

энергии: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 361-362.
2. ГОСТ 1581-96. Портландцементы тампонажные. Технические условия. Введ. с 01.10.1998. М.: ГУП ЦПП. 1998. 12 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТОПКАХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*Горшенин А. С., Щелоков А. И.,
Самарский государственный технический университет
pt@samgtu.ru*

В коммунально-бытовых и промышленных установках, работающих на природном газе низкого давления, широко используются газовые инжекционные горелки частичного предварительного смешения с многоструйной раздачей газозвоздушной смеси в объем топки. Для распределения газозвоздушной смеси используются коллекторы из труб с отверстиями по длине. Равномерность раздачи газозвоздушной смеси по длине коллектора весьма важна, так как от этого фактора зависит заполнение топки продуктами горения и распределение тепловых потоков по тепловоспринимающей поверхности. Непременным условием выполнения этих требований является одинаковая длина для всей совокупности формирующихся элементарных факелов.

Коллектор постоянного поперечного сечения с равномерно распределенными по длине отверстиями всегда создает неравномерность раздачи газа по длине. Основная причина возникновения неравномерности – изменение статического давления по длине трубы. При истечении газозвоздушной смеси из трубы через ряд отверстий, скорость внутри трубы и кинетическая энергия постепенно падают, а статическое давление к концу трубы возрастает.

С другой стороны, силы трения вызывают потерю энергии движущейся в трубе газозвоздушной смеси и уменьшают статическое давление по длине трубопровода. Коллекторы горелок, в которых статическое давление в конце перфорированного участка выше, чем в начале, относят к коротким трубам, при расчете которых сопротивлением трения пренебрегают. Как правило, такие коллекторы представляют собой перфорированную трубу, заглушенную с одной стороны. Так как инжекционные горелки частичного предварительного смешения работают на газе низкого давления, то при анализе их работы при расчете течения газозвоздушной смеси в перфорированной трубе принимают ряд допущений – скорость газозвоздушной смеси по сечению коллектора постоянна, а среда является несжимаемой. Из уравнения Бернулли следует, что скорость истечения из отверстия определяется по формуле

$$V_x = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_x - P_H)}, \quad (1)$$

где μ - коэффициент расхода; P_x - статическое давление в рассматриваемом сечении; P_H - давление в окружающей среде.

В конце трубы длиной l ($x = l$) статическое давление составит

$$P_l = P_0 + \frac{\rho \cdot V_0^2}{2}, \quad (2)$$

здесь P_0 - статическое давление в начале трубы; V_0 - скорость среды в начале трубы.

Согласно формуле (2) статическое давление в конце трубы возрастает на величину динамического давления в начале трубы. Возрастание статического давления по длине коллектора приводит к росту скорости истечения, а следовательно, к увеличению (при постоянстве диаметра газовойпускных отверстий) расхода вытекающей газовойдушной смеси и длины факела, к возрастанию неравномерности распределения тепловых потоков по объему камеры сгорания.

Для обеспечения равномерности раздачи газовойдушной смеси по длине коллектора необходимо найти распределение площади сечений отверстий. Равномерная раздача массы газовойдушной смеси по длине описывается условием

$$M = M_0 \left(1 - \frac{x}{l}\right), \quad (3)$$

Массовый расход газовойдушной смеси, вытекающей через отверстия, описывается выражением

$$\frac{dM}{dx} = \frac{dF}{dx} \mu \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}, \quad (4)$$

где $M = M_0 \frac{x}{l}$; M_0 - начальный расход газовойдушной смеси, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$; M - расход газовойдушной смеси, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$.

При этом закон изменения площади отверстий вдоль коллектора опишется выражением

$$\frac{dF}{dx} = \frac{1}{\mu \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}} \frac{dM}{dx}, \quad (5)$$

где $\Delta P = P$ - избыточное давление в коллекторе; $\frac{dM}{dx} = \frac{M_0}{l}$ - условие равномерной раздачи.

Тогда выражение (5) можно записать в окончательном виде

$$\frac{dF}{dx} = \frac{1}{\mu \sqrt{2 \cdot P \cdot \rho}} \frac{M_0}{l}. \quad (6)$$

Давление газовойдушной смеси внутри коллектора находится из уравнения Бернулли

$$P = P_0 + \frac{\rho}{2} (V_0^2 - V^2), \quad (7)$$

где V, ρ - скорость и плотность в рассматриваемом сечении.

Плотность газовойдушной смеси определяется условиями организации сжигания газового топлива и зависит при прочих равных условиях от величины первичного коэффициента расхода воздуха

$$\rho = \rho_{\Gamma 0} (1 + \alpha \cdot V_0 \cdot S), \quad (8)$$

где $S = \frac{\rho_B}{\rho_{\Gamma 0}}$.

При сжигании газовой смеси длина факела составит [1]

$$L_{\phi} \approx 2 \cdot L_B, \quad (9)$$

$$\text{где } L_B \sim \frac{d_0 \cdot W_0}{U_T}, \quad (10)$$

здесь d_0 - диаметр отверстия; W_0 - скорость истечения; U_T - скорость турбулентного распространения пламени.

Согласно выражению (2) в конце коллектора статическое давление газовой смеси возрастает. Тогда при соблюдении равенства длин элементарных факелов ($L_B = \text{const}$) возрастание скорости истечения смеси приводит к необходимости уменьшения диаметров газораздающих отверстий или применения коллектора с переменным поперечным сечением, сужающимся к глухой стороне.

Для снижения неравномерности раздачи газовой смеси необходимо выровнять давление в трубе, выполнив коллектор проточным.

Наиболее простой случай – закольцовывание коллектора двумя каналами одинакового диаметра d_2 .

Тогда расход газовой смеси по двум перфорированным цилиндрическим трубам диаметра d_2 составит $\Delta M = M_0 - M_l$. При равномерном распределении среды между двумя трубами длиной l_x распределение площади отверстий может быть определен по выражению (6).

Библиографический список

1. Арсеев А.В. Сжигание природного газа. М.: Гос. науч.-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1963.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА С ПОВЫШЕННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТЬЮ

*Гребнева Д.А., Федорец Н.А., Иванова А.В., Михайлова Н.А.
УрФУ*

Данная работа является продолжением работы для одного из кирпичных заводов Оренбургской области. Особенностью оренбургской глины является повышенное содержание в ней карбонатов, довольно высокая температура обжига – 1050 °С и возможность получения строительного кирпича марки не выше «100» [1].

Предприятием была поставлена новая партия оренбургской глины, которая имела следующий химический состав в природном состоянии (содержание оксидов, мас. %): SiO₂ – 50,08; Al₂O₃ – 11,32; CaO – 12,80; MgO – 2,47; Fe₂O₃ – 4,58; TiO₂ – 0,55; K₂O – 1,81; Na₂O – 3,30; потеря массы при прокаливании – 12,88.

Содержание свободного кремнезема – 25,60 %. Содержание свободного CaO – 12,80 %.