

ные конструктивные варианты организации взаимодействия газа с жидкостью и их вклад в интенсификацию процессов тепло- и массообмена с точки зрения изменения аэрогидродинамических характеристик образующихся двухфазных потоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурдуков А. П., Кашинский О. Н.* Диагностика основных турбулентных характеристик двухфазных потоков // Журн. прикл. механики и теорет. физики.— 1979.— № 4.— С. 65—73.

2. *Шендеров Л. З., Квашин А. Г., Дильман В. В.* О локальном измерении газосодержания // Инж.-физ. журн.— 1980.— Т. 38, № 6.— С. 1005—1010.

3. *Салтыков С. А.* Стереометрическая металлография.— М., 1970.— 374 с.

4. *Котюк А. Ф., Ольшевский В. В., Цветков Э. А.* Методы и аппаратура для анализа характеристик случайных процессов.— М., 1967.— 240 с.

5. *Ершов А. И., Голдар А. П., Рабко А. Е.* Эффективность взаимодействия фаз на барботажно-прямоточных контактных ступенях // Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических производств.— Харьков, 1985.— Ч. 3.— С. 142—143.

УДК 622.755

Н. П. Кохио, М. Ф. Шнайдерман, А. Н. Ковалев, Э. И. Левданский

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАЧАЛА ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ВДОЛЬ ПОВЕРХНОСТИ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

В последнее время предложены конструкции рукавных фильтров, имеющих рукава с двумя открытыми торцами, в которых реализуется проточный способ фильтрации газов. Сущность способа заключается в том, что пылегазовый поток, поступающий во входной торец рукава, разделяется на две части: основная часть газа, проходя через поверхность рукава, очищается, другая, двигаясь вдоль рукава, способствует сдуву пыли с фильтрующей поверхности и выходит через противоположный торец. При этом процесс регенерации ткани и фильтрации газов происходит одновременно.

Интерес представляет расчет условий, при которых твердые частицы пыли срываются с поверхности фильтровальной перегородки. Подобные задачи возникают

при исследовании пневмотранспорта сыпучих материалов, очистки потоков в циклонах, устойчивости донных насосов и т. д.

Экспериментальные исследования показали, что наиболее достоверные результаты можно получить исходя из условия опрокидывания частицы пыли [1]. При этом частица дополнительно подвергается воздействию потока фильтрации и изменения давления на стенке.

Рассмотрим равновесие сферической частицы, находящейся на слое таких же частиц (рис. 1). В вертикальном направлении на частицу действуют силы тяжести, Архимеда, аэродинамического воздействия осевого потока, их равнодействующая — N ; в горизонтальном направлении — сила аэродинамического воздействия потока фильтрации, сила, обусловленная изменением давления на фильтрующей перегородке, и подъемная сила [2], их результирующая — F .

Запишем условие предельного состояния равновесия частицы пыли: $\Sigma M_A = 0$, где ΣM_A — сумма моментов сил относительно точки возможного перекатывания A частицы. Отсюда условие удержания частицы на перегородке будет иметь вид

$$F \frac{d}{2} \sin 30^\circ \geq N \frac{d}{2}, \quad (1)$$

где d — диаметр частицы, м;

$$N = \psi \frac{\pi d^2}{4} \rho_{\text{ч}} \frac{v}{2} + \frac{\pi d^3}{6} (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}}) g, \quad (2)$$

$$F = \psi \frac{\pi d^2}{4} \rho_{\text{г}} \frac{v_{\text{ф}}}{2} + f \Delta p - \frac{\pi}{3} \rho_{\text{г}} d^3 v \frac{dv}{dr} \quad (3)$$

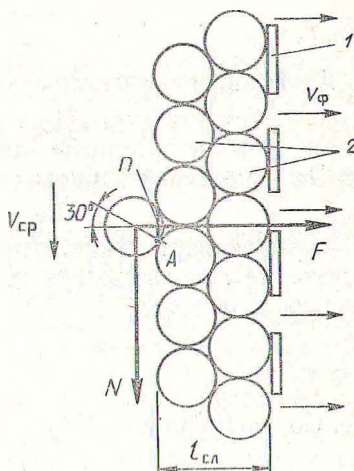


Рис. 1. Силы, действующие на частицу пыли, находящуюся на слое осадка:

1—фильтровальная перегородка; 2—слой осевших частиц

(ψ — коэффициент сопротивления; ρ_r — плотность газа, кг/м³; $\rho_{\text{ч}}$ — плотность частицы, кг/м³; g — ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; $v_{\text{ф}}$ — скорость фильтрации, м/с; f — площадь сечения n ; dv/dr — градиент скорости v на радиусе r частицы, с⁻¹; $\frac{\pi}{3} \rho_r d^3 v \frac{dv}{dr}$ — подъемная сила).

Коэффициент сопротивления ψ определяем по формуле

$$\psi = \frac{24}{\text{Re}} (1 + 0,167 \text{Re}^{0,67}), \quad (4)$$

где Re — критерий Рейнольдса

$$\text{Re} = v_{\text{п}} d / \nu \quad (5)$$

(ν — коэффициент кинематической вязкости, м²/с). При расчете Re использовалась полная скорость $v_{\text{п}}$, определяемая из выражения

$$v_{\text{п}} = \sqrt{v^2 + v_{\text{ф}}^2}, \quad (6)$$

где v — скорость потока газа на расстоянии $d/2$ от слоя, м/с. Согласно работе [3],

$$v = v_{\text{ср}} (1 - e^{-v_{\text{ф}} d / 2v}), \quad (7)$$

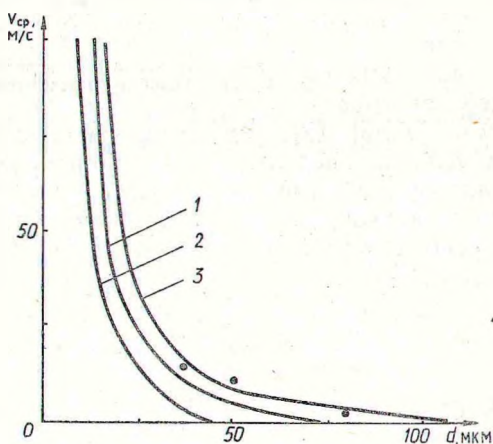


Рис. 2. Влияние диаметра частицы пыли на скорость потока газа при различной толщине слоя частиц:

1—0,09 мм; 2—то же без учета подъемной силы; 3—0,16 мм. $v_{\text{ф}} = 0,09$ м/с

где $v_{\text{ср}}$ — скорость потока за пределами пограничного слоя, м/с.

Для сферических частиц одного размера изменение давления определяется следующим образом [4]:

$$\Delta p = l_{\text{сл}} k \frac{36 (1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3 d^2} \mu v_3, \quad (8)$$

где $l_{\text{сл}}$ — толщина слоя частиц, м; k — коэффициент Козени — Кармана, $k=4,5$; ε — порозность слоя, для шаров одного размера $\varepsilon=0,395$; μ — динамический коэффициент вязкости, Па·с; v_3 — скорость потока в зазорах между частицей и слоем, м/с. С учетом площади зазоров между частицей и слоем $v_3 \approx 3v_{\text{ф}}$.

Из рис. 1 видно, что изменение давления действует на сечение n частицы, площадь которого $f = \pi d^2 / 16$.

Решаем неравенство (1), соблюдая условия (2) — (8). Полученную систему решаем методом последовательных приближений с использованием ЭВМ. Для определения скорости газового потока $v_{\text{ср}}$ при различных условиях требовалось от 5 до 20 итераций. Скорость фильтрации $v_{\text{ф}}$ варьировалась от 0,01 до 0,025 м/с, диаметр частицы d — от 1 до 150 мкм, толщина слоя частиц $l_{\text{сл}}$ — от 0,01 до 0,45 мм.

Результаты решения системы алгебраических выражений представлены на рис. 2, 3. Основное влияние на

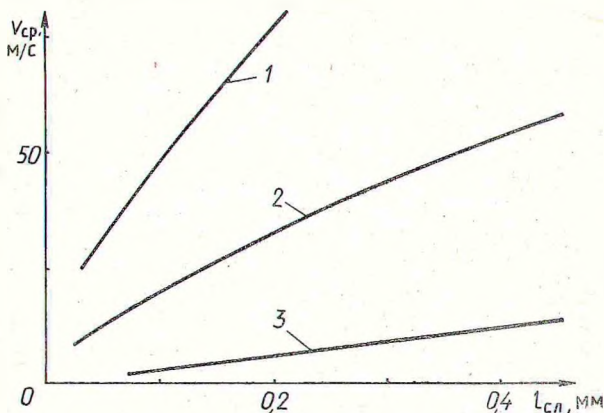


Рис. 3. Влияние толщины слоя частиц на скорость потока газа при различном их диаметре:

1—16 мкм; 2—25 мкм; 3—64 мкм. $v_{\text{ф}}=0,25$ м/с

скорость начала движения частиц оказывают диаметр частиц и толщина слоя. Сила тяжести практически не влияет на $v_{\text{ср}}$, как и $v_{\text{ф}}$.

Результаты расчета сопоставлены с экспериментальными данными. Исследования проводились на фракционированной пыли криолита. Фильтрующий рукав изготавливался из лавсана. Первоначально производили напыление частиц на ткань при определенной скорости фильтрации, затем подачу пыли прекращали, скорость фильтрации поддерживали постоянной, а осевую скорость потока внутри рукава увеличивали. В момент, когда сопротивление фильтра начинало падать, фиксировалась скорость внутри рукава. Результаты эксперимента (рис. 2, экспериментальные точки) соответствуют расчетам (кривая 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мирихулава Ц. Е.* Размыв русел и методика оценки их устойчивости.— М., 1967.— 178 с.
2. *Вязовкин Е. С., Николаев Н. А.* Оценка сил, действующих на каплю, в закрученном газовом потоке // Тр. Казан. хим.-технол. ин-та.— 1971.— Вып. 47.— С. 43—49.
3. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя.— М., 1974.— 712 с.
4. *Аэров М. Е., Тодес О. М., Наринский Д. А.* Аппараты со стационарным зернистым слоем.— Л., 1979.— 176 с.