

**Задача 1.** Найти массовый и объемный расходы воздуха, проходящего по трубе диаметром  $d = 0,4$  м со скоростью  $v = 10$  м/с. Давление в потоке  $p = 5 \cdot 10^5$  Па, температура  $T = 313$  К.

**Решение:**

Объемный расход воздуха по трубе равен

$$Q_V = Sv \text{ (м}^3/\text{с)},$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения трубы

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \text{ (м}^2\text{)},$$

тогда

$$Q_V = \frac{\pi d^2 v}{4} \text{ (м}^3/\text{с)},$$

$$Q_V = \frac{3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 10}{4} \approx 1,26 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Массовый расход воздуха по трубе равен

$$Q_m = \rho Q_V \text{ (кг/с)},$$

где  $\rho$  - плотность воздуха (кг/м<sup>3</sup>).

Считаем, что воздух, движущийся в трубе, это идеальный газ, тогда плотность воздуха найдем из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$p = \rho RT,$$

где  $R$  - газовая постоянная воздуха,  $R = 287$  Дж/(кг · К),

откуда плотность равна

$$\rho = \frac{p}{RT} \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Тогда массовый расход равен

$$Q_m = \frac{\pi d^2 v p}{4RT} \text{ (кг/с)},$$

$$Q_m = \frac{3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^5}{4 \cdot 287 \cdot 313} \approx 6,95 \text{ кг/с}.$$

**Ответ:**  $Q_V = 1,26 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $Q_m = 6,95 \text{ кг/с}$ .

**Задача 2.** Определить потери напора при подаче воды со скоростью  $v = 12$  см/с через трубку диаметром  $d = 2$  см и длиной  $l = 20$  м при температуре воды  $t = 20$  °С.

**Решение:**

Переведем все заданные величины в систему СИ:

$$v = 12 \text{ см/с} = 0,12 \text{ м/с};$$

$$d = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м};$$

$$l = 20 \text{ м}.$$

Потери напора воды по длине трубки рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха

$$h_{\text{дл}} = \lambda \frac{l v^2}{d 2g},$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического трения, который зависит от числа Рейнольдса течения воды;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

Вычислим число Рейнольдса течения воды в трубке

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu},$$

где  $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости воды,  $\nu = 1,307 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при температуре воды  $t = 20$  °С.

$$\text{Re} = \frac{0,12 \cdot 0,02}{1,307 \cdot 10^{-6}} \approx 1836 < 2300$$

– режим течения воды в трубке ламинарный. В этом случае коэффициент гидравлического трения рассчитывается по формуле Гагена-Пуазейля

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}},$$
$$\lambda = \frac{64}{1836} \approx 0,0349.$$

Тогда

$$h_{\text{дл}} = 0,0349 \cdot \frac{20}{0,02} \frac{0,12^2}{2 \cdot 9,81} \approx 0,0257 \text{ м} = 2,57 \text{ см}.$$

**Ответ:**  $h_{\text{дл}} = 2,57$  см.