

## **Проблемы водно-химического режима паровых и водогрейных котлов, работающих на металлургических предприятиях**

С введением в действие изменений № 2 к Правилам устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [1], в которых, в частности, введено требование о необходимости разработки специализированными наладочными организациями инструкций и режимных карт по ВХР котлов и эксплуатации водоподготовительных установок, которое ранее было сформулировано в РД 10-165-97 [2] и РД 10-179-98 [3], владельцы котельных установок (особенно на крупных предприятиях) стали уделять больше внимания ведению водно-химического режима котлов.

Надо отметить, что основным стимулом послужило все-таки отнюдь не понимание владельцами котлов того факта, что на долю нарушений водно-химического режима в настоящее время приходится более 20 % повреждаемости котельного оборудования [4, 5], и не осознание тех потерь, которые они несут ежегодно в результате коррозии оборудования [6], а в первую очередь соображения безопасности, контроль над которой и проверка выполнения Правил... [1] осуществляется органами Госгортехнадзора России.

В г. Череповце наибольшее количество опасных производственных объектов, подконтрольных Госгортехнадзору РФ, и в том числе паровых и водогрейных котлов, сосредоточено в ОАО «Северсталь» – одном из крупнейших металлургических предприятий России, поэтому им уделяется самое пристальное внимание со стороны местных органов ГТН РФ. ОАО «Северсталь» одним из первых развернуло работы по наладке водно-химического режима паровых и водогрейных котлов с разработкой инструкций и режимных карт, обратившись в несколько специализированных организаций, в том числе к таким признанным авторитетам в области наладки ВХР, как НПО ЦКТИ (г. С.-Петербург), ВТИ (г. Москва), Ивановский энергетический институт и т.д. Наша организация также приняла участие в этой работе, выполнив наладку ВХР котлов-утилизаторов, работающих в коксохимическом производстве (КХП), и водогрейных котлов. В данной статье мы изложим ряд соображений, возникших в ходе выполнения этой работы.

Водно-химический режим энергетического оборудования должен обеспечить работу «без повреждений и снижения экономичности» (ПТЭ [7], п. 4.8.1), вызванных коррозией внутренних поверхностей оборудования, а также образованием накипи и отложений на теплопередающих поверхностях. Применительно к котлам-утилизаторам установок сухого тушения кокса (УСТК), основной экономический эффект от правильного ведения водно-химического режима может быть достигнут не только за счет повышения производительности тушильных камер по коксу благодаря улучшению теплообмена в котле, но и за счет снижения затрат на эксплуатацию котлов, а именно, снижения расхода питательной воды за счет уменьшения непрерывной продувки и увеличения межремонтного интервала поверхностей нагрева котлов за счет снижения скорости коррозии и накипеобразования.

Котлы-утилизаторы типа КСТ-80 УСТК, предназначенные для утилизации тепла, выделяющегося при тушении кокса, производят пар с давлением 3,9 МПа, который направляется на турбины для производства электроэнергии. Котлы водотрубные, с принудительной циркуляцией, с одной ступенью испарения, в барабане установлен стандартный набор сепарационных устройств. Предусмотрено фосфатирование котловой воды, от которого отказались после первых нескольких лет эксплуатации котлов, поскольку не смогли обеспечить гибкой системы дозирования фосфата, своевременно реагирующей на резкие колебания производительности котла, зависящей от процесса сухого тушения кокса. В целях повышения срока службы поверхностей нагрева при работе в бесфосфатном водно-химическом режиме было решено снизить допустимый предел солесодержания котловой воды до 1200 мг/кг. В результате, в условиях отсутствия ступенчатого испарения, при хорошем качестве и низком солесодержании (не более 150 мг/кг) питательной воды, приходится поддерживать непрерывную продувку в пределах 12–15%, т.е. значительно больше 5–6% – оптимальной величины для котлов-

утилизаторов среднего давления [8], хотя, как показали проведенные теплехимические испытания, это и не требуется для обеспечения надлежащего качества пара на турбоустановках.

Замена поверхностей нагрева котлов КСТ-80, работающих в КХП ОАО «Северсталь», производится каждые 7–9 лет; основная причина замены – абразивный наружный износ коксовой пылью. Однако достаточно часты случаи разрыва змеевиков из-за высокой загрязненности накипью внутренней поверхности труб, вплоть до полного забивания. Это явление характерно для наиболее теплонапряженной зоны, причем змеевики, соседние с забитым, могут иметь загрязненность не более 200 г/м<sup>2</sup>. По нашему мнению, высокая скорость роста накипи в отдельных параллельно включенных змеевиках испарительной поверхности нагрева вызвана замедлением скорости движения в них пароводяной смеси из-за наличия, например, не удаленного при ремонте грата на сварных швах, частицы которого одновременно служат центрами кристаллизации.

С точки зрения водно-химического режима, у этих котлов существуют еще две проблемы. Во-первых, это неудачная конструкция непрерывной продувки, которая выполнена байпасом на трубопроводе периодической продувки, хотя назначение непрерывной и периодической продувок совершенно разное: в одном случае это регулирование солесодержания котловой воды, а в другом – удаление шлама, и соответственно различаются требования к точкам их вывода (линия непрерывной продувки должна быть выведена из зоны максимального солесодержания котловой воды и не должна заноситься шламом). Во-вторых, это проблема шламоотделения: в котле предусмотрены всего две точки периодической продувки – из барабана и из шламоотделителя, сетка которого склонна забиваться, значительно увеличивая гидравлическое сопротивление котла и вызывая снижение скорости циркуляции.

В 80–90-х гг. проводились регулярные химические промывки поверхностей нагрева этих котлов ингибированной соляной кислотой, с предварительным щелочением и последующей нейтрализацией фосфатом натрия, однако результаты промывок были неоднозначными: одни змеевики очищались полностью, а в других количество накипи уменьшалось незначительно или даже увеличивалось (по-видимому, происходило перераспределение и вторичное осаждение отмытой накипи). В последние 7–10 лет промывки не проводились, за исключением щелочения вновь установленных поверхностей нагрева.

Мы рекомендовали для этих котлов повышение на 25 % допустимого солесодержания котловой воды, учащение (или увеличение длительности) периодических продувок шламоотделителя, более регулярный контроль загрязненности поверхностей нагрева и проведение при необходимости эксплуатационных химических промывок «на ходу» современными моющими препаратами на основе комплексонов.

Водно-химический режим водогрейных котлов непосредственно связан с подготовкой подпиточной воды теплосети. Теплосеть ОАО «Северсталь» представляет собой единую сложную систему, включающую в себя также значительную часть городских сетей, т.к. водогрейные котлы металлургического комбината осуществляют отопление всей прилегающей к нему части города. Подпиточную воду теплосети готовят несколько цехов комбината, причем качество подпитки резко различается, т.к. в одних цехах проводится умягчение воды натрий-катионированием (для сравнительно мягкой воды реки Шексна, жесткость которой не превышает 2,5 мг-экв/кг, это оптимальный способ подготовки подпиточной воды [9]); а в других отсутствует даже механическая фильтрация и осуществляется только деаэрация. В контур теплосети «водогрейная котельная – город», по-видимому, поступает также подпиточная вода муниципального предприятия теплоснабжения.

Таким образом, сетевая вода имеет усредненный состав, зависящий от множества неконтролируемых факторов. В целом, по результатам контроля в разных участках теплосети, постоянно отмечаются превышения в 1,5–2 раза нормативов ПТЭ [7] по карбонатному индексу и содержанию соединений железа. Решение вопроса улучшения качества сетевой воды возможно только в рамках комбината в целом, а не отдельных цехов и тем более не отдельных котлов, и в первую очередь следует обеспечить механическую очистку и умягчение всей поступающей в теплосеть подпиточной воды.

Альтернативными рекомендациями являются: постоянная или периодическая обработка подпиточной воды препаратами, содержащими комплексоны на основе фосфоновых соедине-

ний, которые обеспечивают безнакипный водно-химический режим тепловых сетей и способствуют превращению накипи в мелкодисперсный шлам, легко удаляющийся из сети как с продувками, так и при утечках сетевой воды; а также установка на линиях обратной воды перед водогрейными котлами скоростных механических фильтров, удаляющих избыток соединений железа, возвращающийся в котлы из теплосетей.

На обследованных нами водогрейных газо-мазутных котлах отбор проб сетевой воды осуществляется не только перед котлом, как предписано требованиями [2, 9], но и на выходе из котла, что дает возможность изучить те процессы, которые происходят с сетевой водой при нагревании в котле. При сопоставлении состава прямой (на выходе) и обратной (на входе в котел) сетевой воды нами было отмечено незначительное (на 0,01 мг-экв/кг, на пределе точности аналитического определения), но явное снижение жесткости сетевой воды после прохождения через котел, и существенное (на 15–30%) снижение содержания соединений железа в прямой сетевой воде по сравнению с обратной. На основании этих данных была ориентировочно оценена скорость накопления нерастворимых соединений в водогрейном котле, составляющая до 1000 кг в год (т.е., в отопительный сезон). Если предположить, что около 50 % от этого количества образует шлам и выводится из котла с периодическими продувками, то скорость роста накипи на поверхностях нагрева котла ПТВМ-100 может составлять около 300 г/м<sup>2</sup> в год; причем около 30 % накипи составляет карбонат кальция (и основной карбонат магния), а остальные 70 % - смешанные оксиды и гидроксиды железа. Эти выводы удовлетворительно совпадают с результатами анализов вырезок труб поверхностей нагрева водогрейных котлов, выполненных лабораторией комбината.

Результаты проведенных нами наладочных работ водно-химического режима котлов-утилизаторов и водогрейных котлов металлургического предприятия еще раз подтвердили, что повышение внимания надзорных органов к ведению ВХР котлов было весьма своевременным. Владельцы энергетического оборудования должны понимать, что преимущества правильного ведения ВХР – не только в обеспечении безопасности эксплуатации котельных установок, но и в значительном экономическом эффекте, особенно при использовании тех новшеств, которые в настоящее время активно появляются на рынке препаратов и оборудования для водоподготовки.

#### Литература

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, утв. ГТН РФ 28.05.93, с Изменениями № 1 от 07.02.96 г.; Изменениями № 2 ПБИ 10-370-00 от 10.07.00. – М.: НПО ОБТ, 2000.
2. РД 10-165-97. Методические указания по надзору за водно-химическим режимом паровых и водогрейных котлов, утв. ГТН РФ 08.12.97 г.
3. РД 10-179-98. Методические указания по разработке инструкций и режимных карт по эксплуатации установок докотловой обработки воды и по ведению водно-химического режима паровых и водогрейных котлов, утв. ГТН РФ 09.02.98 г.
4. Сутоцкий Г.П. Вода – причина аварий в энергетике. СПб., 2001.
5. Хапонен Н.А. Вопросы надежности и безопасности котлов // Техническая конференция по водоподготовке отопительных котельных 22-24 марта 1996 г.: Сб. докладов. Госгортехнадзор России, Клуб теплоэнергетиков «Флогистон».
6. Хапонен Н.А., Кокошкин И.А., Александров Л.К. Контроль за содержанием кислорода в питательной воде паровых котлов и подпиточной воде тепловых сетей – залог безаварийного использования котельного оборудования // Безопасность труда в промышленности». 2003. № 3. С. 8.
7. РД 34.20.501-95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ. – М.: СПО ОРГРЭС, 1996.
8. РД 24.032.01-91. Методические указания. Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнологических котлов. М.: Минтяжмаш, 1993.
9. РД 24.031.120-91. Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля. М.: Минтяжмаш, 1993.