



ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Ключевые слова: водоподготовка, паровой котел, водогрейный котел, коррозия

Водоподготовка при эксплуатации котельного оборудования обеспечивает сокращение потерь тепловой энергии, увеличение ресурса и обеспечение его бесперебойной работы. Таким образом решается задача повышения экономической эффективности котельной, оборудование которой работает длительное время в тяжелых условиях и при относительно низкой квалификации обслуживающего персонала.



Требования и нормы подготовки воды для котельного оборудования стоят в одном ряду с необходимыми эксплуатационными требованиями по правилам устройства электроустановок, норм по питающему напряжению и электромагнитной совместимости электрооборудования, обеспечения функционирования в заданных климатических условиях и т.п.

Основные этапы процесса подготовки воды для котельного оборудования:

- предотвращение отложений на теплопроводящих поверхностях – обеспечивает экономию энергии, материалов и деталей установки;
- предотвращение коррозии по всей системе – дает снижение затрат на ремонт и обслуживание;
- финишная корректировка химического состава котловой и подпиточной воды – максимальная экономичность работы котельного оборудования.

Отложения в котлах и нагревательной системе

В основе процесса образования отложений на поверхностях котельной системы лежат процессы образования карбонатных солей щелочноземельных металлов, образующих основу так называемой «временной жесткости» воды. Ионы кальция и магния взаимодействуют с содержащейся в воде питающего источника двуокисью углерода с образованием нерастворимых солей.

Этот процесс значительно интенсифицируется по мере возрастания температуры. Соли других кислот – сульфаты и т.п., образующие «постоянную жесткость», напротив, при повышении температуры растворяются и могут быть устранены только в дальнейшем, например, путем применения фильтров нанодиапазона или установок обратного осмоса.

Карбонаты (преимущественно карбонат кальция) осаждаются на стенках греющих труб и теплопередающей системы в виде известковых отложений, очень плохо передающих тепло. Здесь же концентрируется и шлам, образующийся из продуктов окисления железа и марганца и механических примесей, проникающих в систему. Для определения концентрации соли в водном растворе возможно применение датчиков проводимости воды, таких как AnaCONT LCK. Это аналитический датчик, который по параметрам электропроводности и значению pH определяет показатели для дозирования реагентов.

Известно, что подавляющая часть теплопередачи – около 80 % – осуществляется через относительно небольшую часть теплопередающей поверхности вблизи зоны пламени котловой горелки. Здесь и образуются наибольшие известковые отложения, затрудняющие теплопередачу и снижающие эффективность работы системы. Отложения толщиной порядка 0,5 мм приводят к снижению КПД потока до 9...10 %. При этом возникает значительный градиент температуры нагрева между различными участками теплопередающей системы, что может приводить к деформациям и даже возникновению трещин и повреждению отдельных деталей.

Появление отложений на стенках труб приводит к уменьшению их рабочего сечения, повышает сопротивление потоку воды, вынуждая повышать нагрузку на насосы системы. Также повышается и уровень шума установки.

Необходимые мероприятия водоподготовки для уменьшения отложений в котельной системе:

1) удаление механических примесей с помощью сетчатых фильтров;

2) удаление железа и марганца с помощью каталитических фильтров;

3) умягчение воды с помощью ионообменных установок;

4) обессоливание воды (при необходимости) на установках обратного осмоса.

Коррозия в котлах и нагревательной системе

Корпуса котельного оборудования, нагревательные элементы и прочие составляющие системы изготавливаются из металлов. Долговечность, неподверженность металлических частей коррозии в значительной мере зависят от кислотности среды и количества растворенного в воде кислорода и двуокиси углерода.

Из опыта проектирования и эксплуатации котельных установок известно, что поддержание показателя кислотности воды на уровне $\text{pH} \geq 8,5$ позволяет значительно снизить коррозию корпусов и труб котельного оборудования, запорной арматуры, циркуляционных насосов, датчиков и т.п. С повышением температуры процесса снижается растворимость в воде свободного кислорода, требования к его содержанию значительно ужесточаются при повышении рабочего давления системы. Для измерения концентрации кислоты, едких (каустических) или солевых веществ в системах рекомендуется применять датчики проводимости/концентрации CombiLyz AFI4/AFI5. Это прибор для кондуктометрического измерения проводимости и концентрации жидких продуктов. Он определяет концентрацию различных кислот, а также солевых и едких каустических составляющих в водной среде.

Необходимые мероприятия водоподготовки для уменьшения коррозии элементов системы котельного оборудования:

1) корректировка значения кислотности воды pH. Рекомендуем проводить с помощью анализатора растворенного в воде кислорода;

2) дозирование в воду замедлителей коррозии (ингибиторов);

3) удаление из воды кислорода посредством добавления средств, связывающих избыточный кислород, либо подвергнув воду дегазации в специальных устройствах.

В каждом конкретном случае проектирования комплекса котельного оборудования важно правильно подобрать систему очистки воды.

Для корректировки и поддержания значений параметров воды, используемой в котельном оборудовании, необходимо непрерывно контролировать следующие величины:

- карбонатную жесткость при различных рН,
- значение рН (кислотно-щелочной баланс),
- содержание растворенного кислорода в воде,
- содержание соединений железа в воде.

Дополнительно для котлов, работающих при больших давлениях и при незначительном возврате конденсата, непрерывно измеряются (обычно один из двух указанных ниже параметров):

- 1) условное солесодержание (в пересчете на NaCl);
- 2) удельная электропроводность при 25 °С.

Состав системы подготовки воды определяется качеством исходной воды, действующими требованиями к воде очищенной и общей производительностью установки. Нормы и требования к очищенной воде зависят от ее назначения и определяются нормативными документами, в частности федеральными «Правилами промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Параметры сетевой горячей воды также устанавливаются и проверяются СанПиН.

Особенности водоподготовки паровых котлов

Системы теплоснабжения с паровым котлом – в инженерном отношении очень сложная система. Испарение воды – процесс безостановочный, и

необходима постоянная подпитка подготовленной водой. Оставшиеся примеси из подпиточной воды постепенно накапливаются в котле и увеличивают в ней уровень отложений. Поэтому необходима регулярная продувка оборудования, которая может сопровождаться приостановкой работы котла и дополнительными расходами топлива. Чтобы снизить частоту продувок, к подпиточной воде предъявляются повышенные требования.

При работе парового котла непрерывно накапливаются солесодержащие вещества вследствие упаривания воды. Так как в паре соли не присутствуют, то все они остаются в котловой воде. Солесодержание может достигнуть критического значения, когда происходят вспенивание воды и резкое снижение качества пара. Но при этом в процессе роста рабочего давления котла значительно снижается величина порогового солесодержания. Поэтому для котлов с высокими рабочими давлениями необходима чрезвычайно тонкая очистка подпиточной воды, и для контроля вводятся два дополнительных параметра:

- 1) электропроводность воды – для оценки общей минерализации воды;
- 2) содержание некоторых видов солей.

В качестве примера приведем таблицу предельных параметров качества подпиточной и котловой воды для паровых котлов по приложению 3 «Правил промышленной безопасности производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

Есть определенные нормативы качества подпиточной воды для котлов с системой естественной и многократной принудительной циркуляции с паропроизводительностью в пределах 0,7 т/час для высоконапорных котлов парогазовых установок.

На входе системы помещается механический фильтр для промывки водной среды обратным током. Фильтр отсеивает механические примеси. Для снижения содержания в воде железа и марганца устанавливается система обезжелезивания. Уровень содержания железа и жесткости воды производится специальным аналитическим прибором.

Дозирующая станция по сигналу водосчетчиков осуществляет подачу окислителя пропорционально величине потока воды. Продукты окисления железа и марганца собираются в осадочном фильтре. Дозирующей станцией могут подаваться реагенты различного назначения: кислородосвязывающие вещества



Предельные параметры качества подпиточной и котловой воды для паровых котлов

| Показатель | Рабочее давление, МПа | | |
|---|-----------------------|-----------|-----------|
| | 4 | 10 | 14 |
| Общая жесткость, мкг-экв/кг | 5 | 3 | 7 |
| Содержание соединений железа (в пересчете на Fe)*, мкг/кг | 50 | 30 | 20 |
| Содержание растворенного кислорода, мкг/кг | 20 | 10 | 10 |
| Значение pH при 25 °С | 9,1 ± 0,2 | 9,1 ± 0,1 | 9,1 ± 0,1 |
| Условное солесодержание (в пересчете на NaCl)**, мкг/кг | Не нормируется | 300 | 200 |
| Удельная электрическая проводимость при 25 °С**, мкСм/см | Не нормируется | 2 | 1,5 |
| Содержание нефтепродуктов, мг/кг | 1,0 | 0,3 | 0,3 |

* Допускается превышение норматива на 50 % при работе на природном газе.
 ** Контролируется один из этих показателей.

с катализаторами, стабилизаторы остаточной жесткости, корректоры pH, поэтому такие устройства используются на разных стадиях процесса водоподготовки.

Для решения проблемы солесодержания котловой воды для установок небольшой производительности или при достаточно больших объемах возвращаемого конденсата вода смягчается методом натрий-катионирования через специальную установку.

Существенным недостатком при этом является появление большого объема экологически вредных отходов, требующих специальных решений на утилизацию, а также дорогих реагентов.

В котельных с высоким рабочим давлением пара и повышенным использованием подпиточной «вспомогательной» воды с высокой степенью очистки и деминерализации применяются установки обратного осмоса, позволяющие получить воду практически любой чистоты.

Такое оборудование применяют в парогазовых энергетических установках, котлах сверхкритического давления и т.п. При этом необходимо наличие вспомогательной безнапорной емкости и питательной насосной станции.

Для получения водной среды с заданными характеристиками используют мембраны с различной пропускной способностью. После установки обратного осмоса производится корректировка параметров воды до необходимых уровней в отношении pH, солесодержания и содержания растворенных газов. Дозированные добавки кислородосвязывающих веществ и ингибиторов коррозии решают ситуацию только в установках относительно небольших размеров и производительности. По мере возрастания рабочего давления котла ужесточаются требования к содержанию в воде растворенного кислорода. В таких случаях применяются установки термической дегазации или деаэрации атмосферного или вакуумного типа. Остаточная

концентрация газов в воде после таких мер практически ничтожна. После окончательной корректировки химсостава и pH воды путем дозирования реагентов процесс водоподготовки для паровых котлов можно считать законченным.

Особенности водоподготовки водогрейных котлов

Для обеспечения большого ресурса и безаварийной работы водогрейных котлов при разработке и проектировании котельного оборудования, кроме технических характеристик оборудования, необходимо также иметь отчетливое представление о следующих параметрах воды источника питания котельной:

- жесткость,
- содержание железа,
- присутствие нефтепродуктов,
- уровень растворенного кислорода,
- уровень pH.

Система водоподготовки котла обеспечивает изменение исходных параметров до необходимых показателей, оговариваемых федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности. В качестве примера приводится таблица из приложения № 3 «Правил промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

Входной фильтр с промывкой фильтрующего элемента предназначен для очистки воды от механических примесей (песок, окалина и т.п.). При необходимости осуществляется обезжелезивание воды путем дозирования окислителя (выполняется дозирующей станцией по сигналу датчиков расхода воды) и последующего осаждения окислов железа и марганца в фильтрах. Непрерывный контроль жесткости осуществляется автоматическим измерителем.

Следующая стадия – умягчение воды методом натрий-катионирования, в зависимости от

| Показатель | Система теплоснабжения | | | | | | |
|---|------------------------------|----------------|---------|----------------|------------|---------|---------|
| | открытая | | | закрытая | | | |
| | температура сетевой воды, °С | | | | | | |
| | 115 | 150 | 200 | 115 | 150 | 200 | |
| Прозрачность по шрифту, см | < 40 | < 40 | < 40 | < 30 | < 30 | < 30 | |
| Карбонатная жесткость*, мкг-экв/кг | pH ≤ 8,5 | 800/700 | 750/600 | 375/300 | 800/700 | 750/600 | 375/300 |
| | pH > 8,5 | Не допускается | | | По расчету | | |
| Содержание растворенного кислорода, мкг/кг | 50 | 30 | 20 | 50 | 30 | 20 | |
| Содержание соединений железа (в пересчете на Fe)*, мкг/кг | 300 | 300/250 | 250/200 | 600/500 | 500/400 | 375/300 | |
| Значение pH при 25 °С** | От 7,0 до 8,5 | | | От 7,0 до 11,0 | | | |
| Содержание нефтепродуктов, мг/кг | 1,0 | | | | | | |

* В числителе – для котлов на твердом топливе, в знаменателе – на жидком и газообразном.
 ** Для теплосетей с использованием бойлеров, имеющих латунные трубки, для сетевой воды pH ≤ 9,5.



Примерная структура системы водоподготовки для водогрейного котла

режима работы котельной, установкой непрерывного или периодического действия.

Поскольку в водогрейных системах, как правило, нет необходимости в очень высокой степени очистки воды, установки обратного осмоса не применяются. Системы умягчения воды позволяют довести параметры воды до любого необходимого уровня, достаточно пропускать воду через такие установки несколько раз. В этой же системе наблюдается и самая высокая скорость водоподготовки. Дозирующие устройства на конечном этапе обеспечивают нужные значения параметров pH, соленосодержание и содержание растворенного кислорода в воде. Реагенты обеспечивают подщелачивание воды, связывание остаточного кислорода и нужную жесткость.

Применение датчиков в системах водоподготовки. Рекомендации

Следует отметить, что стандартной схемы водоподготовки не существует, так как требования

заказчика индивидуальны и рассчитаны на определенные условия эксплуатации, индивидуальные местные условия эксплуатации, режимы и сезонность работы котельной, свойства исходной воды. Все это делает очень широким выбор используемого дополнительного оборудования систем водоподготовки: оборудования для аэрации и дегазации воды, накопительных емкостей и насосных станций, статических смесителей, дозаторов специальных реагентов (ингибиторов, коагулянтов т.п.), различных фильтров и установок обратного осмоса. Поэтому здесь не рассматриваются многочисленные датчики чисто технологического предназначения – датчики уровня, температуры, расходомеры и другие, обеспечивающие работу этого оборудования. Описаны только датчики «аналитического» направления, позволяющие определять параметры котловой и питательной воды котельной установки.

Статья предоставлена компанией «РусАвтоматизация».