

Практическое занятие 2

Пример 1. Определить режимы движения воды при температуре 20 °С и индустриального масла И-30А при температуре 50 °С в трубе диаметром 50 мм при одном и том же расходе жидкости $Q = 2,0$ л/с.

Решение. Определяем среднюю скорость движения жидкости в трубе:

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,05^2} = 1,02 \text{ м/с.}$$

Определяем числа Рейнольдса в первом и втором случаях:

$$Re_1 = \frac{vd}{\nu_1} = \frac{1,02 \cdot 0,05}{0,01 \cdot 10^{-4}} = 51000;$$

$$Re_2 = \frac{vd}{\nu_2} = \frac{1,02 \cdot 0,05}{0,3 \cdot 10^{-4}} = 1700.$$

Критическое число Рейнольдса по формуле (3.11)

$$Re_{кр} = 5570d^{0,34} = 5570 \cdot 0,05^{0,34} = 2011.$$

В первом случае $Re > Re_{кр}$, следовательно, режим движения турбулентный, во втором $Re < Re_{кр}$ – режим ламинарный.

Пример 2. Из резервуара А вода при температуре 10 °С подается по новому стальному оцинкованному трубопроводу диаметром $d = 100$ мм и длиной $l = 50$ м в резервуар В. На трубопроводе имеются два плавных поворота на угол 90° при относительном радиусе $R/d = 5,0$, задвижка, открытая на 50 %, вход с острыми кромками, выход в резервуар В под уровень воды. Расход воды в трубе равен 10 л/с. Определить общие потери напора в трубопроводе.

Решение. Вычисляем среднюю скорость движения воды в трубопроводе:

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,01}{3,14 \cdot 0,1^2} = 1,27 \text{ м/с.}$$

Для определения области сопротивления вычисляем критерий Рейнольдса, имея в виду, что при температуре 10°С кинематическая вязкость воды $\nu = 0,0131$ см²/с.

$$Re = \frac{vd}{\nu} = \frac{1,27 \cdot 0,1}{0,0131 \cdot 10^{-4}} = 96947.$$

Согласно табл. 3.2 абсолютную шероховатость оцинкованной новой трубы можно принять $\Delta_{\text{э}} = 0,15$ мм; тогда относительная шероховатость равна $\varepsilon = \Delta_{\text{э}} / d = 0,15/100 = 0,0015$. В начале квадратичной области $Re_{\text{кр}} = 560 / \varepsilon = 560 /$

$0,0015 = 373333$. Так как $Re < Re_{кв}$, область сопротивления – переходная и гидравлический коэффициент трения λ вычислим по формуле Альтшуля :

$$\lambda = 0,11 \cdot (68/Re + \varepsilon)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{96947} + 0,0015\right)^{0,25} = 0,024.$$

Потери напора по длине трубопровода вычисляем по формуле Дарси–Вейсбаха :

$$h_m = \lambda \frac{l v^2}{d 2g} = 0,024 \frac{50 \cdot 1,27^2}{0,1 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,98 \text{ м.}$$

Так как скорость v в любом сечении трубопровода одинакова, то используя данные табл.1 и формулу Вейсбаха, вычисляем местные потери напора:

Таблица 1. Значения коэффициентов местных сопротивлений

Позиция на рис. 1	Наименование местного сопротивления	Значение коэффициента
1	Внезапное расширение потока	$\xi = (\omega_2/\omega_1 - 1)^2$
2	Внезапное сужение	$\xi = 0,5(1 - \omega_2/\omega_1)$
3	Вход в трубу: с острой кромкой с закругленной кромкой	0,5 0,20–0,25
4	Выход из трубы в резервуар больших размеров	1,0
5	Расширяющийся конус (диффузор): θ° : 5 10 15 20 30 к: 0,15 0,25 0,35 0,45 0,65	$\xi = \kappa(\omega_2/\omega_1 - 1)^2$
6	Сужающийся конус (конфузор) при $\theta = 7-30^\circ$ $\theta = 35-80^\circ$	0,16–0,24 0,26–0,35
7	Обратный клапан с сеткой на трубе диаметром, мм 40–100 100–200 200–500	12–7 7–5,2 5,2–2,5
8	Резкий поворот трубы на угол β° : 30–60 60–90	0,2–0,55 0,55–1,1
9	Плавный поворот трубы на угол 90° при R/d: 2–4 4–10	0,15–0,11 0,11–0,07
10	Кран конусный при угле поворота α° : 10–20 20–40	0,29–1,56 1,56–17,3
11	Вентиль с прямым затвором при полном открытии	3,0–5,5
12	Задвижка на круглой трубе при отношении h/d: 1,0 0,75 0,5	0,05 0,26 2,06

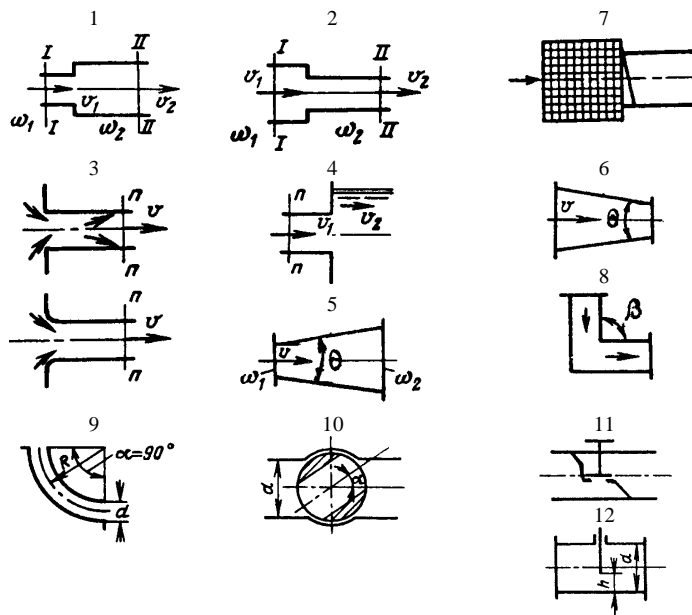


Рис. 1. Виды местных сопротивлений

$$\Sigma h_M = (\xi_{\text{вх}} + 2\xi_{\text{пов}} + \xi_3 + \xi_{\text{вых}})v^2 / (2g) = (0,5 + 2 \cdot 0,1 + 2,06 + 1,0) \cdot 1,27^2 / (2 \cdot 9,81) = 0,31 \text{ м.}$$

В скобках этой формулы коэффициенты следующих местных сопротивлений: входа в трубу, плавных поворотов, задвижки, выхода жидкости из трубы.

$$h_{\text{п}} = h_{\text{т}} + \Sigma h_M = 0,98 + 0,31 = 1,29 \text{ м.}$$