

2. Справочник по пыли- и золоулавливанию / Под. ред. М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др. Под общей ред. А.А. Русанова. – 2 изд. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
3. Руководящие технические материалы. Пневмотранспорт сыпучих материалов МХП СССР, Томск, 1987. – 188 с.
4. Василевский М.В., Никульчиков В.К., Анисимов Ж.А., Ледовских А.К., Сохареv В.Г. Применение циклонных пылеуловителей в производстве радиоактивных материалов. // Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды: Докл. Международной конф. – Томск: Изд-во Томского университета, 1995. – Т.3. – С. 312

УДК 66.067.1

ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТОЯНИЯ ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ НА ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПОДЛОЖКЕ

Василевский М.В., к.т.н., Разва А.С., к.т.н., Саттаров У.С.

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: razva@mail.ru

В процессе фильтрации газа через пористую перегородку осажденная пыль находится в агломерированном состоянии. Уплотнение слоя при накоплении частиц связано с переформированием агрегатов. Уравнение Козени - Кармана отражает связь между скоростью фильтрации,

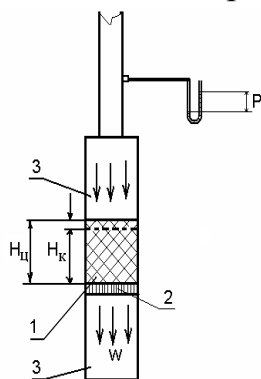


Рис.1 Устройство для определения параметров дисперсного материала: 1 – рабочая секция, 2 – фильтр, 3 – вспомогательные секции.

пористостью слоя, перепадом давления, удельной поверхностью частиц в слое, толщиной слоя. Удельная поверхность частиц в слое является неизвестной величиной, поэтому предлагается ее определять из соотношения Козени - Кармана по полученным из эксперимента всем другим величинам.

Процесс фильтрации в экспериментальной установке проводят на заранее сформированных сжимаемых слоях из частиц различной крупности. При этом фиксируется скорость фильтрации, изменение пористости, перепад давления, толщина слоя. Полагается, что величина удельной

поверхности частиц остается неизменной при осуществлении процессов фильтрации в аналогичных условиях производства.

В системах газоочистки фильтрация газа через слой частиц является самым эффективным средством обеспыливания газов. В качестве обеспыливателей применяют гибкие перегородки из тканей, металлических сеток. Процесс обеспыливания газа осуществляется в сформиро-

ванном слое из отфильтрованных частиц, [1]. Механические характеристики сформировавшегося слоя частиц определяют методы регенерации фильтровальных перегородок, от которых зависит эффективность, устойчивость обеспыливания, надежность функционирования фильтра.

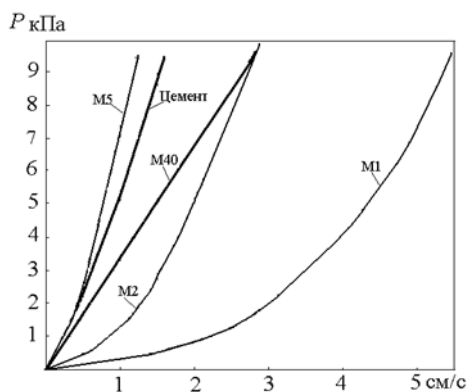


Рис.2. Давление воздуха перед рабочим цилиндром высотой 4.8 см. от скорости фильтрации.

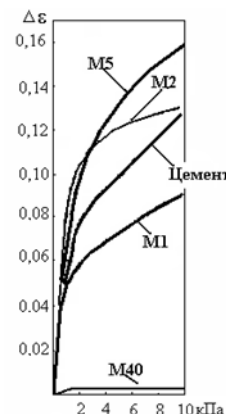


Рис.3. Изменение средней пористости от давления

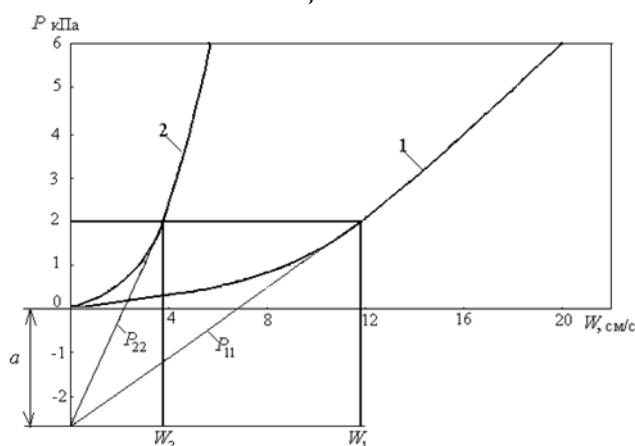


Рис. 4. Зависимость давления на входе в цилиндры от скорости воздуха в цилиндрах. P11, P22 - линии давлений, аппроксимирующие реальные изменения в диапазоне 1,5 - 2,5 кПа. с начальной координатой в точке «а».

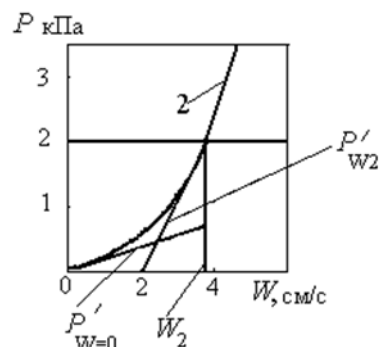


Рис.5. Схема определения производных

В [2] приведен анализ способов определения удельного сопротивления осадка.

Суммарное сопротивление $R_{\Sigma} = R_{\text{сл}} + R_{\text{ф}}$, 1/м. Для несжимаемого слоя и фильтрующей перегородки $P_{\Sigma} = \mu R_{\Sigma} W$, Па, где μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с. Величина $R_{\text{сл}} = r_0 H_{\text{к}}$, где r_0 – величина удельного сопротивления слоя, 1/м². В [2] не рассмотрен вопрос о напряжениях, возникающих в сформированном на пористой перегородке слое, кото-

рые зависят от перепада давления. Напряжение в дисперсном теле увеличивается по направлению к перегородке, следовательно, уменьшается порозность слоя и увеличивается удельное сопротивление. В [2] величина удельного сопротивления по высоте слоя принимается осредненной, постоянной, но зависит от давления. Определены механические характеристики дисперсных тел, сформированных засыпкой в цилиндры тонкодисперсных порошков, состоящих из агломератов частиц (рис.1). Выяснилось [3], что насыпная плотность в цилиндре зависит от метода подготовки материала к засыпке, относительной влажности воздуха, от материала цилиндра, от высоты цилиндра. На рис. 2, 3 показаны экспериментальные зависимости изменения давления от скорости фильтрации и изменение порозности от давления для различных порошков в цилиндре из металлопластика высотой 48 мм с одним и тем же фильтром из ткани, который после каждого опыта освобождался от слоя частиц. Материал после просеивания через сито с ячейкой 1 мм^2 состоит из агломерированных частиц и после засыпки в рабочий цилиндр имеет насыпную плотность, которая обуславливается аутогезионными взаимодействиями между частицами.

Оценку перераспределения сопротивлений между слоем и фильтром рассмотрим на примере фильтрации воздуха через слой порошка М2 в цилиндрах высотой 10 и 40 мм [3]. На рис.4 показаны кривые 1 и 2 зависимости давления от скорости для цилиндров высотой 10 и 40 мм.

Кривые 1 и 2 показывают, что слой сжимаем. Проведем линию $P = S = \text{const}$ таким образом, чтобы касательные к линиям 1 и 2 в точках пересечения пересекали ось ординат при $a_1 \approx a_2 \approx a = 2.68 \text{ кПа}$ (рис.4). Проведем аппроксимацию кривых в диапазоне давлений $P = 1.5\text{--}2.5 \text{ кПа}$ следующим образом:

$$\frac{dP_2}{dW} \Big|_{p=s} = \mu R_{\Sigma 2} = \frac{S}{W_2}; \quad \frac{dP_1}{dW} \Big|_{p=s} = \mu R_{\Sigma 1} = \frac{S}{W_1}.$$

В диапазоне давлений $P = 1.5\text{--}2.5 \text{ кПа}$ эта линия соответствует значению $P = S \approx 2 \text{ кПа}$. Кривые изменения давления от скорости для несжимаемых слоев представим линейными зависимостями $P_{11} = \mu R_{\Sigma 1} W$, $P_{22} = \mu R_{\Sigma 2} W$, P_{11} , P_{22} – давления воздуха перед слоем высотой $H_{к1}$ и $H_{к2}$ с начальной координатой линейных аппроксимаций в точке a , $R_{\Sigma 1}$, $R_{\Sigma 2}$ – сопротивление слоя высотой $H_{к1}$ и $H_{к2}$ соответственно. Из этих соотношений следует:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{P_{11}}{\mu W}, \quad R_{\Sigma 2} = \frac{P_{22}}{\mu W}, \quad r_0 = \frac{R_{\Sigma 2} - R_{\Sigma 1}}{H_{\kappa 2} - H_{\kappa 1}}, \quad R_{\phi} = \frac{R_{\Sigma 1} H_{\kappa 2} - R_{\Sigma 2} H_{\kappa 1}}{H_{\kappa 2} - H_{\kappa 1}}. \quad (1)$$

Имеем следующие данные для расчета: $H_{\kappa 1} = 10 \cdot (1 - \Delta \epsilon) \cdot 10^{-3} = 10 \cdot (1 - 0,1) \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; аналогично $H_{\kappa 2} = 40 \cdot (1 - \Delta \epsilon) \cdot 10^{-3} = 40 \cdot (1 - 0,1) \cdot 10^{-3} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Согласно рисунку 4 имеем следующие данные параметров: $W_1 = 11,8 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$; $W_2 = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$; $P_{22s} = (a+2) \cdot 10^3 = P_{11s} = 4,68 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Подставляя эти данные в величины, входящие в формулу (1), получим $R_{\Sigma 1} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ 1/м}$; $R_{\Sigma 2} = 6,8 \cdot 10^9 \text{ 1/м}$; $R_{\phi} = 0,67 \cdot 10^9 \text{ 1/м}$; $r_0 = 1,7 \cdot 10^{11} \text{ 1/м}^2$. Отметим, что давление в диапазоне $P = 1,5 - 2,5 \text{ кПа}$ определяется по соотношениям $P_2 = P_{22} - 2,68 \text{ кПа}$; $P_1 = P_{11} - 2,68 \text{ кПа}$.

Положим, что после проведения процесса фильтрации дисперсное тело состоит из уплотненной и неуплотненной частей. Для оценки распределения уплотненной и неуплотненной частей по длине дисперсного тела воспользуемся кривой 2 на рис.4. Обозначим $P'|_{W=0} = (dP/dW)|_{W=0}$, $P'|_{W_2} = (dP/dW)|_{W_2}$ – производная при $W=W_2$ (рис.5).

Запишем соотношения фильтрации для неуплотненного и уплотненного дисперсного тела в виде $P'|_{W=0} = H_{\kappa} \mu r_{0н}$, $P'|_{W_2} = H_{\kappa} \mu r_{0у}$. Общее давление складывается из потерь давления на участке неуплотненной части дисперсного тела и потерь давления на участке уплотненной части тела. $P = W_2(h_{н} \mu r_{0н} + (H_{\kappa} - h_{н}) \mu r_{0у})$ или

$$h_{н}/H_{\kappa} = [P'|_{W_2} - (P/W_2)] / [P'|_{W_2} - P'|_{W=0}]. \quad (2)$$

Например, из рисунка 5 следует $P'|_{W_2} = 2 / (3,8 - 2,2) = 1,25$; $P'|_{W=0} = 0,75 / 4 = 0,19$; $P/W_2 = 2 / 3,8 = 0,52$. Подставляя эти величины в формулу (2), получим $h_{н}/H_{\kappa} = 0,69$. Следовательно, высота уплотненной части дисперсного тела составляет менее трети высоты цилиндра. Эти данные позволяют провести оценку напряжений в слое частиц.

Список литературы:

1. Фильтры для улавливания промышленных пылей /М.Г. Мазус, А.Д. Мальгин, М.Л. Моргулис.– М.: Машиностроение. 1985.– 240 с.
2. Жужиков В.А. Фильтрование: Теория и практика разделения суспензий. – М.: Химия, 1980, 400 с.
3. Василевский М.В., Романдин В.И., Разва А.С., Зыков Е.Г., Полюшко В.А.. Метод определения характеристик слоя дисперсного материала на пористой фильтрующей перегородке //Материалы восемнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2012. С. 303–306.