

ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА

Модернизация горелок на котлах КВГМ с целью повышения их безопасности и надежности эксплуатации

И.А. Урманов, главный инженер, А.В. Мамошкин, технический директор, ЗАО «ИЦ АВЕЛИТ», г. Белгород

Постановка вопроса

Водогрейные котлы (ВК) серии КВГМ тепловой мощностью 20, 30, 50 и 100 Гкал/ч с типовыми горелочными устройствами (ГУ) ГМГ на 20, 30 и 40 МВт и РГМГ на 20 и 30 МВт имеют широкое применение на территории республик бывшего СССР для нагрева воды в пиковых и основных режимах отопительных и промышленных котельных, со второй половины XX в. по настоящее время.

За прошедший период эксплуатация ВК и ГУ практически не изменилась и сегодня, в XXI веке, абсолютно не удовлетворяет современным требованиям по надежности, эффективности, экономичности и экологичности генерации тепловой энергии.

При эксплуатации:

- имеют место нестабильные режимы горения с пульсацией в топке и как следствие раскочка экранной системы котла, а также элементов газового оборудования по фронтальному экрану;
- на КВГМ-50 и КВГМ-100 возникает противофазная резонансная раскочка давления воздуха по горелкам с усилением амплитуды колебания разрежения;
- наблюдается эжекция в аксиальные аппараты с локальным обгоранием лопаток.

Указанные недостатки приводят к:

- разрушениям обмуровки и (на котлах КВГМ-50 и КВГМ-100) ребер жесткости каркаса;
- непрерывным нарастаниям присосов (за осенне-зимний период в среднем на 20-30%);
- тепловой перегрузке конвективной части котлов (из-за низкой светимости в топке и больших разрежений);
- снижению КПД котлов и дополнительным энергозатратам на тягу и дутье.

Для снижения пульсации (вибрации котла) наладочный персонал вынужденно организует режимы горения, с давлением воздуха, отвечающим значениям $\alpha=1,3-1,5$ за топкой. При этом в режимных картах, как правило, по «экономическим» соображениям показаны фиктивные значения $\alpha=1,3-1,4$ за дымососом.

Проблемы ГУ хронические и не решаются по двум основным причинам.

1. Теплоэнергетический рынок ВК и ГУ инерционен, у производителей (поставщиков) отсутствует посыл и потребность к оптимизации ГУ, да и зачем что-либо менять, если продукция находит сбыт.

2. В значительной степени утрачен инженерный потенциал. На уровне НИОКБ или в ВУЗах поиска решений также нет по причине отсутствия государственных программ и соответственно финансирования проектов.

Такое положение дел, вернее, их отсутствие, сегодня не устраивает ни владельцев ВК и ГУ, ни реальных потребителей услуг по отоплению и горячему водоснабжению. Последние задаются вопросом: «Как соответствуют «хронические проблемы ВК и ГУ» требованиям времени в области энергосбережения, энергоэффективности и техногенной безопасности с инновационными подходами к решению технологических проблем?!».

И все же «разрубить гордиев узел» можно и нужно, в одном, довольно простом и эффективном варианте – создания консорциума наладочно-монтажной организации с собственником генерации тепловой энергии. Первые, если это профессионалы, обязаны по роду деятельности организовать и обеспечить модернизацию ГУ. Вторые, заинтересованные в минимизации эксплуатационных затрат, повышении экологичности и экономичности генерации тепла и горячей воды, должны обеспечить необходимый уровень эксплуатации и обслуживания энергетического оборудования.

Проведенное нами детальное обследование состояния энергетического оборудования (более 20 котлов серии КВГМ), выяснение опыта ведения режимов и объемов обслуживания этого оборудования, а также изучение отчетов наладочных организаций, проводивших пуско-наладочные работы, и проведенные по фактическому состоянию оборудования аэродинамические и теплотехнические испытания подтверждают повсеместное наличие вышеназванных проблем этой серии котлов.

Решение проблем при работе котла КВГМ-100 с тремя горелками ГМГ 40

В качестве примера приводим установленные причины пульсаций и других негативных факто-

ров работы КВГМ-100, оборудованного тремя горелками ГМГ 40, как наиболее проблемного котла.

1. Наличие блуждающей эжекции высокотемпературных продуктов в аксиальные аппараты горелок с обгоранием лопаток.

«Блуждающая» эжекция в горелки объясняется тем, что воздушные короба горелок «ломают» высокоскоростной поток воздуха (10-25 м/с), создавая зоны высоких и низких давлений. В местах сопряжений этих зон, под действием сил, возникающих при обтекании лопаток аксиального аппарата, происходит подсос высокоскоростными потоками, истекающими из напорных участков воздуха из зон низкого давления, создавая тем самым обратные токи из топки в горелки. Этим и объясняется обгорание лопаток. Зона эжекции зависит от нагрузки. Очаги обгорания лопаток определяются долговременностью использования определенных нагрузок.

2. Наличие сильной пульсации во всем диапазоне нагрузок, которая незначительно снижается при увеличении подачи воздуха до $\alpha=1,3-1,5$ за топкой.

Попробуем разобраться в причинах пульсации горения. Нижние две горелки по подводу воздуха схожи с горелками с улиткообразным подводом воздуха. Известно, что тангенциальные и улиткообразные горелки грешат той же эжекцией, причем, нарастающей по мере пропорционально нагрузке их воздухом. Проведем расчеты, предполагая, что все три горелки улиткообразные и влияние аксиальных аппаратов незначительно. Тогда вместо хаотичной эжекции мы получаем концентрическую, степень фокусировки которой в меньшей степени зависит от изменения нагрузки; она зависит от степени крутки:

$$\beta = a \cdot b / d^2,$$

где a – полувысота; b – ширина воздушного короба; d – диаметр амбразуры горелки.

При увеличении расхода воздуха, т.е. скорости, геометрия обратных токов не меняется. Меняется лишь глубина разрежения пропорционально квадрату скорости потока.

При существующем аксиальном аппарате средняя скорость воздуха из горелки: $V_{cp} = Q/S$, где Q – расход воздуха, принимаемый как $10Q_{газ} \cdot \alpha$. Здесь α (избыток воздуха в горелке) можно принять 1,1, а $Q_{газ}$ – это расход газа через горелку. Не вся площадь сечения амбразуры горелки S при улиткообразном подводе пропускает воздух, а лишь $S - S_{обр. токов}$. Чтобы определить площадь обратных токов $S_{обр. токов}$ необходимо рассчитать степень крутки β . В нашем случае $\beta = 0,6 \cdot 0,4 / 0,7^2 = 0,49$. Для такой степени крутки площадь обратных токов составляет 16,7%, а доля радиуса обратных токов – 41%. Есть также незначительная зона (5%), где воздух стоит, которой в данном случае пренебрежем.

Тогда среднюю по сечению осевую скорость воздуха определим по уравнению:

$$V_{cp} = 10Q_{газ} \cdot \alpha / [(\pi d^2 / 4) \cdot (1 - 0,167) 3600]$$

РЕВОЛЮЦИЯ

ЦЕН НА ДКМ

СКИДКИ ДО 40%



Срок действия акции ограничен.
Условия акции распространяются
на ряд котлов до 7,56МВт.

Подробности узнавайте в отделе продаж
по телефону: (48144) 5-32-45.

реклама

ДОРОГОБУЖКОТЛОМАШ
КОТЕЛЬНОЙ ЗАВОД №1 
www.dkm.ru

и получим для минимальной и максимальной нагрузок горелки:

$$V_{\min} = 1,1 \cdot 10 \cdot 2000 / [(3,14 \cdot 0,7^2 / 4) \cdot (1 - 0,167) 3600] = 19,1 \text{ (м/с);}$$

$$V_{\max} = 1,1 \cdot 10 \cdot 4175 / [(3,14 \cdot 0,7^2 / 4) \cdot (1 - 0,167) 3600] = 39,8 \text{ (м/с).}$$

Понятно, что равномерность скорости в нашем случае весьма условна. При такой скорости воздуха и при наличии аксиального аппарата приходится иметь дело с форсированной турбулентной горелкой, обладающей неустойчивым корнем факела.

Рассчитаем глубину проникновения газовых струй в поток воздуха на минимальной и максимальной нагрузке. Скорости воздуха на этих нагрузках уже рассчитаны, необходимо рассчитать скорость газовых струй, которую усредненно можно принять:

$$W_{\text{газ}} = Q_{\text{газ}} / (3600s),$$

где $s = 21 \cdot \pi \cdot 0,016^2 / 4 = 0,00422 \text{ м}^2$, при количестве отверстий $n = 21$, диаметром $d_{\text{отв}} = 16 \text{ мм}$.

Откуда:

$$W_{\text{газ}}^{\min} = Q_{\text{газ}}^{\min} / (3600 \cdot 0,00422) = 2000 / (3600 \cdot 0,00422) = 131,65 \text{ (м/с);}$$

$$W_{\text{газ}}^{\max} = Q_{\text{газ}}^{\max} / (3600 \cdot 0,00422) = 4175 / (3600 \cdot 0,00422) = 274,82 \text{ (м/с).}$$

Теперь можно рассчитать глубину проникновения струи газа со средней скоростью $W_{\text{газ}}$ по сечению отверстия в поток воздуха со средней осевой скоростью $V_{\text{ср}}$ по рекомендуемой формуле для перпендикулярного проникновения газа в поток:

$$h = 2,2 (W_{\text{газ}} / V_{\text{ср}}) (\rho_{\text{г}} / \rho_{\text{в}})^{0,5} \cdot d_{\text{отв}},$$

где $\rho_{\text{г}}$, $\rho_{\text{в}}$ – плотность газа и воздуха соответственно; $d_{\text{отв}}$ – диаметр газового отверстия.

Тогда:

$$h_{\min} = 2,2 \cdot (131,65 / 19,1) \cdot 0,84 \cdot 16 = 203,8 \text{ (мм);}$$

$$h_{\max} = 2,2 \cdot (274,82 / 39,8) \cdot 0,84 \cdot 16 = 204,2 \text{ (мм).}$$

Данный расчет показывает, что на любой нагрузке газ попадает в зону эжекции, т.к. $204/350 = 58,3\%$ (здесь 350 мм – радиус газового коллектора), а мы имеем 41% радиуса обратных токов, прилегающую 5% зону нулевых скоростей и однозначно неравномерность обеспечения воздухом по образующей горелки. Тогда можно предположить, что проблема больших пульсаций не связана с всасыванием продуктов сгорания в горелку. Она связана с образованием локальных зон, где происходит всасывание в горелку газа, смешивания его до взрывных концентраций, хлопков с выбросами больших энергий, что и является причиной сильных пульсаций.

Для подтверждения этой гипотезы был проведен эксперимент. Чтобы отсечь газ от проникновения в горелку, было принято решение установить обечайку на расстоянии $1/2h + 10$ (мм) от газовых отверстий. Здесь 10 мм – запас, необходимый для возможных зон недостаточных скоростей воздуха, для рассеяния струй газа и

воспрепятствования после «отражения» от обечайки, обволакиванию образующей горелки газом с последующим примыканием его к фронтальному экрану. В результате получили снижение пульсации и измененный ее характер.

Причина больших пульсаций определена, а остаточная пульсация, очевидно, результат хаотично блуждающих корней факелов.

При условиях, имеющих место в условно холодной топке, с использованием для горения холодного воздуха неустойчивость горения закономерность. Так как скорость распространения пламени в зоне воспламенения значительно меньше скорости газо-воздушной смеси. К тому же сама смесь неоднородна и не повсеместно находится в необходимом для стабильного горения диапазоне 5-15%. Для обеспечения существования стационарного факела при указанных условиях, необходимо наличие в топке непрерывного мощного источника зажигания, от которого пламя может распространиться по всему сечению горючей смеси.

Итак, произведенные расчеты и опыты позволяют сделать заключение, что пульсация устранима, причем достичь этого можно при хороших экономических показателях работы котлов. Для этого необходимо провести модернизацию горелок с устранением всех вышеизложенных негативных факторов, объясняющих первопричины пульсаций.

Практический опыт внедрения комплексной модернизации горелок на котлах серии КВГМ подтвердил возможность устранения пульсаций во всем диапазоне нагрузок с одновременным повышением экономической эффективности работы котлов.

Положительные результаты модернизации горелок, устраняющие вышеперечисленные недостатки работы типовых горелок, позволили нам подать заявку на изобретение горелочного устройства.

Рационализацию и модернизацию эксплуатируемых сегодня горелок целесообразно проводить на рабочих местах в соответствии с авторскими решениями и под авторским надзором.

Литература

1. *Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод)*. Н.В. Кузнецов.
2. *Методические указания по испытаниям котельных агрегатов, работающих на природном газе*. Минхимпром СССР.
3. *Теплотехнические испытания котельных установок*. В.И. Трёмбовля.
4. *Методические указания по составлению режимных карт котельных установок и оптимизация управления ими*. РД 34.25.514-96.
5. *Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива*. Я.Л. Пекер.
6. *Упрощенная методика теплотехнических расчетов*. Н.Б. Равич. М.: «Наука».
7. *Экономия топлива на электростанциях и в энергосистемах*. А.С. Горшков. М.: «Энергия», 1967.
8. *Опыт сжигания газа на электростанциях и в промышленных котельных*. БТИ «ОРГЭС», М., 1962.
9. *Теория горения и топочные устройства*. Под ред. Д.М. Хзмаляна. М.: «Энергия», 1976.

**Комментарий Н.Н. Жарникова – начальника ПП «Белгородской ТЭЦ»
Белгородского филиала ОАО «ТГК-4» к статье И.А. Урманова и А.В. Мамошкина**

Основная цель и направленность публикации – проинформировать широкий круг специалистов о том, что относительно несложными техническими решениями и мало-затратными средствами горелочные устройства модернизируются для существенного повышения энергоэффективности эксплуатации водогрейных котлов (ВК) и сокращения затрат, связанных с ремонтами.

Второстепенная цель (по значимости более чем основная, но по вероятности исполнения сомнительная) – это призвать наладочные и другие организации к добросовестному исполнению режимно-наладочных работ и к выполнению Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...». Режимные испытания котлов предусмотрены и проводятся каждые три года, и в основном, сводятся к однодневной «фотографии» эксплуатационного режима с повышенными расходами воздуха. Проведение добросовестных теплотехнических испытаний с разработкой «Режимных эксплуатационных карт» не может быть однодневным и обязано содержать три этапа исполнения.

1. Эксплуатационное обследование с целью получения объективных данных, определения показателей и потенциала повышения энергоэффективности.

2. Разработка технических решений, рекомендаций и мероприятий по оптимизации эксплуатации в конкретной и конструктивной форме с обязательным авторским надзором за исполнением.

3. Заключительные, контрольные теплотехнические испытания с выявлением и подтверждением, достигнутой в результате проведенных работ, энергоэффективности.

Наладочная работа обязана сопровождаться: технологическим, экономическим или экологическим эффектами.

Здесь следует особо отметить, что испытание котла в режиме «фотографируем, что имеем то и пишем» дискредитирует саму суть и смысл проведения наладочных работ, что соответст-

венно обусловило резкое снижение стоимости таких недобросовестных услуг. Сегодня скидки на проведение режимно-наладочных работ составляют более 75% к типовой стоимости услуг по ФЕРп-2001.

В рыночных условиях выбор исполнения услуг (наладчика) производится на основе конкурсных или тендерных торгов.

И здесь «добросовестный профессионал» заведомо проигрывает «фотографу» из-за вопиющей разницы в стоимости услуг (в разы). Участвуя в таких тендерах (и проигрывая их) мы наблюдаем абсолютно типичный и характерный парадокс:

■ пользователь ВК, как специалист-теплоэнергетик, заинтересованный в надежной и эффективной эксплуатации своего объекта, рекомендует к выбору исполнителем «дорогих профессионалов»;

■ владелец (собственники предприятий – это, как правило, экономисты или менеджеры) естественно выбирает «дешевого фотографа».

В конечном итоге такой менеджер проигрывает в эксплуатационных затратах (и гораздо больше) по перерасходу газа, электроэнергии, на частых ремонтах и т.д.

Для ликвидации парадокса Закон № 261-ФЗ установил новый вид договоров – энергосервисный договор (контракт), – предметом которого является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчиком. Энергосервисный договор (контракт) должен содержать, в частности, условие о величине экономии энергетических ресурсов, которая должна быть обеспечена исполнителем в результате исполнения энергосервисного договора (контракта).

Базируясь на Законе № 261-ФЗ, именно организация консорциума – «наладчик – потребитель – собственник» – это более чем реальный и конкретный путь повышения энергоэффективности объекта.

**Все статьи, опубликованные в журнале «НТ»
с 2000 по 2009 год,
Вы можете приобрести на компакт-дисках**

Тел. (495) 741-20-28

