

УДК 662.741.3

*Д.Г. Зублев^а, В.Д. Барский^б, А.В. Кравченко^б***ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ В КОКСОВЫХ ПЕЧАХ. ИТОГИ ЭКСПЕРИМЕНТА**^а ОАО «Губахинский кокс», г. Губаха, Россия^б ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепр

В экспериментах по определению эффективности рециркуляции на коксовых батареях с объёмом камер коксования 30,9 м³ установлено наличие так называемых «коротких замыканий» как в крайних отопительных каналах, так и в отопительных каналах в середине простенка. В ходе проведения экспериментов установлено, что данный факт имел место при проведении всех измерений: как при полном открытии рециркуляционных окон, так и при окнах рециркуляции, открытых на 50%; при оборотах выдачи 19 и 24 часа; при обогреве стандартными и высокими горелками. Наличие «коротких замыканий» было установлено путём анализа проб продуктов горения из вертикалов восходящего и нисходящего потоков. В пробах продуктов горения, отобранных из вертикалов нисходящего потока у рециркуляционного окна, обнаружены повышенные содержания оксида углерода и кислорода, поступающих туда, соответственно, с коксовым газом и воздухом для обезграфичивания. Также наличие «коротких замыканий» было подтверждено замерами перепадов давлений у рециркуляционных окон. В связи с этим определены возможные мероприятия по обеспечению равномерного прогрева коксового пирога по высоте для действующих и строящихся коксовых батарей.

Ключевые слова: рециркуляция, продукты горения, отопительный канал, коксовый газ, воздух.

В экспериментах на коксовой батарее системы ПВР с объёмом камер 30,9 м³ было установлено нарушение рециркуляции продуктов горения как в крайних отопительных каналах, так и в отопительных каналах в середине простенка. В пробах продуктов горения, отобранных из вертикалов нисходящего потока у рециркуляционного окна, обнаружены повышенные содержания оксида углерода и кислорода, поступающих, соответственно, с коксовым газом и воздухом для обезграфичивания вследствие образования «коротких замыканий» [1–3]. Наличие «коротких замыканий» также было подтверждено замерами перепадов давлений у рециркуляционных окон вертикалов восходящего и нисходящего потоков.

Ранее считалось, что нарушения рециркуляционного контура наиболее часто встречаются только при нарушении нормального режима обогрева:

- при очень сильной тяге;
- загафиченности или замусоренности

вертикалов, что увеличивает потери давления газового потока в этой части топочной системы;

- при размерах проходных отверстий в вертикалах, превышающих определённую норму;
- при уменьшении количества продуктов горения;
- при очень большой высоте печи [4].

Однако в ходе проведения экспериментов установлено, что «короткие замыкания» имели место при проведении всех измерений:

- как при полном открытии рециркуляционных окон, так и при окнах рециркуляции, открытых на 50%;
- при оборотах выдачи 19 и 24 часа;
- при обогреве стандартными и высокими горелками [1–3].

Очевидно, что постоянное наличие «коротких замыканий» способствует увеличению расхода тепла на коксование, ухудшению равномерности распределения температур по высоте за счёт догорания газа в районе пода вертикалов, а

соответственно приводит к появлению специфических дефектов кладки. Из наиболее часто встречающихся дефектов в этой зоне кладки отметим:

- разрывы и трещины в косоходной зоне, приводящие к перетокам отопительного газа и воздуха;
- разрушение или оплавление горелок, регистров и раскателей в косых ходах;
- плавление косых ходов и насадки регенераторов.

Считается, что появление этих дефектов связано только с прососами в вертикалы и догоранием там коксового газа из камер коксования. Нашими экспериментами установлено, что данные дефекты также могут появляться и без прососов из камер коксования из-за догорания газа из вертикала восходящего потока в вертикале и косых ходах на нисходящем потоке.

Помимо этого, оценка теплового режима коксовой батареи производится по измерению температур на поду отопительных каналов нисходящего потока оптическими пирометрами. В связи с тем, что в районе пода вертикалов нисходящего потока происходит догорание отопительного газа вследствие наличия «коротких замыканий», а также движение воздуха, подаваемого на «обезграфичивание», возможно искажение такой оценки.

Принято считать, что продукты горения из вертикала, работающего на нисходящем потоке, попадают в вертикал, работающий на восходящем потоке, за счет сил эжекции, вызываемых струями выходящего газа и воздуха, а также за счет разности гидростатических подпоров газов восходящего и нисходящего потоков [4,5]. Однако, как было показано в наших опытах, эти силы в отопительных каналах коксовой батареи с объемом камер 30,9 м³ не проявились.

При этом теоретический анализ с использованием математического моделирования факела горения коксового газа показал, что разбавление горючей смеси продуктами горения существенно увеличивает его высоту [6].

Сочетание этих фактов говорит о необходимости совершенствования подачи продуктов горения в отопительные каналы.

При этом теоретически возможны:

- интенсификация эжекционной рециркуляции;
- подача продуктов горения в коксовый газ;
- подача продуктов горения в воздух;
- подача продуктов горения в вертикалы по специальным каналам.

Известны работы по организации принудительной подачи продуктов горения как к воздуху, так и к коксовому газу [4]. По одному из способов специальный вентилятор засасывал часть продуктов горения из боров и подавал их в подовые каналы, работающие на восходящем потоке. Данный способ увеличивал объем газового потока, проходящего через отопительную систему, а также требовал расходов на установку и эксплуатацию дополнительного оборудования, в результате чего не получил применения на практике.

Еще один метод основывался на засасывании отходящих газов струей отопительного газа вне вертикала в специальном эжекционном устройстве. Металлическая горелка коксового газа входила в эжектор, где струя засасывала продукты горения, подводимые после регенератора по горизонтальной трубе к эжектору.

Данный способ также требовал расходов на установку и эксплуатацию дополнительного оборудования, в результате чего тоже не получил применения на практике.

Примером специальной конструкции для подачи продуктов горения можно считать применявшуюся на печах системы ПК рециркуляцию по Н.К. Кулакову [7], заключающуюся в том, что продукты горения из верхней части вертикалов должны были засасываться в специальный рециркуляционный канал, устроенный в распорочных кирпичках, отделяющих один вертикал от другого. При этом предполагалось, что они опускаются по рециркуляционному каналу и снова попадают в основание вертикалов. Но данный метод невозможно применить на действующих коксовых батареях системы ПВР.

Таким образом, из всех известных способов подачи продуктов горения в отопительную систему очевидно работоспособным является способ, состоящий в том, что специальные вентиляторы засасывают продукты горения из боров и подают их в подовые каналы восходящего потока. Этот способ требует монтажа дополнительного оборудования и, тем не менее, может быть осуществлен на действующих коксовых батареях.

Для строящихся коксовых батарей необходима конструктивная доработка узлов или элементов, обеспечивающих эффективную эжекционную рециркуляцию и, в качестве альтернативы, внедрение систем принудительной подачи продуктов горения в вертикалы восходящего потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зублев Д.Г., Барский В.Д. Исследование эффективности рециркуляции продуктов горения в коксовых печах. Отопительные каналы в середине простенка // *Вопр. химии и хим. технологии*. — 2016. — № 2(106). — С.57-61.
2. *Исследование* эффективности рециркуляции продуктов горения в коксовых печах. Крайние отопительные каналы / Зублев Д.Г., Барский В.Д., Кравченко А.В., Запорожец А.И. // *Вопр. химии и хим. технологии*. — 2016. — № 4(108). — С.47-50.
3. *Исследование* эффективности рециркуляции продуктов горения в коксовых печах. Применение высоких горелок / Зублев Д.Г., Барский В.Д., Кравченко А.В., Запорожец А.И. // *Вопр. химии и хим. технологии*. — 2017. — № 1(110). — С.56-59.
4. Агроскин А.А. Движение газов и теплоотдача в коксовых печах. — М.: Из-во АН СССР, 1949. — 384 с.
5. *Справочник коксохимика: В 6 т.* // Харьков: Издательский дом «ИНЖЭК». — 2014. — Т.2. Производство кокса. — 728 с.
6. *О равномерном* прогреве угольной загрузки в печи для коксования. Сообщ.4. О закономерностях формирования факела в обогревательных каналах коксовых печей / Власов Г.А., Зублев Д.Г., Барский В.Д., Рудницкий А.Г. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. — 2003. — № 5. — С.12-17.
7. *Справочник коксохимика: В 6 т.* / Под ред. А.К. Шелкова // М.: *Металлургия*. — 1965. — Т.2. Производство кокса. — 288 с.

Поступила в редакцию 04.04.2017

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF COMBUSTION PRODUCTS RECIRCULATION IN COKE OVENS: OUTCOME OF EXPERIMENTS

D.G. Zubelev^a, V.D. Barsky^b, A.V. Kravchenko^b

^a JSC «Gubakhinskii coke», Gubakha, Russian Federation

^b Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine

The experiments were performed to determine the effectiveness of recirculation in coke-oven batteries with the volume of coking chambers of 30.9 m³. The results of the experiments revealed the presence of the so-called «short circuits» both in extreme heating channels and in heating channels in the middle of the pier. This behavior was observed in all measurements: both with the full-open recirculation windows and with the recirculation windows open by 50%, as well as at issuing turnovers of 19 and 24 hours, for the standard and high burners. The presence of «short-circuits» has been established by analyzing the samples of the combustion products from the upstream and downstream vertical channels. An increased content of carbon monoxide and oxygen has been detected in the samples of the combustion products from vertical channels of downstream sampled near the recirculation windows, these two gases come with the coke oven gas and the air for decarbonization, respectively. The presence of «short-circuits» has been also confirmed

by measurements of pressure differences at recirculation windows. Based on the experimental data, the actions were suggested to ensure uniform heating of the coke cake along the height for coke oven batteries which are both active and under construction.

Keywords: recirculation; combustion products; heating channel; temperature; air.

REFERENCES

1. Zubelev D.G., Barsky V.D. Issledovaniye effektivnosti retsirkul'atsii produktov goreniya v koksovykh pechakh. Otopitel'nye kanaly v seredine prostenka [Investigation of the effectiveness of combustion products recirculation in coke ovens. Heating channels in the middle of the pier]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2016, no. 2, pp. 56-60. (in Russian).
2. Zubelev D.G., Barsky V.D., Kravchenko A.V., Zaporozhets A.I. Issledovaniye effektivnosti retsirkul'atsii produktov goreniya v koksovykh pechakh. Krainiye otopitel'nye kanaly [Investigation of the effectiveness of combustion products recirculation in coke ovens. Extreme heating channels]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2016, no. 4, pp. 47-50. (in Russian).
3. Zubelev D.G., Barsky V.D., Kravchenko A.V. Issledovaniye effektivnosti retsirkul'atsii produktov goreniya v koksovykh pechakh. Primeneniye vysokikh gorelok [Investigation of the effectiveness of combustion products recirculation in coke ovens. Application of high burners]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2017, no. 1, pp. 56-59. (in Russian).
4. Agroskin A.A., *Dvizheniye gazov i teplotdacha v koksovykh pechakh* [Gases flow and heat exchange in coke ovens]. AS USSR Publishers, Moscow, 1949. 384 p. (in Russian).
5. *Spravochnik koksohimika v 6 tomakh. Proizvodstvo koksa* [Reference book on coke chemistry. Production of coke]. INZHEK Publishers, Kharkov, 2014, vol. 2. 728 p. (in Russian).
6. Vlasov G.A., Zubelev D.G., Barsky V.D., Rudnickiy A.G. O ravnomernom progreve ugol'noi zagruzki v pechi dl'ya koksovaniya. Soobshcheniye 4. O zakonemernost'yakh formirovaniya fakela v obogrevatel'nykh kanalakh koksovykh pechei [Uniform heating of the coal loaded into the furnace coking. Communication 4. The laws of formation of flame in heating ducts of coke oven. *Metallurgical and Mining Industry*, 2003, no. 5, pp. 12-17. (in Russian).
7. Shelkov A.K., *Spravochnik koksohimika v 6 tomakh. Tom 2. Proizvodstvo koksa* [Reference book of coke chemistry: in 6 vols. Vol. 2. Production of coke]. Metallurgiya Publishers, Moscow, 1965. 288 p. (in Russian).