

Учитывая, что величина отклонения ленты от номинального положения практически не влияет на величину её ускорения, это отклонение можно принять минимальным, например величиной 1 см.

#### Выводы

1. Ускорение ленты в направлении, перпендикулярном плоскости её движения от воздействия виброролика практически не зависит от величины отклонения ленты от номинального положения, возрастает прямо пропорционально увеличению радиуса виброролика и квадрату частоты его вращения.

2. Необходимая частота вращения виброролика может быть определена по формуле (6).

3. Оптимальными параметрами виброролика и процесса очистки ленты являются: ускорение ленты в направлении, перпендикулярном плоскости её движения –  $100 \text{ м/с}^2$ ; радиус виброролика – 0,15 м; величина отклонения ленты от номинального положения – 0,01 м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасов Ю.Д. Очистка подконвейерного пространства на предприятиях нерудной промышленности. - Л. : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1983. - 192 с.

УДК 622.012.2:620.92.662.93

И. Ф. Чемерис

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШАХТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ С ТОПКАМИ ЦИРКУЛИРУЮЩЕГО ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ

Показано, що на ефективність процесів спалювання вугілля та відведення тепла у топках псевдорідинного шару, що входять до складу шахтних енергетичних комплексів, суттєво впливають ефективні розміри газових бульбашок. Рекомендовано інтенсифікувати ці процеси шляхом імпульсної подачі газу, що створює псевдорідинний шар.

В шахтных энергетических комплексах для сжигания низкосортных углей и отходов углеобогащения предусматривается использование котлов с топками циркулирующего псевдоожигенного слоя. При характерных для данных топок скоростях ожигающего газа, существенно превышающих минимальную скорость псевдоожигения, слой состоит из плотной фазы, в которой газ фильтруется сквозь слой частиц, и пузырьковой фазы, в которой большая часть газа не контактирует с частицами угля. Интенсивное образование и рост размеров пузырей внутри псевдоожигенного слоя существенно влияют как на скорость горения угля, т. е. теплопроизводительность топки, так и на эффективность работы теплообменных поверхностей котлов.

Скорость горения углерода в псевдоожигенном слое [1] определится как

$$C = A(C_0 - C_p)[U - (U - U_0)\exp(-X)], \quad (1)$$

где  $A$  - площадь поперечного сечения слоя;  $C_0$  - концентрация кислорода на входе;  $C_p$  - концентрация кислорода в плотной фазе;  $U$  - скорость ожигающего

газа;  $U_0$  - минимальная скорость псевдооживления;  $X$  - межфазный коэффициент массообмена, определяемый в [2], как

$$X = \frac{H}{2,22\sqrt{d_{II}}} \left[ 4,5 \cdot \left( \frac{U_0}{d_{II}} \right) + 5,85 \cdot \left( \frac{D_G^{\frac{1}{2}} \cdot g^{\frac{1}{4}}}{d_{II}^{\frac{5}{4}}} \right) \right], \quad (2)$$

где  $H$  - высота псевдооживленного слоя;  $d_{II}$  - эквивалентный диаметр пузыря;  $D_G$  - коэффициент молекулярной диффузии;  $g$  - ускорение свободного падения.

Из анализа выражений (1) и (2) следует, что интенсивность сжигания угля в псевдооживленном слое увеличивается с уменьшением эквивалентного диаметра пузыря, что объясняется соответствующим увеличением поверхности массообмена при постоянстве расхода оживающего газа. Проведенные расчеты показывают, что при уменьшении диаметра пузыря в два раза скорость горения угля увеличивается на 8%. Заметим, что и скорость уноса углерода с поверхности слоя, т.е. потери угля, уменьшается пропорционально диаметру пузырей, выходящих на поверхность.

Оценим влияние размеров пузырей на эффективность работы теплообменных поверхностей топок с псевдооживленным слоем. В соответствии с «пакетной» моделью [3] коэффициент теплообмена запишется в виде

$$\alpha = \frac{1 - f_0}{R_K + 0,5R_C}, \quad (3)$$

где  $f_0$  - доля времени контакта поверхности с газовым пузырем;  $R_K$  - контактное термическое сопротивление;  $R_C = \sqrt{\frac{\pi\tau_c}{\lambda\rho c}}$  - среднее термическое сопротивление пакета частиц за время  $\tau_c$  его пребывания у поверхности;  $\lambda$  и  $\rho$  - теплопроводность и плотность твердой фазы;  $c$  - теплоемкость материала частиц.

Обозначая время пребывания пузыря около данной точки поверхности теплообмена -  $\tau_0$ , а пакета -  $\tau_c$ , запишем

$$f_0 = \frac{\tau_0}{\tau_0 + \tau_c}. \quad (4)$$

При этом

$$\tau_0 = \frac{0,45d_n}{U_{II}}, \quad (5)$$

где  $U_{II}$  - скорость подъема пузыря в слое.

На основании двухфазной теории псевдооживления [2] запишем

$$U_{II} = U - U_0 + 2,22\sqrt{d_{II}}; \quad (6)$$

$$\frac{U_{II}}{U - U_0} = B \frac{H}{H - H_{II}}, \quad (7)$$

где  $B < 1$  - коэффициент сжимаемости слоя;  $H_{II}$  - высота однородного псевдооживленного слоя

Используя данные [4], с учетом (6) и (7) после преобразований и упрощений определим

$$\tau_0 + \tau_C = 0,45 \frac{d_{II}}{U - U_0}. \quad (8)$$

Время пребывания пакета частиц у поверхности  $\tau_C$  определится из (8) и (5) как

$$\tau_C = (\tau_0 + \tau_C) - \tau_0 = \frac{d_{II} \sqrt{d_{II}}}{(U - U_0) \cdot (U - U_0 + 2,22\sqrt{d_{II}})}. \quad (9)$$

Подставляя (4) и (9) в (3) получим выражение для коэффициента теплообмена в виде

$$\alpha = \frac{1 - \frac{U - U_0}{U - U_0 + 2,22\sqrt{d_{II}}}}{R_K + 0,5 \sqrt{\frac{\pi d_{II} \sqrt{d_{II}} (\lambda \rho c)^{-1}}{(U - U_0) \cdot \sqrt{U - U_0 + 2,22\sqrt{d_{II}}}}}}. \quad (10)$$

Анализ выражения (10) показывает, что коэффициент теплообмена  $\alpha$  имеет явно выраженные максимумы как в функции скорости оживающего газа, так и в функции эквивалентного диаметра пузыря. В начале псевдооживления доля времени контакта газового пузыря с теплообменной поверхностью  $f_0$  и частота смены пакетов у поверхности малы. С ростом скорости оживающего газа возрастает частота подхода пакетов к поверхности и  $\alpha$  увеличивается. При дальнейшем повышении скорости оживающего газа начинает убывать множитель  $(1-f_0)$  в выражении (3) и коэффициент теплообмена  $\alpha$ , пройдя через максимум, также начинает уменьшаться. Уменьшение эквивалентного диаметра пузырей  $d_{II}$  увеличивает максимум величины  $\alpha$ , смещая его в сторону меньших значений

скорости оживающего газа. Выполненные расчеты показывают, что при эквивалентном диаметре пузырей  $d_{II} = 0,1$  м имеем максимальный коэффициент теплообмена  $\alpha_{max} = 400$  ккал/м<sup>2</sup>·ч·град при избытке скорости оживающего газа  $(U-U_0) = 0,12$  м/с, в то время как при диаметре пузырей  $d_{II} = 0,01$  м получим коэффициент  $\alpha_{max} = 450$  ккал/м<sup>2</sup>·ч·град при избытке скорости  $(U-U_0) = 0,05$  м/с.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что эквивалентные размеры газовых пузырей оживающего газа являются фактором, существенно влияющим на массо- и теплообменные процессы при сжигании угля в псевдоожиженном слое топок шахтных энергокомплексов. Наиболее перспективным и достаточно легко реализуемым путем интенсификации массо- и теплообменных процессов, а следовательно, и повышения эффективности работы топок с псевдоожиженным слоем является повышение однородности слоя за счет импульсной подачи в слой топлива оживающего газа с рациональными амплитудно-частотными характеристиками процесса интенсификации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ейтс Дж. Основы механики псевдоожижения с приложениями: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 288с.
2. Девидсон И.Ф., Харрисон Д. Псевдоожижение твердых частиц: Пер. с англ. - М.: Химия, 1965. - 159с.
3. Берг Б.В., Баскаков А.П. Экспериментальная проверка «пакетной» модели теплообмена в псевдоожиженном слое. //Химическая промышленность. - 1967. - №6. - С. 39-43.
4. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Зайковский А.В. О механизме теплообмена между поверхностью и не однородным псевдоожиженным слоем зернистых материалов. //Химическая промышленность. - 1966. - №6. - С. 18-26.

УДК 622.831.001.57

С.П. Минеев, В.В. Лях, А.А. Прусова

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА КАК ТРЕХФАЗНОЙ СРЕДЫ ПРИ ГАРМОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Наводиться рішення основних співвідношень, які описують деформування стан вуглепородного масиву як трьохфазного середовища з врахуванням вільного та сорбованого газу при технологічних діях, що виражені у граничних умовах гармонічним законом.

В настоящее время часто встречающимся элементом в современных и разрабатываемых перспективных технологиях комплексной отработки угольных месторождений является технологическое воздействие на углепородный массив, которое, в общем случае в граничных условиях, можно выразить гармоническим законом, а на практике реализуется в процессе таких технологий как виброобработка массива различными типами вибронсточников, некоторые модификации гидро- и газопульсационных режимов воздействий и др. При этом важным этапом в разработке высокоэффективных технологий является как построение трехфазной физико-математической модели данного процесса, что представлено в работе [1], так и его математическое описание в целом. В связи с этим, рассмотрим математический алгоритм описания состояния углепородного массива при внешнем гармоническом воздействии, основанный на модели трехкомпонентной гетерогенной среды [2,3].