

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПЫЛЕВОЙ ЧАСТИЦЫ В КОЛЬЦЕВОМ ЗАЗОРЕ АСПИРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА

Проф. Ковчур С.Г., доц. Федосеев Г.Н., ст. преп. Потоцкий В.Н., доц. Ольшанский В.И. (ВГТУ)

Рассмотрим пылевую частицу в кольцевом зазоре шарошки (рис. 1):

$$\cos \alpha = \sin \gamma = OA/OB = r/(r+\delta) \approx 1 - \delta/r;$$

при  $\delta \ll r$   $\cos \alpha \approx 1$ , т.е. можно считать, что скорости воздушного потока, созданного шарошкой, направлены вдоль начальной скорости  $\vec{V}_0$  пылевой частицы, поэтому можно считать, что траектории частицы - прямая линия АВ.

На рис. 2 показана пылевая частица, перемещающаяся в зазоре со скоростью  $\vec{V}$  (ее начальная скорость  $\vec{V}_0$  равна окружной скорости шарошки) и испытывающая лобовое сопротивление воздушной среды [1]

$$F = K \frac{\gamma W^2}{2} S, \quad (1)$$

где  $S$  - площадь миделева сечения,  $W = V - u$  - относительная скорость частицы в потоке воздуха, равная по величине скорости обтекающей частицу воздушного потока,  $\gamma$  - плотность воздуха,  $K = \varphi K_{\text{ш}}$  - коэффициент лобового сопротивления ( $\varphi$  - коэффициент формы частицы,  $K_{\text{ш}}$  - коэффициент сопротивления эквивалентного шара, зависящий от числа Рейнольдса

$$Re = \frac{W d_{\text{экв}}}{\nu}, \quad (2)$$

где  $\nu$  - кинематическая вязкость воздуха,  $d_{\text{экв}}$  - диаметр эквивалентного шара). Полагая частицу круговым цилиндром ( $d$  - диаметр,  $L$  - длина,  $S = dL$ ), получим (из равенства [1] скоростей витания):

$$\left( \frac{\pi d_{\text{экв}}^2}{4} \right) / \left( \frac{\pi d_{\text{экв}}^2}{6} \right) = (\varphi dL) / \left( \frac{\pi d^2}{4} L \right), \quad d_{\text{экв}} = \frac{3\pi}{8\varphi} d.$$

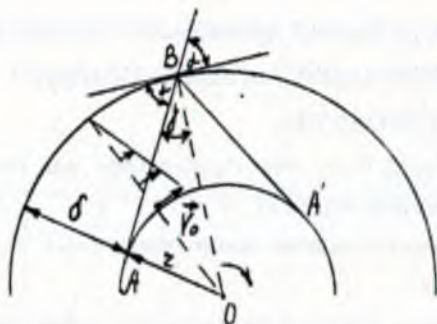


Рисунок 1.

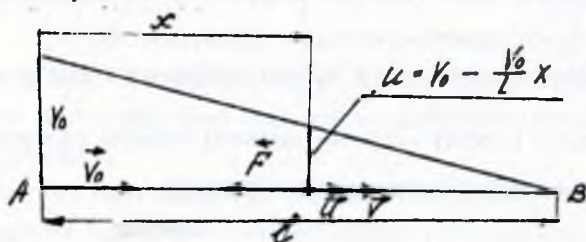


Рисунок 2.

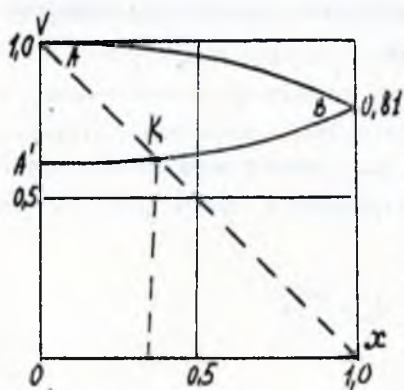


Рисунок 3.

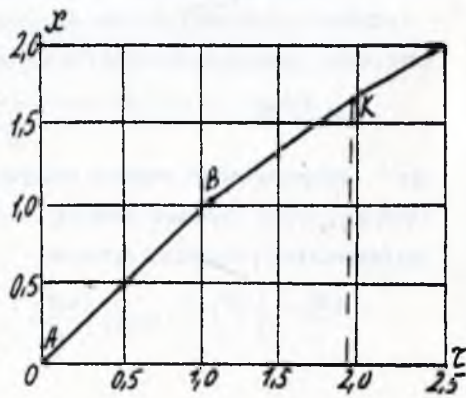


Рисунок 4.

В условиях рассматриваемого устройства число (2) не превосходит значения 400, что дает возможность воспользоваться формулой Клячко [1]

$$K_{\omega} = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt[3]{Re}},$$

где число (2)

$$Re = 400(v - 1 + \varepsilon).$$

Здесь введены безразмерная скорость  $v = V/V_0$  и безразмерная координата  $\varepsilon = x/l$  (рис. 2).

Приведем к этим переменным дифференциальное уравнение задачи

$$m \frac{dV}{dt} = F,$$

где сила сопротивления воздушной среды дается выражением (1), т.е. уравнение

$$mV \frac{dV}{dX} = -\varphi K_{\omega} \frac{\gamma (V - V_0 + V_0 x/l)^2}{2} S,$$

найдем:

$$\frac{dv}{dx} = -CK_{\omega} \frac{(v-1+x)^2}{v}, \quad (3)$$

где безразмерная константа

$$C = \frac{\gamma \varphi S l}{2m}. \quad (4)$$

Полагая константу (4) равной единице, проинтегрируем уравнение (3) - см. рис. 3. На рис. 3 показаны линейное по длине траектории АВ (рис. 1, 2) распределение скоростей воздушного потока (штриховая прямая) и графики изменения скорости частицы в движении из положения А в положение В и в попятном движении (после отражения от стенки улитки устройства) из положения В в положение А (рис. 1). В положении, отвечающем точке К второго графика, изменяется направление силы лобового сопротивления: утолщенной линией показан график изменения скорости на участке ускоренного движения.

В движении из положения А в положение В (см. верхний из графиков рис. 3) можно, очевидно, положить  $v \approx 1$  (что тем более справедливо в условиях рассматриваемого устройства, для которого константа (4)  $C \approx 0.1$ ).

Дифференциальное уравнение задачи (3) приобретает вид

$$\frac{dv}{dx} = - \left( \frac{24}{400x} + \frac{4}{\sqrt[3]{400x}} \right) x^2 = -0.06x - 0.54x^{5/3}$$

и может быть легко проинтегрировано. Скорость частицы в положении В (при  $x=1$ )

$$v \approx 0.77,$$

что отличается от значения  $v = 0.81$ , полученного интегрированием уравнения (3), на 5 %.

Закон движения частицы получается интегрированием уравнения

$$\frac{dx}{dt} = V(x),$$

или, если ввести безразмерные переменные

$$x=l/\tau, v=V/V_0, \tau=t/T, T=l/V_0,$$

где решение дифференциального уравнения

$$\frac{dx}{d\tau} = v(x)$$

- см. рис. 4. Утолщенная линия изображает ускоренное движение частицы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Федосеев Г.Н., Потоцкий В.Н., Ольшанский В.И. Пылевая частица в кольцевом зазоре аспирационного устройства.-Витебск: ВГТУ, 1997.
2. Буянов А.А. и др. Аспирационные и пылеуборочные установки обувных и кожгалантерейных предприятий. Справочное пособие.-М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 г.- 184 с.