

ГИДРАВЛИКА

Р. М. МИРЗАХАНЯН, Р. Е. АКОПЯН

О РАСХОДЕ ВОЗДУХА ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТЕ
 СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ПЛОТНОМ СЛОЕ

При пневматическом транспортировании различных сыпучих материалов важное значение имеет концентрация движущейся аэросмеси, так как с ней связаны определяющие параметры процесса — необходимое давление и расход воздуха. Эта концентрация может характеризоваться величиной объемного расхода воздуха в условиях начала транспортной трубы, необходимого для перемещения единицы массы сыпучего материала — n_0 ($\text{см}^3/\text{кг}$)

$$n_0 = Q/G, \quad (1)$$

где Q — объемный расход воздуха в начале транспортной трубы, $\text{м}^3/\text{с}$;
 G — массовый расход транспортируемого материала, $\text{кг}/\text{с}$.

В настоящей работе предлагается метод расчета n_0 при транспортировании сыпучих материалов размерами частиц больше $0,1 \text{ мм}$ при помощи камерного питателя, изображенного на рис. 1 [1]. Предполагая, что в транспортную трубу поступает аэросмесь с постоянной пористостью ε , равной пористости нарыхлого неподвижного слоя данного материала, можно написать:

$$Q = w\varepsilon F; \quad (2)$$

$$G = \beta(1 - \varepsilon) F\rho_r, \quad (3)$$

В этих уравнениях w — скорость воздуха в порах между частицами, $\text{м}/\text{с}$; F — площадь сечения транспортной трубы, м^2 ; ρ_r — плотность твердых частиц, $\text{кг}/\text{м}^3$; β — скорость твердых частиц в начале транспортной трубы, $\text{м}/\text{с}$.

Разность $(w - \beta)$ есть скорость воздуха относительно движущихся частиц, а относительная скорость u , рассчитанная на полное сечение трубы, определяется как

$$u = \varepsilon(w - \beta). \quad (4)$$

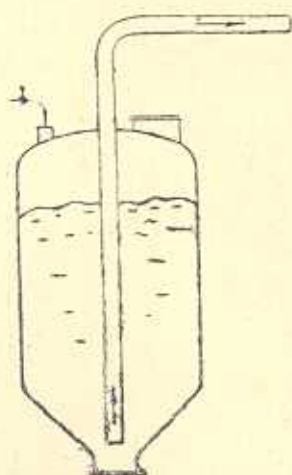


Рис. 1. Пневмотранспортная установка.

Из приведенных уравнений (1) — (4) получается следующее выражение для определения n_0 ,

$$n_0 = \frac{\varepsilon}{(1-\varepsilon)\rho_T} + \frac{u}{\beta(1-\varepsilon)\rho_T} \quad (5)$$

Для данной транспортной линии и сыпучего материала при заданной производительности значения ε , β и ρ_T известны. Скорость u обуславливается перепадом давления воздуха ΔP (Па) в начальном участке транспортной трубы длиной Δl (м), определяемым уравнением

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_M, \quad (6)$$

где ΔP_0 — перепад давления, при котором начинается пневмотранспорт, Па; ΔP_M — потери давления на преодоление местного сопротивления при входе аэромеси из емкости в транспортную трубу, Па; ΔP_0 равен весу частиц в слое длиной Δl , отнесенному к единице поперечного сечения трубы:

$$\Delta P_0 = \rho_T g (1 - \varepsilon) \Delta l, \quad (7)$$

где g — ускорение силы тяжести, м/с². Потери давления ΔP_M выражаются через скоростной напор следующим уравнением

$$\Delta P_M = \zeta \frac{1-\varepsilon}{\Phi} \beta^2 \rho_T u^2, \quad (8)$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления.

С другой стороны ΔP обуславливается относительным движением воздуха со скоростью u через поры движущихся частиц и определяется уравнением [2]

$$\Delta P = \lambda \frac{3(1-\varepsilon)}{2\varepsilon^3\Phi} \cdot \frac{\Delta l}{d} \cdot \frac{\rho u^2}{2}, \quad (9)$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м³; d — диаметр эквивалентного шара, имеющего тот же объем, что и бесформенная частица данного материала, м; Φ — фактор формы частиц; λ — коэффициент сопротивления, зависящий от гидродинамического режима движения воздуха через поры слоя, определяемого приведенным критерием Рейнольдса

$$Re = \frac{2u\varphi\Phi d}{3(1-\varepsilon)\mu}, \quad (10)$$

где μ — вязкость воздуха, Па·с. λ рассчитывается следующим уравнением [2]

$$\lambda = \frac{122,3}{Re} \cdot \frac{u_0}{u} + 2,34 \left(\frac{u_0}{u} \right)^{0,25}, \quad (11)$$

где u_0 — скорость начала псевдооживления твердых частиц, м/с.

На рис. 2 приведены опытные данные зависимости n_0 от β при транспортировании различных сыпучих материалов по трубопроводам раз-

личных диаметров D и длин L . Значения n_0 и β вычислены уравнениями (1) и (3). Характеристики испытуемых материалов приведены в таблице.

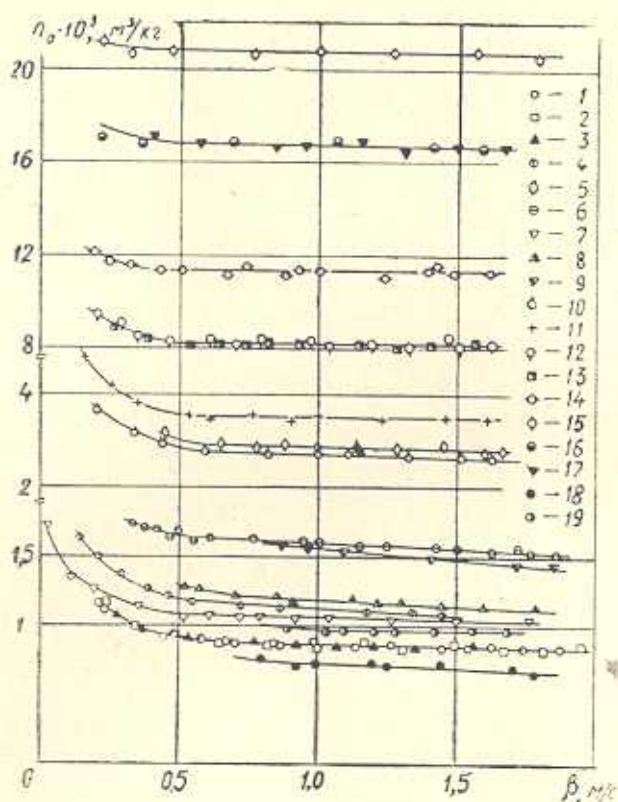


Рис. 2. Зависимость n_0 от скорости твердых частиц β . 1 — кварцевый песок, $D=52$ мм, $L=10$ м; 2 — 25, 10; 3 — 78, 10; 4 — 15, 7; 5 — 8, 7; 6 — 12, 2; 7 — 19, 1,85; 8 — кремнемедный сплав, $D=16$ мм, $L=7$ м; 9 — 11, 7; 10 — карбамид, $D=78$ мм, $L=10$ м; 11 — 52, 10; 12 — вермикулит, $D=37$ мм, $L=1,25$ м; 13 — 52, 10; 14 — 20, 2; 15 — перлит, $D=37$ мм, $L=1,25$ м; 16 — 52, 10; 17 — 68, 10; 18 — титано-магнийный концентрат, $D=16$ мм, $L=7$ м; 19 — 11, 7.

Таблица

Характеристики транспортируемых материалов

№	Материал	d , мм	ρ_T , кг/м ³	ϵ	Φ
1	Кварцевый песок	0,23	2640	0,47	0,828
2	Кремнемедный сплав	0,17	2470	0,506	0,71
3	Карбамид	1,08	1335	0,435	0,875
4	Вермикулит	0,33	392	0,577	0,755
5	Перлит	0,45	142	0,58	0,787
6	Титано-магнийный концентрат	0,164	4510	0,5055	0,761

Для опытных точек рис. 2 уравнениями (6), (7), (8) и (9) вычислены величины ζ . При этом принимается $\Delta l = 1$ м и, следовательно, полученные значения ζ относятся к 1 м высоты слоя твердого материала. Для каждой серии опытов (при пневмотранспорте данного материала по данному трубопроводу) отклонения коэффициента ζ от его среднего значения не превышало 5%. На рис. 3 представлена зависимость средних для каждой серии опытов значений ζ от соотношения d/D . Получается, что $\zeta = 28,12$ при $d/D < 0,01$ и $\zeta = 281200 (d/D)^2$ — при $d/D > 0,01$.

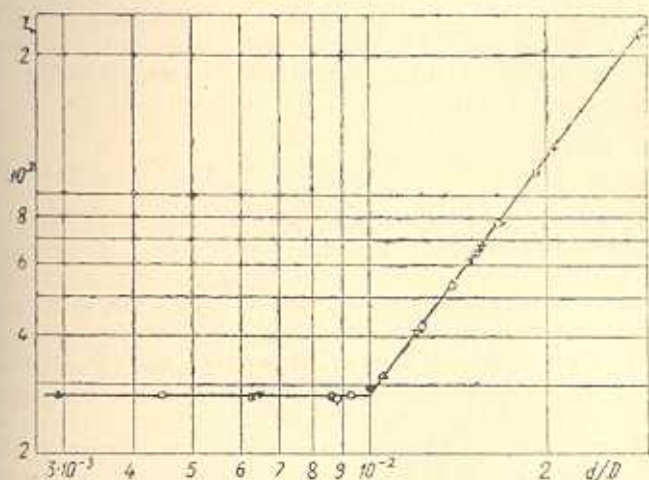


Рис. 3. Зависимость коэффициента местного сопротивления ζ от d/D (опытные точки соответствуют условиям рис. 2).

Расчет n_0 проводят в следующем порядке. Для данного материала и трубопровода уравнениями (8), (7) и (6) определяются ΔP_m , ΔP_0 и ΔP (принимается $\Delta l = 1$ м). Затем из уравнений (9), (10), (11) определяется u , а из (5) — n_0 .

ЕрПИ им. К. Маркса

Поступило 21 II.1978

Ռ. Մ. ՄԻՐՉԱԽԱՆՅԱՆ, Ռ. Ե. ԶԱԿՐՅԱՆ

ՕՅԻ ԾԱԽԵՐ ՍՈՐՈՒՆ ԵՅՈՒԹԵՐԻ ԿՈՏ ՇԵՐՏՈՎ
ՊԵՆՎՄՈՏՐԱՆՍՊՈՐՏԻ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. ի. մ.

Առաջարկված է եղանակ՝ խիտ շերտով պինձոտրանսպորտի ժամանակ սորուն նյութերի միավոր քանակի տեղափոխման անհրաժեշտ ծախսը որոշելու համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гаспарян А. М., Акопян Р. Е. Авторское свидетельство. № 107815. 12.VII.1957.
2. Мирзаханян Р. М., Акопян Р. Е., Даниелян Н. Х. Пневмотранспорт сыпучих материалов в плотном слое. «Известия АН АрмССР (серия Т. Н.)», т. XXXI, № 1, 1978