

Д. Г. Зублев /к. т. н./, В. Д. Барский /д. т. н./  
ГВУЗ «Украинский государственный  
химико-технологический университет»

## Газоплотность кладки коксовых батарей. Сообщение 1. Критический анализ методов оценки

Описаны виды дефектов кладки коксовых батарей. Проанализированы причины появления прососов коксового газа и воздуха в отдельных элементах отопительной системы. Рассмотрены методики определения прососов, их достоинства и недостатки. Предложены пути улучшения состояния кладки коксовых батарей. (Библиогр.: 11 назв.).

**Ключевые слова:** отопительная система, прососы, коксовый газ, кладка

*The types of defects brickwork of coke batteries are described. Analyzed the causes of sucking and flows of coke oven gas and air into its individual elements of heating system. The determining sucking techniques are reviewed and their advantages and disadvantages. Ways are improving the brickwork of coke oven batteries.*

**Key words:** heating system, suckings, coke oven gas, brickwork

В процессе эксплуатации кладка коксовых батарей подвергается химическим, физическим и механическим воздействиям, термическим ударам вследствие нарушений температурного и гидравлического режима, а также особенностей её эксплуатации в отдельных зонах и конструктивных элементах. В результате этого образуются дефекты, которые затрудняют ведение процесса выдачи кокса, снижают технико-экономические показатели работы батареи:

- из-за ухудшения прогрева и осложнений при выдаче коксового пирога;
- увеличения расхода тепла на коксование, затрат на ремонты и обслуживание кладки;
- увеличения выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Механическим и физико-химическим воздействиям в первую очередь подвергается кладка камер коксования. Наиболее распространёнными дефектами являются деформации стен (вогнутости, выпуклости, смещения, наклоны простенков, сдвиги и т. п.), подрезы и истирание подов, провалы, отбитости кромок кирпичей. Наличие дефектов обнаруживают при проведении периодических осмотров камер.

К повреждениям кладки, вызванным термическими ударами, относят как дефекты в камерах (трещины, раковины, прогары и т. п.), так и в отопительной системе (сдвиги, трещины и т. п.). Развитие образовавшихся в отопительной системе и камерах коксования сдвигов, трещин и других дефектов приводит:

- к прососам и перетокам коксового газа из камер коксования в отопительную систему, а

также из корнюров или дюзовых каналов в регенераторы и косые хода;

- прососам и перетокам воздуха и доменного газа через стены подовых каналов и регенераторов.

Следствием прососов и перетоков является увеличение сопротивления отопительной системы, дополнительные термические напряжения на отдельных её участках, что приводит к невозможности поддержания заданного гидравлического и температурного режима в отопительных простенках и соответственно, к снижению производительности батарей.

Своевременное обнаружение повреждений и их быстрое устранение являются залогом длительной и эффективной эксплуатации коксовых батарей.

Для оценки степени газоплотности кладки, помимо визуальных периодических осмотров, выполнение которых регламентировано Правилами технической эксплуатации КХП [1], существуют методики, построенные на балансе диоксида углерода или кислорода в продуктах горения (или в воздухе, прошедшем отопительную систему батарей) при отключенной и подключенной подаче газа на обогрев [2; 3].

Согласно первой методике [2] количество прососов  $\Pi$  ( $\text{м}^3/\text{час}$ ) определяют по формуле:

$$\Pi = \frac{V_{\text{CO}_2}}{\text{CO}_2}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{CO}_2}$  – количество диоксида углерода в воздухе, прошедшем отопительную систему при отключенной подаче газа на обогрев,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

## КОКСОХИМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

CO<sub>2</sub> – стехиометрическое содержание диоксида углерода в сухих продуктах горения.

Долю прососов в процентах от вырабатываемого батареей газа находят по формуле:

$$\Pi_{(\%)} = \frac{100 \cdot \Pi}{V_{\text{кг}}}, \quad (2)$$

где  $V_{\text{кг}}$  – объём сырого коксового газа, выделенного коксуемой загрузкой (м<sup>3</sup>/ч).

К недостатку этой методики в [3] отнесено то, что определение прососов ведётся по очищенному коксовому газу без учёта компонентов сырого газа – бензольных углеводородов и каменноугольной смолы, влияние которых, по мнению разработчиков, было незначительным.

Этот недостаток был учтён авторами второй методики. Здесь определение прососов ведётся по балансу кислорода с учётом содержания в них каменноугольной смолы и сырого бензола. Как указано в [3], правомерность расчёта прососов по балансу кислорода базируется на том, что подсосы в отопительную систему (вертикалы, регенераторы, подовые каналы) атмосферного воздуха незначительны. Количество прососов  $\Pi$  (%) определяют по формуле:

$$\Pi_{(\%)} = \frac{100 \cdot V_{\text{O}_2}}{\text{O}_2 \cdot V_{\text{кг}}}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{CO}_2}$  – количество кислорода в воздухе, пошедшего на сжигание прососов при отключенной подаче газа на обогрев (м<sup>3</sup>/ч);  $\text{O}_2$  – стехиометрический расход кислорода на сжигание 1 м<sup>3</sup> прямого коксового газа;  $V_{\text{кг}}$  – объём сырого коксового газа, выделенного коксуемой загрузкой (м<sup>3</sup>/ч).

В расчётах учитывается разбавление воздуха продуктами горения и наличие в прососах каменноугольной смолы и сырого бензола.

Однако при этом авторы указанных методик не учли то, что в коксовых батареях могут иметь место перетоки воздуха из подовых каналов и регенераторов восходящего потока в регенераторы и подовые каналы нисходящего потока через разделительную стену на печах с боковым подводом или через разделительные стены секций регенераторов и подовых каналов на печах с нижним подводом. Благодаря этому обстоятельству изменяются концентрации компонентов продуктов горения (воздуха, прошедшего отопительную систему при отключенном обогреве), что искажает результаты подсчётов прососов по этим методикам. Причём искажение идёт как при замерах на дымовых трубах при экологической оценке работы всей батареи, так и при замерах из газоздушных клапанов при

оценке состояния кладки отдельных отопительных простенков и камер коксования.

Данный момент может иметь существенное значение при оценке состояния кладки батареи. Так, в [4] показано, что при обогреве доменным газом на батарее системы ПК количество прососов через стены регенераторов могло достигать 50% от воздуха, пошедшего на горение. А соответственно расчётные значения прососов коксового газа из камер коксования в таком случае будут существенно отличаться от фактических.

Ещё один метод обнаружения мест прососов сырого коксового газа из камер коксования в отопительную систему описан в работе [5]. Суть метода заключается в том, что в газоподводящей арматуре временно удаляются цилиндры, а тяговые штоки газоздушных клапанов отсоединяются от реверсии и опускаются, перекрывая полностью проход продуктам горения в борова. Таким образом, в простенках создаётся избыточное давление, и на пустых после выдачи кокса камерах визуально можно легко увидеть прососы коксового газа.

Но этот метод позволяет только визуально (а не количественно) определять неплотности в кладке камер коксования и неприменим для определения прососов отопительного коксового газа в дюзовых каналах (печи с нижним подводом) или корнюрах (печи с боковым подводом), а также воздуха в регенераторах и подовых каналах.

Метод, описанный в [6; 7], позволяет не только установить наличие прососов в отопительную систему, но и определить источники их появления. Диагностику состояния отопительной системы коксовой батареи осуществляют последовательным съёмом показателей состава продуктов горения в газоздушных клапанах при наличии загрузки в камере коксования и при её отсутствии, а также с подачей и без подачи отопительного газа.

К достоинствам этой методики можно отнести то, что она позволяет достаточно просто определить источник прососов. К недостаткам данной методики следует отнести то, что она так же, как и предыдущие, не учитывает прососы воздуха в зоне регенераторов и подовых каналов, а при отборе на отдельных простенках – не учитывает ещё и наличие воздуха для обезграфичивания в продуктах горения.

Визуально разрывы, трещины между регенераторами в некоторых местах обнаруживаются при обогреве доменным газом (доступных для осмотра через специальные «глазки»), когда можно увидеть его горение на нисходящем потоке. При обогреве коксовым газом прососы и

перетоки воздуха в регенераторах визуально обнаружить практически невозможно.

Стены, насадка регенераторов, подовые каналы попеременно подвергаются нагреву продуктами горения при работе на нисходящем потоке или охлаждению доменным газом и воздухом на восходящем потоке. Получаемое таким образом различие в нагреве стен по высоте ведет к разному расширению кладки, возникновению и развитию термических напряжений, способствующих образованию трещин, особенно в головочной части. Большие напряжения возникают в кладке данной зоны также вследствие резких колебаний температуры при разогреве коксовых батарей. Образующиеся при этом трещины и расхождение материальных швов и приводят к перетокам газа и воздуха в регенераторах и подовых каналах, а также примыкающих к ним дюзовых каналах или корнюрах.

Кладка стен регенераторов должна быть достаточно плотной для предотвращения или, по крайней мере, снижения перетоков воздуха или доменного газа. Поэтому в печах системы ПК-2К эти стены выкладывались из шпунтованного кирпича, а в печах системы ПВР из кирпича, имеющего форму «ласточкиного хвоста» [8]. Однако эти мероприятия не обеспечивают достаточной газоплотности кладки стен регенераторов.

В связи с вышеизложенным можно заключить, что ни одна из существующих методик не даёт точного представления о потерях коксового газа с продуктами горения в отопительной системе, так как не учитывает прососы воздуха в подовых каналах и регенераторах. Поэтому возрастающие требования к сохранности печного фонда и охране окружающей среды, а также к рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов [9–11] определяют необходимость дополнения существующих методик оценки уровня газоплотности кладки коксовых батарей методикой определения прососов воздуха в подовых каналах и регенераторах. Разработка такой методики позволит не только более точно определять прососы коксового газа в отопительную систему и выбросы на дымовых трубах, но и правильно планировать объёмы ремонтов кладки в данной зоне.

Проблема с прососами в регенераторах и подовых каналах актуальна ещё и потому, что они искажают оценку коэффициента избытка воз-

духа, подаваемого на сжигание отопительного газа. Однако анализ этого вопроса является предметом следующей статьи.

#### Библиографический список

1. Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий. – Харьков, 2001. – 309 с.
2. Инструкция по регулированию обогрева коксовых печей № 38-83 ИП. Харьков. 1983.
3. Фидчунов А. Л. О методике оценки прососов сырого коксового газа в отопительную систему коксовых печей / А. Л. Фидчунов, И. В. Шульга, Ю. С. Васильев [и др.] // Углекислотный журнал. – 2007. – № 6. – С. 20–25.
4. Вольфовский Г. М. Газовщик коксовых печей / Г. М. Вольфовский, Л. И. Мироненко, А. А. Кауфман. – М.: Металлургия, 1989. – 190 с.
5. Липунов П. В. Новый метод диагностики состояния отопительной системы и кладки стен печных камер коксовой батареи / П. В. Липунов, С. В. Мотрич, В. И. Марков, Н. Г. Чура // Кокс и химия. – 2014. – № 12. – С. 42–45.
6. Рубчевский В. Н. Новый метод диагностики состояния отопительной системы и кладки стен камер коксовой батареи / В. Н. Рубчевский, Ю. А. Чернышов, В. И. Марков [и др.] // Кокс и химия. – 2004. – № 3. – С. 18–22.
7. Рубчевский В. Н. Чернышов Ю. О., Марков В. И. та ін. Спосіб діагностики стану кладки опалювальної системи коксової батареї. Патент № 49427 А (Україна). С10В29/06 від 16.09.2002 р.
8. Сухоруков В. И. Ремонт кладки и армирующего оборудования коксовых батарей / В. И. Сухоруков, В. И. Швецов, Н. А. Чемарда. – Екатеринбург, 2004. – 84 с.
9. Пырьков А. Н. Защита окружающей среды на коксохимических предприятиях / А. Н. Пырьков, С. В. Васнин, Б. М. Баранбаев [и др.]. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 176 с.
10. Ухмылова Г.С. Эффективность охраны окружающей среды в коксохимическом производстве / Г. С. Ухмылова // Новости чёрной металлургии за рубежом. – 2001. – № 1. – С. 6–25.
11. Торяник Э. И. К вопросу определения эколого-теплотехнической ценности коксовых батарей / Э. И. Торяник, А. А. Борисенко, А. С. Мальш [и др.] // Кокс и химия. – 2009. – № 12. – С. 32–40.

**Поступила 25.08.2015**