

1) Дано:

$$d = 1,2 \text{ м}$$

$$Q = 380 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$\nu = 1,5 \text{ Ст}$$

Определить
режим
движения

См

$$380 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$1,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Решение:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

$$Q = V \cdot S = \frac{V \pi d^2}{4}$$

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot 380 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,2^2} = 0,336 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Re = \frac{0,336 \cdot 1,2}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 2688$$

$$Re_{\text{крит}} < Re ; 580 < 2688$$

Ответ: в трубопроводе установлено турбулентное движение жидкости.

2) Дано:

$$b = 6,4 \text{ м}$$

$$h = 4,3 \text{ м}$$

$$Q = 906 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

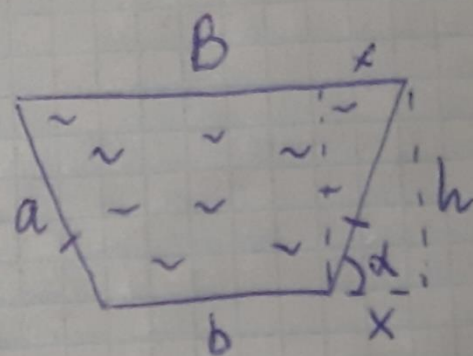
$$v = 0,8 \text{ сГ}$$

$$m = 1,6$$

$$0,8 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Определим радиус
звращения

Решение:



$$m = \text{ctg } \alpha = 1,6$$

$$\frac{x}{h} = 1,6$$

$$x = 1,6 \cdot h = 1,6 \cdot 4,3 = 6,88 \text{ м}$$

$$R = \frac{w^2}{X} \quad - \text{израженный радиус}$$

$$w = \frac{B+b}{2} \cdot h \quad ; \quad X = 2a + b$$

$$B = 2x + b = 2 \cdot 6,88 + 6,4 = 20,16 \text{ м}$$

$$w = \frac{20,16 + 6,4}{2} \cdot 4,3 = 57,1 \text{ м}^2$$

$$X = 2 \sqrt{x^2 + h^2} + b = 2 \sqrt{6,88^2 + 4,3^2} + 6,4 = 22,6 \text{ м}$$

$$Q = w \cdot V \Rightarrow V = \frac{Q}{w} = \frac{0,06}{57,1} = 0,001 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$Re = \frac{V \cdot 4R}{\nu}$$

$$R = \frac{57,1}{22,6} = 2,5 \text{ м}$$

$$Re = \frac{0,001 \cdot 4 \cdot 2,5}{0,8 \cdot 10^{-7}} = 125000$$

$$Re > Re_{кр}$$

Ответ: в трубопроводе установлено турбулентное движение жидкости.

3) Дано:

$$d = 1,2 \text{ м}$$

$$l = 62 \text{ м}$$

$$\mu = 0,023 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\rho = 978 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$H = 2 \text{ м}$$

$$\Delta z = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Найти: $Q = ?$

Решение:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Уравнение Бернулли

$$P_1 = P_0 + \rho g h'' = P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$P_2 = P_0 + \rho g H = 10^5 +$$

$$+ 978 \cdot 9,81 \cdot 2 = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$z_1 = 0; z_2 = H = 2 \text{ м}; \gamma = \rho g$$

уравнение Бернулли

$$\frac{10^5}{978 \cdot 9,81} + \frac{V_1^2}{2 \cdot 9,81} = \frac{1,2 \cdot 10^5}{978 \cdot 9,81} + \frac{V_2^2}{2 \cdot 9,81} + 2$$

$$10,4 + \frac{V_1^2}{19,62} = 12,5 + 2 + \frac{V_2^2}{19,62}$$

$$V_1^2 = 80,4 + V_2^2$$

$$\frac{\rho V_1^2}{2} + p_1 = \frac{\rho V_2^2}{2} + p_2$$

$$\frac{978 \cdot V_1^2}{2} + 10^5 = \frac{978 \cdot V_2^2}{2} + 1,2 \cdot 10^5$$

$$489 V_1^2 = 489 V_2^2 + 1,2$$

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2 &= 1,2 \\ V_1^2 &= 80,4 + V_2^2 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} V_1 &= 22 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\ V_2 &= 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \end{aligned}$$

$$Q = w_1 V_1 = w_2 V_2; Q = \frac{V_1}{V_2} = 1,1 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } Q = 1,1 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

4) Дано:

$$d = 1,2 \text{ м}$$

$$l = 12000 \text{ м}$$

$$Q = 400 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

$$v_B = 1 \text{ с/с}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_H = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$v_H = 1 \text{ с/с}$$

Сл

$$\frac{400 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}}{10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}}$$

$$10^{-4} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

Решение:

$$h_{gn} = \lambda \cdot \frac{e}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Дарси-Вейсбах

$$Re = \frac{V \cdot d}{v_B}$$

$$Q = w \cdot V = \frac{\pi d^2 V}{4}$$

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0,35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Найти h_{gn}

$$Re = \frac{4Q}{v_B \pi d} = \frac{4 \cdot 400 \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \cdot 3,14 \cdot 1,2} = 4246$$

$Re > Re_{кр}$ турбулентный режим

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} = \frac{0,3164}{4246^{0,25}} = 0,04$$

$$h_{gn} = 0,04 \cdot \frac{12000 \cdot 0,35^2}{1,2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 2,5 \text{ м}$$

Ответ: $h_{gn} = 2,5 \text{ м}$

5) Дано:

$$d = 1,2 \text{ м}$$

$$l = 3200 \text{ м}$$

$$V = 1,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V = 0$$

$$E_B = 2 \cdot 10^9 \text{ Па}$$

$$E_C = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$$

$$\xi = 0,37$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\delta = 0,006 \text{ м}$$

$$P = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Найти: $t_{\text{зак}}, \Delta p$

Решение:

$$\Delta p = \rho_B \cdot c \cdot (V - V)$$

формула Муковского

$$c = \frac{\sqrt{E_B \cdot \rho_B}}{\sqrt{1 + \frac{E_B}{E_C} \cdot \frac{d}{\delta}}}$$

$$c = \frac{\sqrt{2 \cdot 10^9 \cdot 1000}}{\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 10^9}{2 \cdot 10^{11}} \cdot \frac{1,2}{0,006}}} = 824 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

скорость распространения узор. волны

$$\Delta p = 1000 \cdot 824 \cdot 1,7 = 1,4 \text{ МПа}$$

$$t_{\text{зак}} = 2 \rho_B \xi l \Delta p = 2 \cdot 1000 \cdot 0,37 \cdot 3200 \cdot 1,4 \cdot 10^6$$
$$= 33 \text{ с}$$

Ответ: $\Delta p = 1,4 \text{ МПа}$
 $t_{\text{зак}} = 33 \text{ с}$

б) Дано:

$$b = 5,6 \text{ м}$$

$$h = 0,8 \text{ м}$$

$$m = 2$$

$$i = 0,0014$$

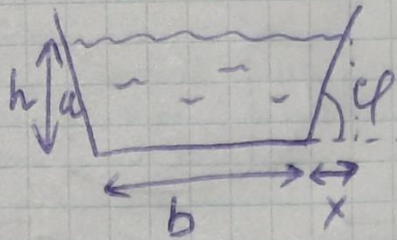
$$n = 0,018$$

Найти: Q ?

Решение

Формула Шези

$$V = C \sqrt{R i}$$



$$Q = V \cdot \omega = C \sqrt{R i} \cdot h (b + m h)$$

$$C/\varphi \text{ Шези } C = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R}$$

$$R = \frac{\omega}{X}; \quad \omega = 0,9 \cdot (5,6 + 2 \cdot 0,8) = 6,48 \text{ м}^2$$

$$X = b + 2a = b + 2\sqrt{x^2 + h^2}$$

$$m = \operatorname{ctg} \varphi = 2; \quad \frac{x}{h} = 2; \quad x = 2h = 1,6 \text{ м}$$

$$X = 5,6 + 2\sqrt{1,6^2 + 0,8^2} = 9,2 \text{ м}$$

$$R = \frac{6,48}{9,2} = 0,7 \text{ м}$$

$$C = \frac{1}{0,018} \cdot \sqrt[6]{0,7} = 52,3$$

$$Q = 52,3 \cdot \sqrt{0,7 \cdot 0,0014} \cdot 0,8 (5,6 + 2 \cdot 0,8) = 9,4 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Ответ: $Q = 9,4 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$

7) Дано:

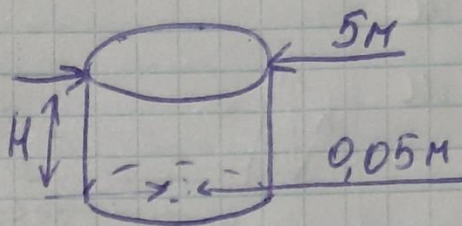
$$d_0 = 0,05 \text{ м}$$

$$d = 4 \text{ м}$$

$$H_1 = 0,8 \text{ м}$$

Найти: $t_{\text{опр}} = ?$

Решение:



$$t_{\text{опр}} = \frac{2 F \sqrt{H_1}}{\alpha F_0 \sqrt{2g}}$$

Считаем движение лопатки $\alpha = 2$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} ; F_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$$

$$t_{\text{опр}} = \frac{2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{H_1}}{2 \cdot \frac{\pi d_0^2}{4} \sqrt{2g}} = \frac{d^2 \sqrt{H_1}}{d_0^2 \sqrt{2g}} =$$

$$= \frac{4^2 \sqrt{0,8}}{0,05^2 \sqrt{2 \cdot 9,81}} = 1292 \text{ с} \approx 21 \text{ мин}$$

Ответ: $t_{\text{опр}} = 22 \text{ мин}$