

А. Е. СМОЛДЫРЕВ

**О СОПРОТИВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЮ ПРИ ПНЕВМАТИЧЕСКОМ  
ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ТЯЖЕЛЫХ МАТЕРИАЛОВ***(Представлено академиком А. И. Некрасовым 24 XI 1951)*

1. В настоящее время, в связи с широким применением в промышленности пневматического транспорта тяжелых кусковатых материалов, существенным является вопрос расчета транспортных установок. Одна из основных задач расчета пневмотранспорта — определение потерь давления. Для определения этих потерь при движении смеси материалов и воздуха обычно принимают, что

$$\Delta P_m = (1 + \mu \operatorname{tg} \alpha) \Delta P_v, \quad (1)$$

где  $\mu$  — коэффициент смеси, т. е. отношение весового количества материала к весовому количеству воздуха в единицу времени;  $\alpha$  — угол наклона прямой в координатах  $\Delta P_m / \Delta P_v$ ;  $\mu$ ;  $\Delta P_v$  — потери давления при движении чистого воздуха <sup>(1)</sup>.

Уравнением (1) пользуются при расчетах пневматических транспортных установок для перемещения легких материалов с малыми перепадами давления, порядка 0,5—0,6 атм. В этих случаях с достаточной для практических целей точностью принимается постоянная плотность воздуха по всей длине трубопровода. При пневматическом транспортировании тяжелых кусковатых материалов (например, дробленых горных пород для закладки выработанного пространства на угольных шахтах) требуются перепады давления сжатого воздуха до 4—5 атм. Уравнение (1) в приложении к условиям пневмотранспорта тяжелых кусковатых материалов нельзя считать обоснованным, так как очевидно, что при указанной величине перепадов давления нельзя считать плотность воздуха постоянной.

В настоящей работе сделана попытка дать приближенную формулу для определения коэффициента сопротивления движению при транспортировании тяжелых кусковатых материалов типа дробленых коренных горных пород на основе обработки обширного экспериментального материала.

2. Перепад давления при движении смеси материала и воздуха можно представить как сумму потерь давления за счет трения массы воздуха о стенки трубопровода и полезных потерь давления, вызываемых переносом находящегося в трубопроводе материала. Силу сопротивления на единицу длины трубопровода можно выразить величиной

$$\lambda_{пр} \frac{\rho v_v^2}{2} F,$$

где  $\lambda_{пр}$  — безразмерный коэффициент сопротивления, учитывающий оба вышеозначенных фактора;  $\rho$  — плотность воздуха;  $v_v$  — средняя в сечении трубопровода скорость воздуха;  $F$  — поперечное сечение трубопровода.

Рассмотрим зависимость  $\lambda_{пр}$ , определяющего сопротивление движению воздуха, от параметров, характеризующих практический режим пневматического транспортирования. На основании многочисленных опытных данных, в частности данных, приведенных в работах (1, 2), можно считать, что при транспортировании закладочных материалов в горизонтальном трубопроводе в условиях шахты средний для данной длины трубопровода коэффициент сопротивления  $\lambda_{пр}$  выражается зависимостью:

$$\lambda_{пр} = f(\Delta P, \mu, l), \quad (2)$$

где  $\Delta P$  — перепад давления;  $l$  — приведенная длина трубопровода с учетом эквивалентных отрезков трубопровода вместо закруглений.

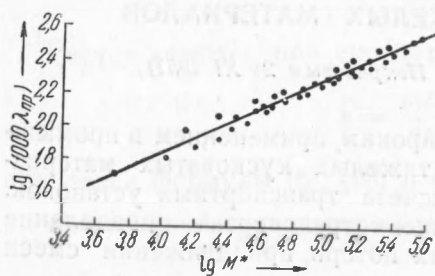


Рис. 1

уравнение (2) в безразмерных параметрах, получим:

$$\lambda_{пр} = f(M^*), \quad (3)$$

где  $M = [\mu (\Delta P / \gamma_{вк} l)^2]^n$ ; здесь  $\gamma_{вк}$  — удельный вес воздуха у выхлопного конца рабочего трубопровода.

Для определения показателя степени в уравнении (3) на основании экспериментальных данных о перемещении рядовых закладочных материалов откладываем по осям координат логарифмы значений  $M^*$  и  $\lambda_{пр}$  (см. рис. 1). Из полученного графика находим

$$n = \frac{d [\lg (1000 \lambda_{пр})]}{d (\lg M^*)} = 0,47;$$

тогда коэффициент сопротивления движению определится по формуле:

$$\lambda_{пр} = 65 \cdot 10^{-5} \mu^{0,47} \left( \frac{\Delta P}{\gamma_{вк} l} \right)^{0,94}. \quad (4)$$

Выражение (4) найдено для горизонтального трубопровода.

3. В результате рассмотрения данного вопроса получено уравнение для определения коэффициента сопротивления движению при транспортировании тяжелых кусковых материалов типа дробленых горных пород (глинистые сланцы и песчаники) гранулометрического состава 0—80 мм. При выполнении расчета пневматических транспортных и, в частности, закладочных установок по формулам газовой динамики использование значений  $\lambda_{пр}$ , определяемых по формуле (4), очевидно, обеспечит требуемую практикой точность.

Институт горного дела  
Академии наук СССР

Поступило  
19 XI 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> А. О. Спиваковский, Конвейерные установки, ч. 4, 1935. <sup>2</sup> J. T. Whetton and K. N. Sinha, Colliery Engin., No. 309, 310 (1949); Nos. 311, 314, 315 (1950).