

**ПОТЕРИ ТЕПЛА ЧЕРЕЗ ОТКРЫТЫЕ ДВЕРИ КОКСОВЫХ ПЕЧЕЙ\***© И.В. Шульга<sup>1</sup>*Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*С.В. Фатенко<sup>2</sup>*ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», 87500, г. Мариуполь Донецкой обл., ул. Лепорского, 1, Украина*<sup>1</sup> Шульга Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доц., с.н.с., зав. коксовым отделом, e-mail: [ko@ukhin.org.ua](mailto:ko@ukhin.org.ua)<sup>2</sup> Фатенко Сергей Валентинович, нач. коксового цеха, e-mail: [sergey.fatenko@metinvestholding.com](mailto:sergey.fatenko@metinvestholding.com)

*Показано, что сверхнормативные простои коксовых печей со снятыми дверями в течение 5 мин приводит к дополнительному росту расхода тепла на коксование на величину до 0,5 %. Следовательно, необходимо строгое соблюдение в производственной практике требований Правил технической эксплуатации и других нормативных документов. Это позволит обеспечить достижение технически обоснованных нормативов расхода энергетических ресурсов при производстве кокса.*

Ключевые слова: энергосбережение, производство кокса, двери коксовых печей, расход тепла на коксование, коксовый газ.

\*\*\*\*\*

**К**оксохимическое производство является крупным потребителем энергетических ресурсов различных видов. Технически обоснованная величина общей энергоемкости производства в коксовом цехе составляет более 3,6 ГДж/т произведенного сухого валового кокса. При этом около 97 % общих энергетических затрат приходится на расход отопительного газа для коксовых батарей.

На КХП ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ», так же, как и на других коксохимических предприятиях Украины, для обогрева коксовых печей используется коксовый газ. Общий его расход на эти цели в 2015 г. составил 51,2 % от образующихся ресурсов.

\* Публикуется по рекомендации государственной экзаменационной комиссии кафедры технологии переработки нефти, газа и твердого топлива НТУ «ХПИ».

Кроме того, очищенный коксовый газ используется как топливо другими объектами коксохимического производства (6,7 % от ресурсов). Остальное количество газа (42,1 % от ресурсов) передается в цеха прокатного комплекса (толстолистовой и рельсобалочный), где используется в нагревательных колодцах прокатных станов.

Таким образом, коксовый газ имеет большое значение в общей структуре топливно-энергетического баланса металлургического производства [1], поэтому задача его экономного расходования на уровне технически обоснованных нормативов [2] является весьма актуальной. Сверхнормативный расход газа в каком-либо из переделов приводит к нарастанию дефицита общего топливно-энергетического баланса предприятия. В конечном итоге это приводит к необходимости привлечения (покупки) соответствующих ресурсов со стороны.

Поэтому анализ возможных источников сверхнормативных расходов коксового газа представляет значительный практический интерес, т.к. позволяет оценить связанные с ним потенциальные риски, что необходимо для своевременной разработки мероприятий по их предотвращению. Одним из таких источников являются дополнительные потери тепла при сверхнормативных простоях коксовых печей с открытыми дверями. Количество дополнительных потерь полезного тепла через открытые двери коксовых печей в Дж составляет:

$$Q=(q-q_0)\tau \quad (1),$$

где  $q$  – интенсивность тепловых потерь через открытые двери, Вт;

$q_0$  – то же при закрытых дверях, Вт;

$\tau$  – продолжительность сверхнормативного простоя печей с открытыми дверями, с.

Интенсивность тепловых потерь через открытые двери в Вт составляет:

$$q=\alpha F(T_1-T_2) \quad (2),$$

где  $\alpha$  – суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией  $\alpha_k$  и лучеиспусканием  $\alpha_d$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К):

$$\alpha=\alpha_k+\alpha_d \quad (3),$$

$F$  – суммарная площадь теплоотдающих поверхностей, м<sup>2</sup>:

$$F=2Hb_{cp} \quad (4),$$

$2$  – количество дверей коксовой печи (с машинной и коксовой стороны);

$H$  – высота печной камеры, м;

$b_{cp}$  – средняя ширина камеры, м;

$T_1$  – средняя абсолютная температура засыпи, К;

$T_2$  – то же для окружающей среды, К.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией зависит в первую очередь от скорости движения воздуха вдоль

рабочих площадок коксовой печи [3] (табл. 12.13, стр. 490):

$$\alpha_k=7,52w^{0,78} \quad (5),$$

где  $w$  – скорость движения воздуха на рабочих площадках, в среднем составляющая 2,5 м/с [3] (стр. 508).

Тогда:

$$\alpha_k=7,52 \times 2,5^{0,78}=16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6).$$

Коэффициент теплопередачи излучением определяется формулой Стефана – Больцмана [3] (стр. 490):

$$\alpha_d=\frac{C \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{T_1 - T_2} \quad (7),$$

где  $C$  – постоянная Стефана-Больцмана, 5,7 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

В соответствии с п. 7.197 ПТЭ [4] температура кокса против оси крайнего вертикала должна поддерживаться в пределах 850-950 °С. Для нашего расчета принимаем эту температуру равной 900 °С, что соответствует абсолютной температуре  $T_1=1173$  К. Среднюю по году температуру тепловоспринимающей окружающей среды на рабочих площадках коксовой батареи принимаем равной 20 °С, или  $T_2=293$  К. Тогда коэффициент теплопередачи излучением составит:

$$\alpha_d=\frac{5,7 \left[ \left( \frac{1173}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right]}{1173 - 293} = 122 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (8).$$

Суммарный коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha=16+122=138 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (9).$$

Для печей с высотой камеры 7 м и средней шириной 410 мм (0,41 м) суммарная площадь теплоотдающих поверхностей составит:

$$F=2 \times 7 \times 0,41=5,74 \text{ м}^2 \quad (10).$$

Тогда интенсивность тепловых потерь через открытые двери будет равна:

$$q=138 \times 5,74 \times (1173-293) = 697066 \text{ Вт} \quad (11).$$

Интенсивность тепловых потерь через закрытые двери [3] (стр. 512) равна:

– с машинной стороны – 4358 Вт;

– с коксовой стороны – 6755 Вт.

Суммарно:

$$q_0=4358+6755=11113 \text{ Вт} \quad (12).$$

При сверхнормативном простое печи с открытыми дверями в течение 5 мин ( $\tau = 300$  с) потери полезного тепла будут составлять:

$$Q=(697066-11113) \times 300 = 205785900 \text{ Дж} \quad (13).$$

Общие потери тепла:

$$Q_o = \frac{100 Q}{\eta} \quad (14),$$

где  $\eta$  – теплотехнический КПД коксовой печи, %. Для коксовой батареи № 1-бис эта величина по проекту составляет 73,1 % [3] (стр. 513).

Тогда потери общего тепла составят:

$$Q_o = \frac{100 \times 205785900}{73,1} = 281512859 \text{ Дж} \quad (15).$$

Потери общего тепла приводят к дополнительному расходу отопительного газа  $\Delta V$  в  $\text{м}^3$ :

$$\Delta V = \frac{Q_o}{Q_i} \quad (16),$$

где  $Q_i$  – низшая теплота сгорания отопительного газа,  $\text{Дж}/\text{м}^3$ .

Для отопления коксовых батарей на КХП ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» применяется коксовый газ. Средняя величина его низшей теплоты сгорания за 2015 г. составила  $4003 \text{ ккал}/\text{м}^3$  ( $16772570 \text{ Дж}/\text{м}^3$ ). Тогда дополнительный расход отопительного газа при сверхнормативном простое одной печи со снятыми дверями в течение 5 мин составит:

$$\Delta V = \frac{281512859}{16772570} = 16,8 \text{ м}^3 \quad (17).$$

При выдаче на батарею 5-ти печей в час дополнительный расход отопительного газа при систематических сверхнормативных простоях будет равен:

$$16,8 \times 5 = 84 \text{ м}^3 \quad (18).$$

При расходе коксового газа на обогрев батарей, равном  $17 \text{ тыс м}^3/\text{ч}$ , дополнительный расход газа при систематических сверхнормативных простоях печей со снятыми дверями в течение 5 мин составит:

$$\frac{84 \times 100}{17000} = 0,5 \quad (19).$$

Таким образом, систематические сверхнормативные простои коксовых печей со снятыми дверями приводят к дополнительному непроизводительному росту расхода коксового газа на обогрев батарей на 0,1 % за каждую минуту такого простоя. Это свидетельствует о необходимости постоянного контроля технологии производства для соблюдения в полном объеме требований Правил технической эксплуатации, технологических регламентов и других нормативных документов. В коксовом цехе ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ» ведется систематическая работа в этом направлении.

#### Библиографический список

1. Ярошевський С.Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля / С.Л. Ярошевський, А.В. Ємченко, І.В. Шульга [та ін.]. – Харків: Контраст, 2012. – 204 с.
2. ДСТУ 4370:2011. Енергозбереження. Коксохімічне виробництво. Ресурси енергетичні вторинні. Методика визначення показників виходу та використання / Розр.: Є.Т. Ковальов, І.В. Шульга. – К.: Держспоживстандарт України, 2012. – 94 с.
3. Справочник коксохимика. В 6-ти томах. Т. 2. Производство кокса [Под общ. ред. В.И. Рудыки, Ю.Е. Зингермана]. – Харьков: ИД ИНЖЭК, 2014. – 728 с.
4. Правила технической эксплуатации коксохимического производства ПТЭ-2001. Утверждены приказом Минпромполитики Украины № 305 от 05.07.2002. – Харьков: Гитрококс, 2001. – 309 с.

Рукопись поступила в редакцию 02.09.2016

#### THE HEAT LOSSES THROUGH THE OPEN DOORS OF COKE OVENS

© Shulga I.V., PhD in technical sciences (SE “UKHIN”), Fatenko S.V. (PJSC “AZOVSTAL IRON & STEEL WORKS”)

*It is shown that excessive downtime with the removed doors of the coke oven for 5 minutes results to a further increasing of heat consumption on coking process by up to 0,5 %. Therefore, it is necessary a strict accordance of manufacturing practice to the requirements of technical operation, the technical exploitation rules and other regulatory documents. This will ensure the achievement of technically based norms consumption of energy resources in the production of coke.*

*Keywords: energy conservation, production of coke, coke oven doors, heat consumption for coking, coke oven gas.*