

Рисунок – Влияние коэффициентов формы  $f$  частиц и коэффициента нормальной скорости  $k_n$  на силу  $I_{ij}$  (—) внутрифазного взаимодействия и объёмную долю газовой фазы  $\varepsilon_1$  (---) в выходном сечении форсунки. Исходные данные:  $D = 16$  мм,  $l = 2,6$  м,  $k_T = 0,7$ ,  $\mu = 32$  кг/кг,  $m_2 = 20$  кг/мин,  $V_H = 30$  м<sup>3</sup>/ч,  $\delta_i = 0,025$  мм; 0,05 мм; 0,1 мм; 0,15 мм,  $\delta_j = 0,2$  мм;

Учет не 2-х факторов, как сделано в настоящей работе, а, например,  $\sim 16$  дает возможность более полно представить картину сложного течения пылеугольной смеси в форсунке доменной печи, а далее профессионально моделировать горения частиц угля в фурменной зоне доменной печи.

УДК 669.18.001

Р. Д. Куземко<sup>1</sup>, И. А. Ленцов<sup>1</sup>, С. В. Козловцев<sup>2</sup>, А. С. Черненко<sup>3</sup>,  
В. О. Синельников<sup>1</sup>, К. В. Васенев<sup>1</sup>

1 – ГВУЗ ПГТУ, Мариуполь; 2 – ММК им. Ильича, Мариуполь, 3 – ОНУ, г. Одесса;

### ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ РАВНОВЕСНОГО ГАЗОПОРОШКОВОГО ПОТОКА В ТОРКРЕТ – ФУРМЕ 160т КОНВЕРТЕРА

Известно, что стойкость футеровки кислородных конвертеров на меткомбина-тах ряда стран мира уже достигает 50 – 70 тыс и более плавов, а на комбинатах Украины не превышает 7 тыс плавов. В металлургии освоены только 2 основных способа повышения стойкости футеровки – раздув конечного шлака и факельное

торкретирование огнеупорной поверхности. Эти способы, а так же в комбинации целый ряд других технических приемов, позволяют радикально увеличить срок службы футеровки конвертеров, сокращая их простой во время ремонта. Снижается так же загрязнение окружающей среды битой футеровкой.

*Цель исследования* – решая систему дифференциальных и алгебраических уравнений показать влияния массовой концентрации  $\mu$  порошка на распределение давления  $p$  и скорость газозвеси  $w_{12}$  по длине  $l$  торкрет – фурмы.

*Физическая модель.* В цехе с 160т кислородными конвертерами торкрет – масса из бункеров по пневмопроводам поступает к торкрет – фурме внутренним диаметром  $\sim 98$ мм, а затем подается к соплам. Топливная составляющая торкрет – массы смешивается с кислородом, воспламеняется и сгорает. При попадании на футеровку огнеупорный порошок, доведенный в факеле до пластического состояния, приваривается, образуя высокоогнеупорное покрытие.

*Математическая модель.* В торкрет – фурмах при значительных диаметрах каналов и больших концентрациях используется порошок размером  $\delta < 0,1$ мм, что позволяет в расчётах применять односкоростную модель течения газозвеси.

Например, уравнение сохранения импульса для равновесного течения газозвеси в трубе в односкоростном приближении имеет вид:

$$\frac{d}{dx}(G_{12}w_{12} + p) = -F_w + \rho_{12}g,$$

$$F_w = \zeta \rho_{12} w_{12}^2 l / (2D); \zeta = \zeta_1 + \zeta_2, \zeta_2 = K\mu / Fr^{1/2}; Fr = w^2 / (g D),$$

где  $G_1, G_2, G_{12}$  – приведенный расход газа, порошка и смеси,  $G_{12} = G_1 + G_2$  кг/(м<sup>2</sup>·с);  $w_{12}, \rho_{12}$  – скорость (м/с) и плотность (кг/м<sup>3</sup>) газодисперсной смеси;  $p$  – давление, МПа;  $F_w$  – сила трения газозвеси о стенку трубы, Н/м<sup>3</sup>.

Применение формул осложнено необходимостью определения эмпирического коэффициента  $K$ , зависящего от материала частиц и стенки. Михаелидисом получено, что  $K$  для стальных труб и ряда порошков равен: стекло – 0,041, уголь – 0,058, алунд – 0,131, полиэтилен – 0,177. Заметим, что величина коэффициента Михаелидиса  $K$  получена в результате обработки  $\sim 1600$  экспериментальных точек. Видно, что ряд порошков обладают смазочной способностью (стекло, уголь и др.), но есть и материалы, порошки из которых при транспортировании имеют сопротивление в 3 – 4 раза больше.

Из рисунка видно, что, например, при  $\mu = 80$  кг/кг на длине фурмы  $l = 12,7$  м давления  $p$  снижается с 1,05 МПа до 0,4 МПа, а скорость  $w_{12}$  газопорошкового пото-

ка возрастает с 5 м/с до 35 м/с. С увеличением концентрации  $\mu$  давление  $p$  на входе в фурму ( $l = 0$ ) возрастает. Например, с увеличением концентрации  $\mu$  от 56 кг/кг до 112 кг/кг начальное давление повышается с 0,789 МПа до 1,27 МПа. Следует заметить, что за счет ускорения газозвеси в выходном сечении статическое давление падает более интенсивно, чем в начальном.

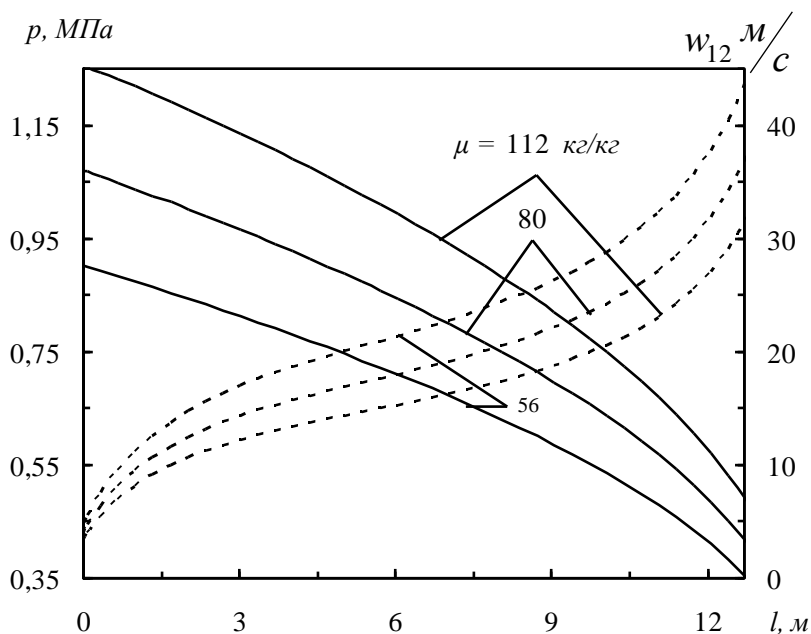


Рисунок – Влияние массовой концентрации  $\mu$  порошка на изменение давления  $p$  и скорость  $w_{12}$  газозвеси по длине фурмы  $l$ . Исходные данные:  $m_2 = 490, 700, 980$  кг/мин.;  $V_H = 420$  м<sup>3</sup>/ч;  $\delta = 0,1$  мм;  $D = 98$  мм;  $l = 12,7$  м.

В ряде работ показано, что для увеличения кинетической энергии истекающих струй важнее нагревать газозвесь в фурме, а не повышать начальное давление. Методика расчета горения угля в смеси топлива и огнеупорного порошка так же ещё не разработана. Не создана модель разогрева огнеупорных частиц до пластического состояния за время  $\tau \approx 0,02$ с полета от фурмы до футерованной стенки конвертера.