Контактно в 9.00

15.12.2020 в Вашей группе состоится контрольная работа. Условия контрольных работ Вы считаете онлайн с экрана во время занятия. Контрольная работа состоит из пяти заданий. Первый теоретический вопрос и четыре задачи по темам:

- физичесие параметры и свойства жидкости;

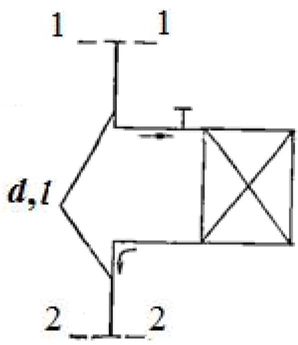
- основное уравнение гидростатики;

- давление жидкости на плоские стенки;

- задачи по гидродинамики (в основном на уравнение Бернулли).

Контрольную работу выполняете 1,5 часа и отправляете на почту: irinapetuhova050670@mail.ru . Работы, присланные позднее, проверяться не будут и ставиться оценка «неудовлетворительно». Результаты контрольной работы влияют на Ваш экзамен.

Пример 6.1. Расход горячей воды с температурой 95°С через радиатор водяного отопления Q = 0,1 м^3/ч. Определить потери давления между сечениями 1-1 и 2-2, если диаметр подводящих трубопроводов d = 0,0125 м, а их общая длина l = 5 м. Принять следующие коэффициенты сопротивления: для поворота ζ_1 = 1,45 для крана ζ_2 = 0,5, для радиатора ζ_3 = 2,1.



Решение:

Суммарные потери давления складываются из потерь давления по длине и местных потерь:

$$\Delta p_{\text{пот}} = \Delta p_{\text{л}} + \Delta p_{\text{м}}$$

Средняя скорость движения воды в трубопроводе:

$$\upsilon = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0{,}1}{3{,}14 \cdot 3600 \cdot (0{,}0125)^2} = 0{,}225 \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса определяем с учетом того, что кинематический коэффициент вязкости воды при температуре 95°С ν = 0,3·10^{-6} м^2/с (табл.4.5):

$$\mathrm{Re} = \frac{\upsilon \mathrm{d}}{\nu} = \frac{0{,}225 \cdot 0{,}0125}{0{,}3 \cdot 10^{-6}} = 9400$$

Абсолютная шероховатость стальной трубы $\Delta = 5 \cdot 10^{-5}$ м (Приложение 7), относительная шероховатость

$$\varepsilon = \frac{\Delta}{d} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{0{,}0125} = 4 \cdot 10^{-3}$$

Таким образом, коэффициент гидравлического трения определяем по формуле:

$$\lambda = 0{,}11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d}\right)^{0{,}25} = 0{,}11 \cdot \left(\frac{68}{9400} + 4 \cdot 10^{-3}\right)^{0{,}25} = 0{,}036$$

Вычислим потери давления по длине при плотности воды ρ = 961,9 кг/м^3 (табл.4.1):

$$\Delta p_л = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{\upsilon^2}{2} = 0{,}036 \cdot \frac{5}{0{,}0125} 961{,}9 \frac{0{,}225^2}{2} = 370 \text{ Па}$$

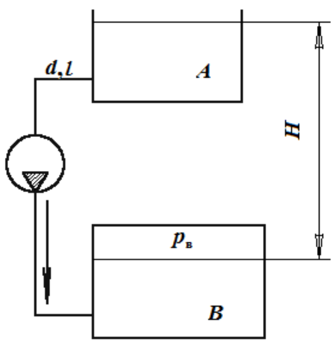
Местные потери давления складываются из потерь на поворот, в пробковом кране и в радиаторе:

$$\Delta p_м = \sum \xi \frac{\rho \upsilon^2}{2} = (2 \cdot 1{,}45 + 0{,}5 + 2{,}1) \cdot \frac{961{,}9 \cdot 0{,}225^2}{2} = 134 \text{ Па}$$

Суммарные потери давления

$$\Delta p_{пот} = 370 + 134 = 504 \text{ Па}.$$

Пример 6.2. Вода, перекачивается насосом из открытого бака *А* в расположенный ниже резервуар *В*, где поддерживается постоянное давление $p_в$ = 0,18 МПа (абс.) по трубопроводу общей длиной l = 225 м и диаметром d =250 мм. Разность уровней воды в баках *h*=3 м. Определить потребный напор, создаваемый насосом для подачи в бак *В* расхода воды Q = 98 л/с. Принять суммарный коэффициент местных сопротивлений ζ = 6,5. Эквивалентная шероховатость стенок трубопровода Δ = 0,15 мм. Жидкость – вода с плотностью ρ = 1000 кг/м^3 и вязкостью ν = 0,01 Ст. Атмосферное давление $p_а$ = 0,1 МПа.



Решение:

Потребный напор, создаваемый насосом для подачи в бак *В* расхода воды Q равен

$$H_{потр.} = H_{ст.} + \sum h$$

Статический напор складывается из пьезометрической высоты на поверхности жидкости в резервуаре *В* $H_{ст.} = \frac{p_в - p_а}{\rho g}$ и разности уровней воды в резервуарах *h*. Т.к. вода перекачивается в нижний бак, то вторую составляющую подставляем со знаком «-».

Потери напора $\sum h$ складываются из потерь напора на трение по длине трубопровода $h_{\text{тр}}$ и потерь на местных сопротивлениях $h_{\text{м}}$.

Таким образом

$$H_{\text{потр.}} = \frac{p_{\text{в}} - p_{\text{а}}}{\rho g} - h + h_{\text{тр}} + h_{\text{м}}$$

Потери напора $h_{\text{тр}}$ по длине трубопровода определим по формуле Дарси, записав ее через расход:

$$h_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{8Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d^4}$$

Для правильного вычисления коэффициента трения λ определим режим течения жидкости в трубопроводе:

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

Согласно уравнению неразрывности скорость движения жидкости в трубопроводе

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

Тогда формула числа Рейнольдса примет вид:

$$Re = \frac{4Q}{\pi d \nu}$$

Подставив значения, определим режим течения жидкости:

$$Re = \frac{4 \cdot 0{,}098}{3{,}14 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}01 \cdot 10^{-4}} = 499110 \gg 2320$$

Величина числа Рейнольдса указывает на турбулентный режим движения. Для такого значения числа Re коэффициент трения вычислим по универсальной формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0{,}11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d}\right)^{0{,}25}$$

Вычислим коэффициент Дарси:

$$\lambda = 0{,}11 \cdot \left(\frac{68}{499110} + \frac{0{,}15}{250}\right)^{0{,}25} = 0{,}018$$

Вычислим потери напора $h_{\text{тр}}$ по длине трубопровода

$$h_{\text{тр}} = 0{,}018 \cdot \frac{225 \cdot 8 \cdot (0{,}098)^2}{9{,}81 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}25^5} = 3{,}291 \text{ м.}$$

Местные потери напора $h_{\text{м}}$ определим по формуле Вейсбаха, записав ее через расход: $h_{\text{м}} = \zeta \frac{8Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot d^4}$

Вычислим местные потери $h_{\text{м}}$:

$$h_{\text{м}} = 6{,}5 \frac{8 \cdot (0{,}098)^2}{9{,}81 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}25^4} = 1{,}32 \text{ м.}$$

Окончательно подставив полученные значения, определим потребный напор, используя для расчета избыточное давление в баке *B*:

$$H_{\text{потр.}} = \frac{(0{,}18 - 0{,}1)10^6}{1000 \cdot 9{,}81} - 3 + 3{,}291 + 1{,}32 = 9{,}8 \text{ м.}$$

Из открытого резервуара A при абсолютном давлении на поверхности воды в нем $p_{01} = 120кПа$ вода перетекает в нижний резервуар B по вертикальной трубе. Диаметр вертикальной трубы увеличивается от $d = 100м$ до $D = 125мм$ (Рис. 5-1).

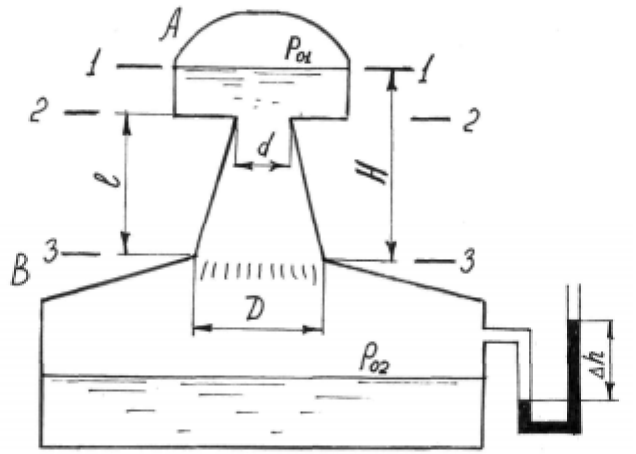


Рис. 5 -1

Расстояние между поверхностью воды в резервуаре A и выходным сечением трубы $H = 3м$, а расстояние между сечениями с диаметрами d и D составляет $l = 2м$. Показания ртутного манометра, присоединенного к резервуару B, $\Delta h = 250мм$.

Определить расход воды Q в трубе и давление p_d.в сечении $2-2$.

Решение 5.1

Вначале используем уравнение Бернулли применительно к сечениям $1-1$ и $3-3$

$$\frac{p_{01}}{\rho g} + H = \frac{p_{02}}{\rho g} + \frac{\alpha V_3^2}{2g} \qquad (5\text{ -}1)$$

В этом случае: $V_3 = \frac{4Q}{\pi D^4}$, $p_{02} = p_a + \rho_P g\Delta h$. Тогда используя (5-1) получаем формулу для расхода Q

$$Q = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2g}{\alpha}\left(\frac{p_{01}-p_a}{\rho g} + H - \frac{\rho_P}{\rho}\Delta h\right)} =$$

$$(5\text{ -}2)$$

$$= \frac{\pi \cdot 0.125^2}{4}\sqrt{\frac{2\cdot 9.8}{1.05}\left(\frac{120000-98100}{100\cdot 9.8} + 3 - \frac{13600}{1000}\cdot -0.25\right)} = 0.072\frac{м^3}{с} = 72\frac{л}{с};$$

Далее используем уравнение Бернулли для сечений $1-1$ и $2-2$

- $$\frac{p_{01}}{\rho g} + H = \frac{p_d}{\rho g} + l + \frac{8\alpha Q^2}{\pi^2 g d^4}. \qquad (5\text{ -}3)$$
- Как следует из уравнения (5-3), давление p_d будет равно

$$p_d = p_0 + \rho g(H-l) - \frac{8\alpha\rho Q^2}{\pi^2 d^4} =$$

$$= 98100 + 1000\cdot 9.8(3-2) - \frac{8\cdot 1.05\cdot 1000\cdot 0.072^2}{\pi^2\cdot 0.1^4} = 64кПа. \quad (5\text{ -}4)$$