроллеров, регулирующей арматуры и соответствующих датчиков.

Ключевые слова: химводоочистка, сточные воды, обратный осмос, теплоэлектростанция, градирня.

Качество технической воды теплоэлектростанции имеет большое значение, поэтому всегда актуально улучшать системы химводоочистки технологической воды. Какой бы ни была принятая система очистки, она сопровождается образованием различного количества осадков и шлама, которые необходимо утилизировать. Также операторы водоочистительных установок сталкиваются с постоянной работой, по слежению за параметрами очищенной воды и поддержанием работы самих установок в определенном режиме. Работа установок цеха водоподготовки и химводоочистки часто не автоматизирована. Операторы вынуждены вручную открывать задвижки, а отбор воды производится также без автоматизации.

Рассмотрим тепловую электростанцию, работающую на угле, с испарительными градирнями. Необходимая подпиточная вода системы охлаждения для тепловых электростанций может быть получена из поверхностных вод, имеющих в непосредственной близости от станции, или из систем «водоканала» города и должна подвергаться механической и химической

обработке, чтобы она соответствовала эксплуатационным требованиям станции, а также соответствовала существующим нормам в отношении уровня загрязнения сбросов сточных вод.

Необходимая для работы установки сырая вода хранится в резервуарах и перед использованием пропускается через станцию обезуглероживания. Система охлаждения воды электростанции снабжается подпиточной водой непосредственно со станции обезуглероживания. Часть потока обезуглероженной воды перекачивается на станцию полной деминерализации и после прохождения через фильтры с гравием, катионами, анионами и смешанным слоем служит в качестве подпиточной воды для паровых систем электростанции. Электростанция также включает в себя устройство, которое собирает и опресняет непригодный для использования конденсат из различных установок. Опресненный конденсат и подпиточная вода со станции деминерализации обеспечивают питательную воду для резервуаров для хранения конденсата электростанции.

Для электростанций можно выделить различные потоки сточных вод, которые образуются в разных элементах схемы станции, соответственно необходимо отводить следующие потоки сточных вод с различным загрязнением:

1) вода, образующаяся в результате продувки системы охлаждения, с высоким содержанием соли, а иногда и со свободным хлором и взвешенными веществами;

2) регенерационная вода, полученная в результате полной деминерализации и очистки конденсата, с высоким содержанием соли и избытком кислот или щелочей;

3) сточные воды при очистке дымовых газов с высоким содержанием солей и высокой концентрацией твердых частиц;

4) сточные воды или осадок из системы очистки подпиточной воды для системы циркуляции градирни. В случае использования ионного обмена эти сточные воды имеют высокое содержание солей и избыток кислот.

5) Фильтры предварительной очистки для подпиточной воды, с возможным содержанием взвешенных веществ

б) сточные воды из системы золошлакоудаления с относительно высоким содержанием солей и взвешенных веществ.

Образуется также химически загрязненная вода кислотой или щелочью в результате испытаний парогенератора под давлением, процедур очистки и т.д. Однако по сравнению с количеством сточных вод из вышеперечисленных источников

количество периодически возникающих сточных вод достаточно мало.

Мероприятия, которые могут проводиться:

- при наличии избытка кислоты или щелочи нейтрализацию проводят в резервуарах для хранения и нейтрализации соответствующего размера, и нейтрализованная вода сливается без удаления из нее фильтруемых веществ, образующихся в результате нейтрализации.

- если сточные воды содержат осаждаемые вещества, допускается осаждение в подходящих отстойниках, чистая вода сливается, а осажденный осадок удаляется.

- если сточные воды имеют высокое содержание соли, но не содержат избытка кислот, щелочей или осадка, они направляются в сточные воды.

- следует уменьшать количество аммония в сточных водах, перед сбросом в сточные воды.

Наибольший единичный вклад в общий объем сточных вод, сбрасываемых с электростанции, будет составлять продувочная вода из системы циркуляции градирни. Эта продувочная вода обычно будет иметь высокое общее содержание солей, включая высокую концентрацию хлоридов и сульфатов.

Вариант возможного осуществления схемы циркуляции воды на ТЭЦ с целью сокращения объемов её использования и сбрасывания в сточную канализацию показан на рисунке 1.

высоким и может достигать значения до 10 000 г/т или более. Соответственно, целесообразно использовать мембраны, которые имеют удержание соли 99% в осмотическом блоке 10. Установка 10 обратного осмоса работает с выпуском пермеата около 40%, и концентрат "п", выпускаемый из установки 10, будет подаваться в испаритель 11. Источником тепла для испарителя 11 является пар "с" из турбины 2. В испаритель 11, способом, который будет описан ниже, также подаются другие потоки сточных вод. Испаритель 11 будет получать из пара "с" нагретый конденсат "д" с низким содержанием соли. Этот нагретый конденсат "д" подается в теплообменник 8, в котором он охлаждаясь нагревает смесь, содержащую продувочную воду "б" системы градирни и концентрат "а" из осмотической установки 7.

Выход пермеата из установки 9 обратного осмоса значительно улучшается за счет нагрева за счет использования теплообменника 8. Теплообменник 8 также может быть использован для нагрева пермеата блока 10, который подает его в блок 13 обработки питательной воды для парогенератора. Пермеат из блока 10 обратного осмоса смешивается с охлажденным конденсатом "д" из испарителя 11 после его прохождения через теплообменник 8, и вся или часть этой смеси подается в блок 13 обработки питательной воды для парогенератора 1 электростанции.

Смесь сточных вод, образующаяся в результате нескольких потоков поступления в испаритель 11. Соответственно, концентрат "е" из испарителя 11 может иметь концентрацию соли в диапазоне от 15 до 20%. Этот концентрат может быть доставлен на установку 12 для сушки, в результате чего высококонцентрированный солевой раствор преобразуется в форму, пригодную для утилизации. В этом случае часть пара "с" из турбины 2 будет использоваться в качестве источника тепла для установки 12.

Особенно примечательно, что смесь пермеата из установки обратного осмоса 10 и конденсата "д" из испарителя 11 имеет очень низкое содержание солей. Соответственно, эта смесь может быть исполь-

зована в качестве питательной воды для парогенератора без дорогостоящих методов деминерализации.

Сточные воды образуются в результате работы установки блока 13 очистки питательной воды для парогенератора. Этот регенерат сточных вод "о" содержит, в зависимости от конструкции очистной установки, избыток кислот или щелочей и, при щелочном режиме работы электростанции, большое количество аммиака и гидразина. Сточные воды, то есть регенерат "о", обрабатывают хлором в щелочной среде, имеющей значение рН 10, и гидразин окисляют до азота. Осуществление контроля над хлором, добавляемым в сточные воды из установки 13 очистки питательной воды, достигается путем измерения окислительно-восстановительного потенциала в очистном бассейне установки 14 детоксикации. Впоследствии рН очищенной сточной воды корректируют до значения 11-12 добавлением содового щелока, и затем сточные воды подают в систему 15 концентрирования аммония. Система 15 концентрирования аммония может представлять собой отпарную колонну или колонны, в которых сточные воды обрабатываются отработанным паром "с" из турбины 2. Аммоний, присутствующий в сточных водах, будет испаряться в системе концентрирования 15. Благодаря использованию многоступенчатой абсорбции аммиака с увеличением числа стадий может быть получен концентрированный раствор, и этот концентрированный раствор аммиака может быть подан обратно в установку 13 для обработки питательной воды парогенератора для кондиционирования питательной воды при работе в «щелочных условиях».

Регенерат "о" из установки 13 очистки питательной воды, в дополнение к аммиаку и гидразину, будет содержать тяжелые металлы, такие как медь, никель и хром. Эти тяжелые металлы осаждаются в виде гидроксидов во время нейтрализации сточных вод и могут вместе с другими присутствующими взвешенными твердыми веществами отделяться посредством осаждения и впоследствии удаляться в виде осадка. Если сточные воды "о" в значи-

тельной степени не содержат твердых частиц, тяжелые металлы могут быть удалены из них посредством фильтрации и селективного ионного обмена. Впоследствии металлы могут быть удалены из установки селективного ионообмена в твердом виде посредством электролиза. В любом случае система будет включать в себя этап удаления тяжелых металлов 16. Сточные воды, выходящие со стадии 16, не будут содержать токсичных веществ, но, тем не менее, будут иметь высокое содержание солей. Эти сточные воды могут быть либо доставлены непосредственно в испаритель 11 в качестве одного из потоков подачи сточных вод, либо могут быть пропущены через дополнительный блок 24 обратного осмоса, при этом концентрат "у" из блока 24 осмоса подается в испаритель 11. Если используется установка 24 обратного осмоса, пермеат "т" из нее может быть направлен в установку обработки питательной воды 13 или в качестве подпиточной воды для градирни 3, которая смешивается с пермеатом из установки осмоса 7. Известно что, очень большие количества сульфата кальция осаждаются в очистителях дымовых газов, работающих на угле. Чтобы использовать, а не утилизировать эти большие количества сульфата кальция, можно применить процедуру очистки сульфата кальция от хлоридов, чтобы затем его можно было в виде чистого гипса продавать компаниям по переработке гипса. После процесса осаждения чистая вода из процедуры промывки может быть возвращена в устройство для промывки дымовых газов 4. Таким образом, система извлечения сульфата кальция включает стадию 20 осаждения и стадию 17 обезвоживания, на которой осадок обезвоживают, обычно в центрифуге, и одновременно промывают. Вода для промывки гипса "ж" для стадии 17, как отмечено выше, отбирается с выхода пермеата осмотической установки 7. Пермеат "ж" будет иметь низкое содержание соли и либо почти не содержать её.

Вода для промывки гипса "з", выпускаемая со стадии 17, насыщается сульфатом кальция. Этот взвешенный сульфат кальция отфильтровывается из воды на стадии

18 умягчения, чтобы ее можно было подавать в установку 19 обратного осмоса. Пермеат "и" из осмотического устройства 19 подается обратно на стадию 17 обезвоживания, где он смешивается с промывочной водой "ж" из осмотического устройства 7. Таким образом, вода для промывки гипса рециркулирует. Концентрат "к" из установки 19 обратного осмоса подается вместе с регенерирующей сточной водой "л" со стадии 18 умягчения в качестве дополнительного потока сточной воды в испаритель 11.

Как упоминалось выше, неочищенная вода, т.е. вода без какой-либо предварительной обработки, подается как в газоочиститель 4 дымовых газов, так и в систему 23 золоудаления. Охлаждающая вода "м" для золы, выпускаемая из системы 23, содержит взвешенные вещества и растворимые вещества из золы. Эти растворимые вещества представляют собой в основном неорганические соли. Вода "м" смешивается с водой обратной промывки "н" из блока 13 обработки питательной воды парогенератора. Вода обратной промывки "н" также содержит взвешенные вещества в результате промывки фильтров, расположенных в блоке 13 обработки питательной воды перед секцией опреснения. Объединенные потоки сточных вод "м" и "н" смешиваются с неочищенной водой перед установкой 7 обратного осмоса и впоследствии обрабатываются, как описано выше. Стадия 22 флокуляции и осаждения может быть использована перед установкой осмоса 7, если этого требует состав сырой воды. Если предварительная обработка неочищенной воды не требуется перед осмотическим блоком 7, или если неочищенная вода только фильтруется, объединенные потоки сточных вод "м" и "н" должны быть обработаны в отдельном блоке флокуляции и осаждения 21 перед смешиванием с неочищенной водой, поскольку взвешенные вещества не могут попадать в секцию предварительной очистки осмотической установки 7 [1-2].

Данная система может быть реализована на промышленных программируемых контроллерах (рис. 2) [3].



Рис. 2. Контроллер Segnetics Matrix

Для автоматической работы всей системы требуется более сложная схема с применением клапанов с электроприводами и соответствующих датчиков, но вложения бы могли окупиться из-за снижения часов

работы персонала или экономии ресурсов. В ходе анализа состояния систем водоподготовки омских ТЭЦ было выяснено, что системы работают в исключительно ручном режиме.

Библиографический список

1. Патент US № US4347704A, 1980. Thermal power plant water treatment process // Патент US № US4347704A. 1980. Kurt Marquardt Heinz Ludwig.
2. Малахов И.А., Малахов Г.И. Патент РФ № 2016123987, 12.04.2017. Система подготовки подпиточной воды для контуров котельной или электростанции с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии // Патент России № 2016123987. 2017. Бюл. № 11.
3. Компания ООО "Сегнетикс": официальный сайт. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://segnetics.com/ru/contacts> (дата обращения 25.11.2022).

TO THE QUESTION OF AUTOMATION OF WATER TREATMENT AND CHEMICAL WATER PURIFICATION IN ENERGY

M.E. Chirikov, Student
A.S. Gusarov, Senior Lecturer
Omsk State Transport University
(Russia, Omsk)

Abstract. *The article discusses the improvement of the technological circulation system of cooling water and steam of TPPs, through the use of various treatment technologies, which achieves a decrease in the amount of circulating water of the station. Wastewater is treated by separating flows according to the content of harmful pollutants in them. Part of the wastewater can be sent directly to the sewer if these waters do not contain a large amount of harmful substances, part is sent to special installations - reverse osmosis, stripping columns, selective ion exchange, etc. Distribution of flows, setting the required concentrations of substances in water, dispatching and reliable and uninterrupted operation of the entire system is possible due to the introduction of modern automation systems, programmable logic controllers, control valves and appropriate sensors.*

Keywords: *chemical water treatment, waste water, reverse osmosis, thermal power plant, cooling tower.*