

Всё это позволяет говорить о широких перспективах применения литейно-прокатных модулей не только на вышеупомянутых, но и на других отечественных предприятиях с технически и морально устаревшим производством.

## Литература

1. *Молотилов Б.В.* Технологическая революция в мировой чёрной металлургии и перспективы её развития в России / Б.В. Молотилов, А.А. Бродов, В.И. Маторин // *Сталь*. – 1997. – №9. – С. 1-5.

2. *Синельников В.А.* Технологические концепции создания энергосберегающих совмещённых процессов на переделе сталь-прокат / В.А. Синельников // *Сталь*. – 1997. – №6. – С. 75-78.

УДК 669.046:532

**Ю.А. Гичёв<sup>1</sup>, В.А. Перцевой<sup>2</sup>, М.Ю. Ступак<sup>1</sup>, А.С. Попова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

<sup>2</sup>Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск

## МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПУЛЬСАЦИОННО-РЕЗОНАНСНОГО СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Пульсационно-резонансный режим сжигания топлива осуществляется в процессе сушки и разогрева сталеразливочных ковшей. Основные расчетные зависимости модели.

Импульс (количество движения) топлива в выходном отверстии горелки рассчитывается по формуле:

$$I_m = \rho_{н.у.м} \cdot \frac{B_m^2}{3600^2 \cdot F_m} \cdot \left(1 + \frac{t_m}{273}\right), \quad (1)$$

где  $\rho_{н.у.м}$  - плотность топлива при нормальных условиях,  $\frac{кг}{м^3}$ ;  $B_m$  - расход топлива,  $\frac{м^3}{с}$ ;  $F_m$  - площадь отверстия газового (топливного) сопла горелки,  $м^2$ ;  $t_m$  - температура топлива, °С.

Импульс (количество движения) воздуха в выходном отверстии горелки рассчитывается по формуле:

$$I_g = \rho_{н.у.г} \cdot \frac{B_g^2}{3600^2 \cdot F_g} \cdot \left(1 + \frac{t_g}{273}\right), \quad (2)$$

где  $\rho_{н.у.г}$  - плотность воздуха при нормальных условиях,  $\frac{кг}{м^3}$ ;  $B_g$  - расход воздуха,  $\frac{м^3}{с}$ ;  $F_g$  - площадь воздушного сопла горелки,  $м^2$ ;  $t_g$  - температура воздуха, °С.

Перекрытие пульсационным устройством сечения трубопровода для подачи топлива с определенной частотой приводит к серии гидравлических ударов (в данном случае газодинамических) в той части газопровода, которая расположена перед пульсационным устройством.

Для определения скорости движения и давления потока топлива в трубопроводе перед пульсационным устройством предлагается использовать одномерную математическую модель упругого гидравлического удара:

$$F_2 \cdot \frac{1}{c_m^2} \cdot \frac{\partial P_{cm\ m}}{\partial \tau} + F_2 \cdot \rho_m \cdot \frac{\partial u_m}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

$$\rho_m \cdot \frac{\partial u_m}{\partial \tau} = -\frac{\partial P_{cm\ m}}{\partial x} - \frac{f_{mp} \cdot \rho_m}{2 \cdot d_m} \cdot u_m \cdot |u_m| + \rho_m \cdot g, \quad (4)$$

где  $F_2$  - площадь сечения выходного отверстия горелки  $м^2$ ;  $c_m$  - скорость распространения звука в потоке топлива,  $\frac{м}{с}$ ;  $P_{cm\ m}$  - абсолютное давление топлива, Па;  $\rho_m$  - плотность топлива,  $\frac{кг}{м^3}$ ;  $u_m$  - скорость движения потока топлива в выходном отверстии горелки,  $\frac{м}{с}$ ;  $f_{mp}$  - коэффициент трения;  $g$  - ускорение свободного падения,  $\frac{м}{с^2}$ .

Коэффициент трения определяется по формуле:

$$f_{mp} = 8 \cdot \left[ \left( \frac{8}{Re_n} \right)^{12} + (A+B)^{-1,5} \right]^{\frac{1}{12}}. \quad (5)$$

Выражения для определения коэффициентов А и В имеют следующий вид:

$$A = \left[ -2,457 \cdot \ln \left( \frac{7}{Re_n} \right)^{0,9} + 0,27 \cdot \left( \frac{k_u}{d_s} \right) \right]^{16}; \quad (6)$$

$$B = \left( \frac{37530}{\text{Re}_n} \right)^{16}, \quad (7)$$

где  $k_{ui}$  - абсолютная шероховатость внутренней поверхности трубопровода для подачи топлива, м;  $d_2$  - диаметр трубопровода для подачи топлива, м<sup>2</sup>;  $\text{Re}_n$  - число подобия Рейнольдса, которое определяется по формуле:

$$\text{Re}_n = \frac{u_m \cdot d_m}{\nu_m}, \quad (8)$$

где  $\nu_m$  - кинематический коэффициент вязкости топлива,  $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ .

УДК 621.175:658.2

**Ю.А. Гичёв, А.Ю. Запотоцкая**

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНВЕРТЕРНОГО ГАЗА ДЛЯ ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА**

По использованию конвертерного газа для обжига известняка следует выделить два основных варианта, предусматривающих, соответственно, размещение обжигового реактора на высокотемпературном участке газоотводящего тракта конвертера до газоочистки (вариант I) и размещение реактора с возможностью использования охлажденного конвертерного газа после газоочистки (вариант II). В первом варианте предполагается использовать для обжига только лишь физическую теплоту конвертерного газа, а во втором варианте – химическую энергию газа.

В соответствии с технологическими разработками оба варианта допускают перекрестную схему обжига (схема «а») и противоточную схему (схема «б»). Один из возможных вариантов устройства при выполнении реактора по схеме «б» приведен на рис. 1.