

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ СТРУИ КОКСОВОГО ГАЗА В ПОЛОСТИ ВОЗДУШНОЙ ФУРМЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

И.С. Королев, В.В. Кочура
Донецкий национальный технический университет

В докладе приведено моделирование траектории струи коксового газа в полости воздушной фурмы доменной печи. Исследовано влияние параметров дутья и конструктивных размеров фурменного прибора на глубину проникновения коксового газа в полость фурмы.

Ключевые слова: КОКСОВЫЙ ГАЗ, ВОЗДУШНАЯ ФУРМА, ДУТЬЕ, ДОМЕННАЯ ПЕЧЬ

The report shows the simulation of the trajectory of the jet of coke oven gas in cavity of blast furnace tuyere. The influence of blast parameters and structural dimensions of tuyere assembly on the penetration depth of the coke oven gas in the cavity of the tuyere was investigated.

Keywords: COKE OVEN GAS, TUYERE, BLAST, BLAST FURNACE

Вдувание коксового газа в доменные печи позволяет заменить природный газ, частично снизить расход дорогого и дефицитного кокса, и оказывает благоприятное влияние на окружающую среду.

Для эффективного использования коксового газа в доменном производстве необходимо обеспечить его полное сгорание в пределах фурменной зоны доменной печи [1-2]. Известно, что при подводе газа в верхнюю часть внутренней полости воздушной фурмы струя газа прижимается потоком дутья и плохое смешивание его с дутьем приводит к сегрегации водорода в периферийном газе, вследствие чего меньше используется его восстановительная способность и снижается величина эквивалента замены кокса газом.

Для определения траектории струи газа в полости фурмы доменной печи найдем сначала траекторию оси струи газа (рис. 1).

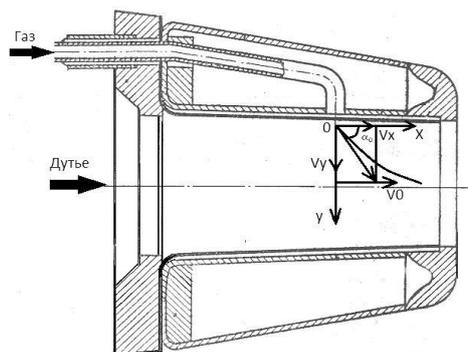


Рисунок 1 – К выводу уравнения траектории оси струи газа в полости фурмы доменной печи

Проектируя это уравнение на оси координат, получим два уравнения проекций, определяющих положение частицы в момент времени τ [3]:

$$X = \frac{a_x \alpha^2}{2}; \quad Y = \vartheta_0 \tau + \frac{a_y \tau^2}{2} \quad (1)$$

Для определения неизвестных ϑ_0 , a_x и a_y рассмотрим движение частицы как результат двух простых движений вдоль осей X и Y.

$$a_x = \frac{p_d}{\rho_d l_T} + \frac{\vartheta_d^2}{2l_T} \quad (2)$$

$$a_y = \frac{p_r}{\rho_r d_\phi} - \frac{p_d}{\rho_d d_\phi} + \frac{\vartheta_r^2}{2d_\phi}. \quad (3)$$

Решая эти уравнения относительно τ , получаем уравнение траектории оси струи газа в полости фурмы доменной печи:

$$Y = \vartheta_0 \sqrt{\frac{2X}{a_x} + \frac{a_y}{a_x} X}. \quad (4)$$

Начальная скорость частицы ϑ_0 равна максимальной скорости ϑ_{\max} на профиле скоростей газа, которая для турбулентного потока определяется по формуле:

$$\vartheta_0 = \vartheta_{\max} = \vartheta_r (1,64 / \text{Re}_r^{1/38}) \quad (5)$$

По данной методике в программе Microsoft Excel были выполнены расчеты траектории струи коксового газа в полости фурмы доменной печи объемом 2700 м³. При этом исходные параметры дутья и коксового газа изменяли в широких пределах: расход дутья 75 м³/с; температура дутья 1000 °С; абсолютное давление дутья 400000 Па; диаметр воздушных фурм 0,14 – 0,20 м; количество фурм 24; расход коксового газа 0,15 – 0,28 м³/с; температура коксового газа 30 – 100° С; абсолютное давление коксового газа 600000 Па; диаметр выходного отверстия трубки газа 0,015 – 0,020 м и длину расположения ввода трубки газа от рыльной части фурмы 0,2 – 0,4 м. При этом применяли метод последовательного изменения каждого из параметров, оставляя остальные на постоянном уровне.

По результатам расчетов построены траектории движения струи коксового газа в полости фурмы доменной печи. Данные результатов расчетов представлены на рис. 2, где по оси абсцисс взято расстояние от места подвода коксового газа, а по оси ординат – глубина проникновения струи коксового газа в полость воздушной фурмы.

На графике а) представлено изменение диаметра выходного отверстия трубки подвода коксового газа при удалении места подвода патрубка газа от среза фурмы на 0,3 м и диаметра фурмы 200 мм. Как видно из рисунка, при диаметре трубки 15 мм, струя газа на срезе фурмы проникает в полость воздушной фурмы на 130 мм. При диаметрах трубки 20 и 25 мм, струю коксового газа поток дутья прижимает к стенке воздушной фурмы.

График б) предоставляет возможность увидеть изменение движения струи коксового газа при изменении диаметра воздушной фурмы. Видно, что при увеличении диаметра фурмы от 140 до 200 мм скорость дутья снижается, и глубина проникновения коксового газа в полость фурмы увеличивается от 100 до 125 мм.

На графике в) представлена траектория струи коксового газа при изменении места ввода коксового газа в фурму. Исходя из графика видно, что при увеличении расстояния от места подвода газа до среза фурмы, струя коксового газа проникает на большую глубину в полость фурмы и уже после этого полностью устремляется вдоль воздушной фурмы.

На графике г) представлены результаты расчетов движения струи при разных расходах коксового газа при удалении места подвода патрубка газа от среза фурмы на 0,3 м, диаметра фурмы 200 мм и диаметра патрубка подвода газа 15 мм. При увеличении расходов коксового газа от 0,24 м³/с и более струя будет достигать противоположной стенки фурмы. При расходе 0,15 м³/с были получены удовлетворительные результаты, при которых струя газа достигала оси воздушной фурмы и выходила из фурмы фактически на этом же уровне.

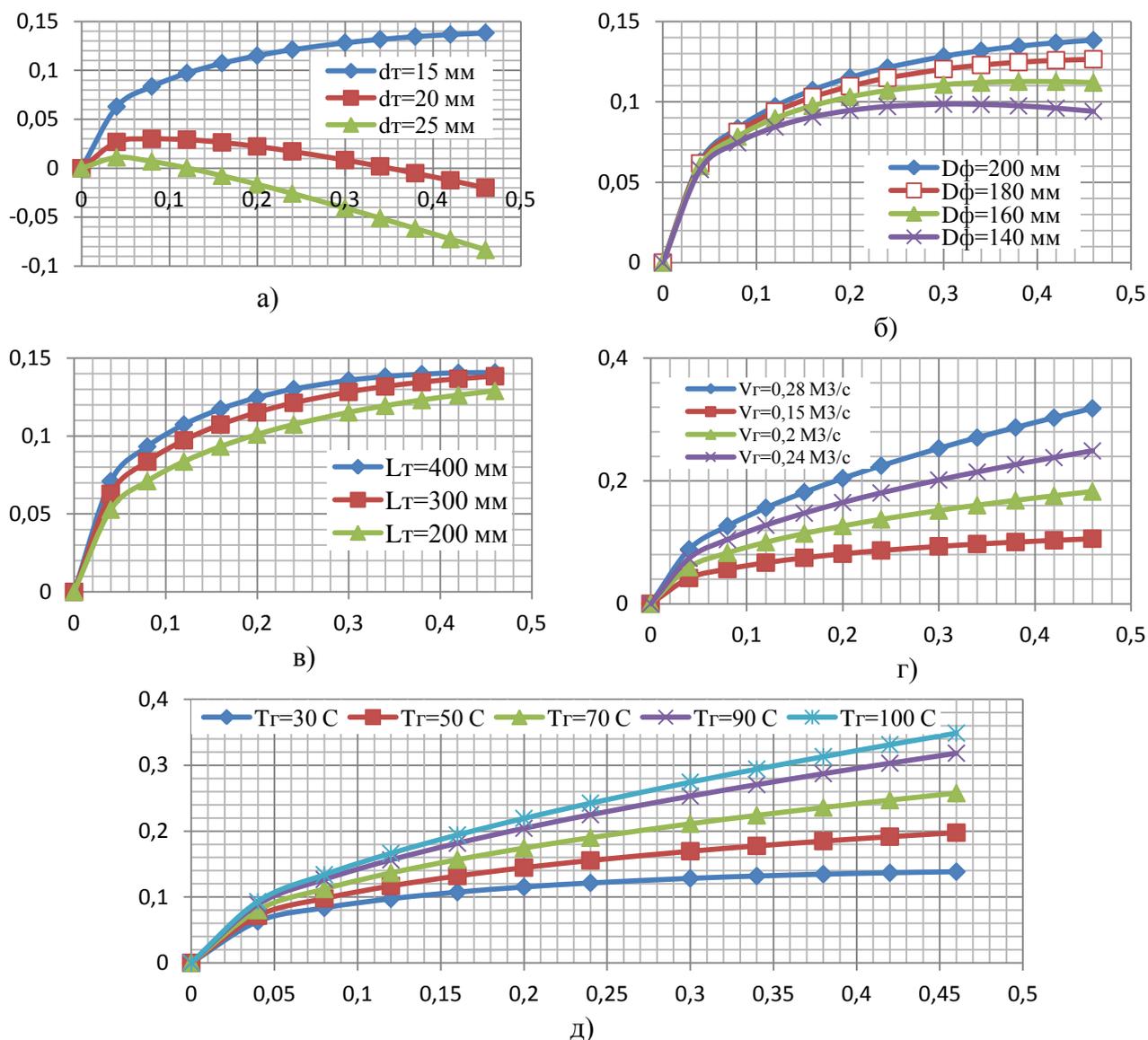


Рисунок 2 – Изменение траектории истечения коксового газа при изменении параметров дутья и конструктивных размеров фурменного прибора

График д) иллюстрирует поведение струи коксового газа при его подогреве. Из него видно, что с ростом температуры газа от 30 до 100 °C энергия струи растет и глубина проникновения струи в полость фурмы увеличивается в 2 раза.

Таким образом, предложенная математическая модель позволяет определять оптимальные параметры подвода коксового газа в полость воздушной фурмы доменной печи, что интенсифицирует процесс сгорания коксового газа.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. *Товаровский, И.Г.* Эволюция доменной плавки / И.Г. Товаровский, В.П. Лялюк. - Днепропетровськ: Пороги, 2001. – 424 с.
2. *Пашинский, В.Ф.* Доменная плавка с вдуванием коксового газа / В.Ф. Пашинский, И.Г. Товаровский, П.Е. Коваленко, Н.Г. Бойков. – К.: Техника, 1991. – 104 с.
3. *Лялюк, В.П.* Методика определения траектории струи природного газа в полости фурмы доменной печи / В.П. Лялюк, Г.А. Воловик, Р.Д. Каменев, В.Л. Дубинчук // Известия вузов. Черная металлургия. –1986. – №7. – С. 19-23.