

Пневмопривод

В задачах требуется рассчитать магистральный пневмопривод поступательного движения. Расчеты пневмосистем производятся на основе фундаментальных законов сохранения массы и энергии, математическим описанием которых для газовых течений являются уравнение сплошности и уравнение Бернулли.

Уравнение сплошности показывает, что массовый расход газа M_p через все поперечные сечения трубопровода S есть величина постоянная для данного потока:

$$M_p = \rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2 = const, \quad (1)$$

где ρ_1 и ρ_2 , V_1 и V_2 - плотность и скорость газа первого и второго сечения;

S_1 и S_2 - соответственно площади живых сечений. Движение газа на длинных пневмолиниях аппроксимируется изотермическим процессом, так как вследствие действия сил трения и теплообмена газа с окружающей средой температура газа вдоль труб практически не изменяется.

Интеграл Бернулли для изотермического течения газа имеет вид

$$\frac{P_0}{\rho_0} \ln \frac{P}{P_0} + \frac{V^2}{2} = const, \quad (2)$$

где ρ_0 - плотность газа при давлении P_0 .

Из уравнения массового расхода (32) находим

$$V_n = M_p / \rho S_n, \quad (3)$$

где S_n - площадь поршня;

ρ - плотность воздуха в поршневой полости.

Считая процесс изотермическим, имеем

$$p = P/RT, \quad (4)$$

где $T = 293$ К - абсолютная температура;

$R = 287$ Дж/кг К - универсальная газовая постоянная для сухого воздуха;

$$p = p_{at} + \frac{P}{S_n}$$

S_n - давление в поршневой полости цилиндра.

Массовый расход найдем по формуле

$$M_p = S \sqrt{\frac{P_0^2 - P^2}{RT \xi_{сист} - 2 \ln \frac{P}{P_0}}}, \quad (5)$$

$$\text{где} \quad \xi_{сист} = \lambda \frac{l}{d} + \xi_v + \xi_p. \quad (6)$$

Для квадратичной зоны сопротивления коэффициент гидравлических сопротивлений λ определяем по формуле

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}.$$

Для доквадратичного сопротивления коэффициент гидравлических сопротивлений λ определяем по формуле

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}.$$

Число Рейнольдса

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{M_p \cdot d}{\rho S V} = \frac{4 M_p}{\pi D \rho V}.$$

Для изотермического процесса

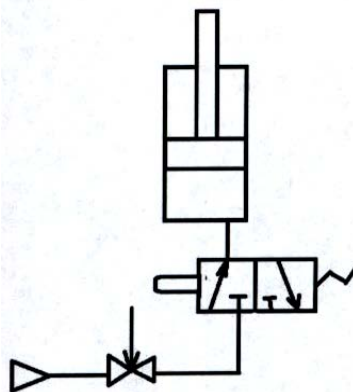
$$\rho v = \rho_{am} v_{am} = \left(\frac{P_{am}}{RT} \right) v_{am} = 1,75 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}.$$

Здесь принято $v_{ат} = 0,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ вязкость воздуха при $P_{ат} = 98100 \text{ Па}$ и $T = 293 \text{ К}$.

Задача 11

В магистральном пневмоприводе, содержащем вентиль, распределитель и пневмоцилиндр с поршнем, известны следующие величины: диаметр поршня D ; диаметр труб d ; температура воздуха $t = 20^\circ\text{С}$; подводимое давление $p_0 = 0,63 \text{ МПа}$; сила, приложенная к поршню P ; сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi = 12$; общая длина труб l ; эквивалентная шероховатость $\Delta = 0,02 \text{ мм}$.

Определить массовый расход воздуха M_p .



Исходные данные	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{мм}$	6	8	10	15	20	25	10	6	8	15
$D, \text{мм}$	80	125	100	150	63	50	140	70	200	250
$P, \text{кН}$	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	0,4	0,3	0,6	0,8
$l, \text{м}$	10	8	12	15	20	25	12	10	12	15