

## ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

**УДК 621.43.016**

**В.Н. Допшак, С.Ю. Асташев, А.Г. Бяков**

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

Значительное место в общем энергетическом балансе Кемеровской области занимает коммунальная теплоэнергетика, более 30 %. Это наиболее затратная часть хозяйствования, финансируемая за счет бюджетов различного уровня. С каждым годом объем финансирования и капиталовложений для поддержания в рабочем состоянии этой отрасли возрастает. Причиной является физический и моральный износ основного, вспомогательного оборудования и отсутствие комплексного подхода к решению существующих технических, экономических, экологических проблем. Это положение, как правило, усугубляется недостатком средств на реализацию эффективных технических, организационных решений. Выбор пути выхода отрасли из сложившейся ситуации должен быть направлен не только на обновление технического парка, но и на пересмотр тех положений в теплоэнергетике, которые не соответствуют требованиям сегодняшнего дня. Требуется организация нового подхода к решению проблем, накопившихся в этой отрасли.

Важнейшей характеристикой, определяющей возможность бесперебойной длительной эксплуатации любого теплогенерирующего аппарата, является скорость формирования отложений, что зависит от качества топлива и питательной воды.

Сегодня не все котельные агрегаты снабжены устройствами по очистке от загрязнений, в особенности водогрейные котлы с мощностью до 6 Гкал/час - основная масса котельного оборудования по Кемеровской области. Сильно страдает подготовка качественной, питательной воды. Природная вода даже с наименьшим содержанием солей не пригодна для использования в котлах и



тепловых сетях, не удовлетворяя предъявляемым требованиям по качеству. Предусмотренные специальные мероприятия подготовки воды:

- осветление (отстаивание и фильтрация) — удаление механических и органических примесей;
- катионирование, или умягчение воды — удаление из воды солей жесткости (Ca, Mg) с заменой на легкорастворимые соли щелочных металлов (Na);

- общее обессоливание в системе выпарных установок с получением обессоленного конденсата;

- обескремнивание;
- дегазация — удаление из воды растворенных в ней газов путем ее подогрева, например, в деаэраторах,

являются достаточно затратной частью при эксплуатации котлоагрегатов.

В итоге большинство оборудования сильно загрязнено, что приводит к неэффективному расходованию топливно-энергетических ресурсов. КПД при работе котлоагрегатов и условия их функционирования зависят от всех факторов, но учитывая практическое состояние теплоэнергетики, в первую очередь, следует контролировать не только качество воды, но и качество угля по таким параметрам как содержание влаги, зольность, фракционный состав[1].

Таблица 1 Перерасход топлива в зависимости от толщины отложений пароводогрейных котлов.

| Толщина накипи, мм    | 1   | 2   | 3   | 4     | 5     |
|-----------------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| Перерасход топлива, % | 2-3 | 4-5 | 6-7 | 7,5-8 | 8,5-9 |

Существует два основных вида загрязнения котельных агрегатов:

- загрязнения в конвективных поверхностях нагрева;
- внутритрубное загрязнение.

#### **Загрязнения в конвективных (внешних) поверхностях нагрева.**

Топка и следующие за ней газоходы, в которых размещены конвективные поверхности нагрева котельного агрегата, в совокупности образуют его газовый тракт. Чем крупнее котельный агрегат, тем сложнее его газовый тракт.

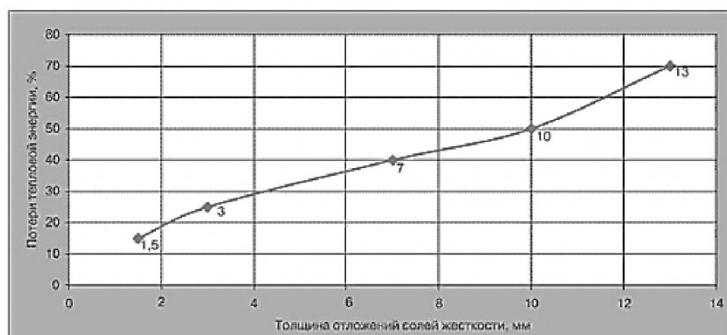


Рис. 2 Зависимость потерь тепловой энергии от толщины слоя отложений солей жесткости

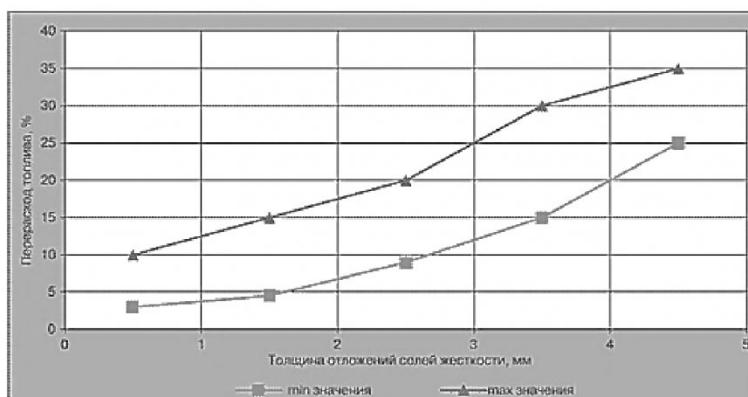


Рис. 3. Перерасход топлива в зависимости от толщины слоя накипи на поверхности нагрева

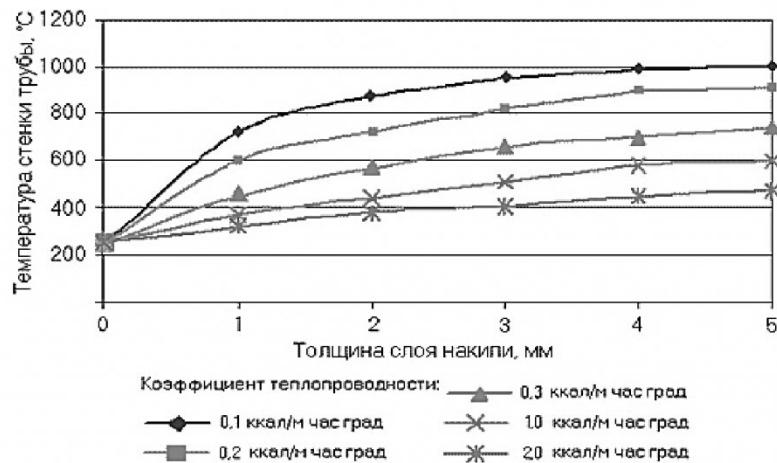


Рис. 4. Влияние толщины слоя накипи и ее теплопроводности на температуру стенки трубы.

Дымовые газы из топки движутся по газовому тракту к выходу из котельного агрегата и, омывая соответствующие поверхности нагрева, отдают через них свое тепло воде, водянистому пару или воздуху, в основном конвекцией. Движение дымовых газов и передача ими тепла конвекцией представляют собой два основных процесса, происходящих в газовом тракте котельного агрегата. Они тесно связаны между собой, так как при конвективном теплообмене скорость и условия движения потока газов, омывающего поверхность нагрева, заметно влияют на величину коэффициента теплоотдачи.

Первоначально отложения золы твердого топлива имеют в топке рыхлую структуру и могут

быть легко удалены. Задержка удаления отложений приводит к их превращению в плотные спекшиеся образования, которые под воздействием высоких температур и полувосстановительной среды становятся стекловидными.

Плотные отложения и особенно спекшиеся стекловидные отложения сильно связаны между собой, а также с поверхностями нагрева. Поэтому удаление отложений с поверхностей нагрева в топке и газоходах должно выполняться регулярно и своевременно.

Обычно шлакование начинается в промежутках между экранными трубами, а также в застойных зонах и участках топки. Если температура топочной среды в зоне образования шлаковых

отложений ниже температуры начала деформации золы, то наружный слой шлака состоит из отвердевших частиц. При повышении температуры наружный слой шлака может оплавляться, что способствует налипанию новых частиц и прогрессирующему шлакованию.

Шлакование уменьшает тепловосприятие поверхностей нагрева, расположенных в топке, и повышает температуру продуктов сгорания на выходе из топки, что может привести к нарушению нормального гидродинамического режима работы экранов и ширм.

В зоне низких температур могут образовываться липкие связанные отложения. Переход от сыпучих к вязким отложениям в области низких температур, где может иметь место конденсация влаги, по-видимому, связан с тем, что в результате смачивания золы появляющейся серной кислотой образуется гипс — вещество с вяжущими свойствами [2].

Зольность топлива не влияет на толщину загрязнений; по достижении ими определенных пределов зола больше не осаждается на загрязненных трубах. Толщина липких загрязнений в области низких температур зависит от характеристик золы и прогрессирует во времени. Вследствие загрязнения конвективных поверхностей нагрева ухудшаются условия теплопередачи и возрастают их аэродинамические сопротивления. В результате повышается температура уходящих газов, увеличиваются потери тепла и расход электроэнергии на тягу. Для нормальной и надежной работы котлов необходимо поверхности нагрева поддерживать чистыми.

#### **Внутритрубное загрязнение. Коррозия.**

Поступающие в котел с добавочной водой минеральные примеси постепенно накапливаются в котловой воде и при наступлении состояния насыщения начинается процесс образования отложений. Прежде всего, состояние насыщения наступает для солей жесткости, и они начинают выпадать из воды в первую очередь, обычно в виде кристаллов. Центрами кристаллизации служат шероховатости на поверхностях нагрева, а также взвешенные и коллоидные частицы, находящиеся в котловой воде. Вещества, которые кристаллизуются непосредственно на поверхностях нагрева в виде плотных отложений, образуют накипь, как правило, очень прочную и трудно удаляемую. Вещества, кристаллизующиеся в объеме котловой воды, образуют взвешенные частицы — шлам. Это осложняет работу котла и, в первую очередь, за счет накипеобразования, внутренней коррозии в трубах и других элементах.

Наиболее распространены кальциевая и магниевая накипи, в составе которых преобладают  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaSiO}_3$ ,  $5\text{CaO} \bullet 5\text{SiO}_2 \bullet \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Накипь, как правило, имеет низкий коэффициент теплопроводности, составляющий 0,1—2,0 ккал/(м•ч°град), что в 100 и более раз ни-

же, чем у стали. Поэтому даже тонкий слой накипи приводит к резкому повышению температуры металла поверхностей нагрева котельных агрегатов. При этом в высокотемпературных поверхностях нагрева (экраны, фестоны, первые ряды кипятильных труб конвективного пучка) эта температура по мере увеличения толщины слоя накипи может превысить, как предел прочности металла, так и предел его текучести, после чего начинается постепенная деформация его с образованием отдулин, т. е. местного вздутия трубы, имеющего диаметр 20—30 мм. и свища (щелевидное отверстие длиной 20—30 мм) вдоль образующей трубы, через который с большой скоростью начинает бить струя воды и котел приходится останавливать для его устранения. В газоходах водотрубных котлов и водяных экономайзеров, где повышение температуры стенки трубы не угрожает надежности работы котла, накипь также недопустима, так как она приводит к уменьшению к. п. д. котельного агрегата и может привести к уменьшению производительности его в результате уменьшения коэффициента теплопередачи и связанного с этим повышения температуры отходящих газов [3].

Чтобы преодолеть тепловое сопротивление накипи, приходится повышать температуру труб. Это приводит к их перегреву и образованию трещин; наличие отложений на поверхности теплообмена приводит к резкому возрастанию гидравлического сопротивления и нарушению режима работы оборудования, в первую очередь, сетевых насосов (значительный перерасход электроэнергии).

На рис.2 приведена зависимость потерь тепловой энергии от толщины слоя отложений солей жесткости (по данным фирмы "Lifescience Products LTD", Великобритания). Слой в 3 мм поглощает 25% тепловой энергии, а если на стенках котла или бойлера наросло 13 мм, то теряется уже 70% тепла. Отложения толщиной 10 мм нарастают менее чем за один год [4]. если взглянуть на проблему накипи с точки зрения перерасхода топлива при эксплуатации теплоэнергетического оборудования, то картина очень схожая (рис. 3). Видно, что 5 мм накипи приводят к перерасходу топлива до 30%, а 10 мм - повышают его расход в два раза.

Обследуя котельные п. Первомайский и п. Сусальное ООО "ЖКУ Сусловское" Мариинского района и проанализировав состав воды (состав и плотность отложений 70 – 80 мг/см<sup>2</sup>) авторы пришли к выводу, что объем воды прошедший ХВО достаточен и имеет хорошие показатели очистки только для компенсации нормативных потерь теплоносителя для закрытой системы теплоснабжения. Для открытой системы теплоснабжения объем воды прошедшей ХВО недостаточно, вследствие чего происходит интенсивное образование накипи на внутренней поверхности нагревательных труб.

Таблица 2. Качество воды для котельных

| Состав солей жесткости            | п. Первомайский |           | п. Суслово |           |
|-----------------------------------|-----------------|-----------|------------|-----------|
|                                   | до ХВО          | после ХВО | до ХВО     | после ХВО |
|                                   | мг-экв/кг       | мг-экв/кг | мг-экв/кг  | мг-экв/кг |
| Общая жесткость                   | 1,7             | 0,1       | 2,8        | 0,13      |
| Карбонатная (временная) жесткость | 1,0             | нет       | 1,6        | нет       |
| Некарбонатная жесткость           | 0,7             | 0,1       | 1,2        | 0,13      |
| Соли железа                       | 0,07            | 0,01      | 0,08       | 0,01      |

Таблица 3. Шкала плотности отложений и адекватных действий

| Плотность отложений мг/см <sup>2</sup> | Рекомендованные действия                    |
|--|---|
| < 25                                   | Ничего не надо предпринимать                |
| 25—75                                  | Хим. промывка в течение одного года         |
| 75—100                                 | Хим. промывка в течение 3 месяцев           |
| >100                                   | Хим. промывка перед возобновлением операций |

Плотность накипи определяется гравиметрическим методом после растворения в ингибиционной соляной кислоте. Потеря веса при нагревании в печи определяет процент содержания углеводородов, который затем определяет необходимость щелочного обезжиривания. Необходимость очистки выявляется на основе анализа плотности отложений.

Оптимальным способом очистки поверхностей нагрева водогрейных котлов являются химические методы очистки с периодичностью не реже 1 – 2 раз в год и обычно состоят из комбинации следующих стадий:

- механическая очистка
- промывка водой
- обработка щелочами
- очистка кислотными комплексными реагентами
- нейтрализация и пассивация, которые необходимо включить в график ППР котельных.

Во исполнение ФЗ №261 от 23.11.2009г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» по эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов необходимо проводить мероприятия по очистке от загрязнений оборудования, определиться по объему, периодичности и

технологии этих мероприятий.

Как показывает практика, добиться наилучших результатов по очистке теплообменного оборудования от отложений могут лишь специализированные предприятия со специально обученным персоналом, постоянно работающим с различными типами очистного оборудования и возможностью комплексного применения широкого спектра технологий очистки, в зависимости от конкретных условий.

Таким образом, для ресурсо- и энергосбережения, безаварийной работы котлов и теплотехнического оборудования необходим текущий контроль за качеством поступающего топлива, питательной воды, состоянием внешних и внутренних поверхностей нагрева и при необходимости их очистка от отложений.

Основными мероприятиями, позволяющими снизить потери теплоты с уходящими газами, являются:

- 1) борьба со шлакованием экранных и радиационных поверхностей нагрева путем отладки топочного режима;
- 2) регулярная качественная очистка наружных поверхностей нагрева конвективных пакетов труб;
- 3) поддержание качественного водного режима с целью предотвращения внутренних отложений в трубах котельного агрегата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасюк В. М. Эксплуатация котлов. – Киев: "Основа", 2000г., - 127с.
2. Грубов А. В. Анализ причин, вызывающих необходимость проведения эксплуатационных очисток водогрейных котлов на районных котельных// Новости теплоснабжения, - №4 (68), - 2006 г. – 32 с.
3. Михалев Д. М., Михалев В. М. Способ очистки внутренней поверхности теплообменного аппарата // Бюл. ГДИС № 9,2002г., - 214 с.
4. Деев Л. В. Котельные установки и их обслуживание – М.: Высш. шк., 1990 г., - 239 с.

Авторы статьи:

Бяков  
Алексей Геннадьевич  
канд. техн. наук, доцент каф химической технологии  
твердого топлива КузГТУ  
Email: [DopshakV@mail.ru](mailto:DopshakV@mail.ru)

Допшак  
Вячеслав Николаевич  
канд. техн. наук, доцент каф химической технологии  
твердого топлива КузГТУ  
Тел. 384-2-39-63-08

Асташев  
Сергей Юрьевич  
директор ЗАО «Э-визор.  
Email: e-vizoru@mail.ru