

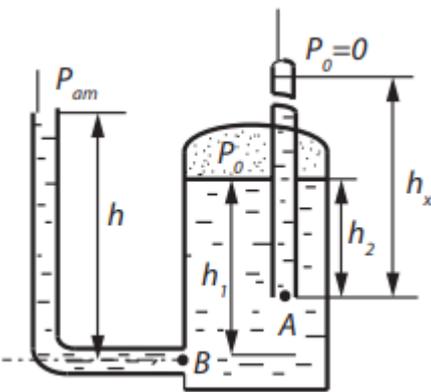
Задача № 1.9

Условие:

Определить приведенную пьезометрическую высоту h_x поднятия пресной воды в закрытом пьезометре (соответствующую абсолютному гидростатическому давлению в точке A), если показания открытого пьезометра $h = 0,7$ м при атмосферном давлении $P_{ат} = 98$ кПа, расстояния от свободной поверхности жидкости в резервуаре до точек A и B соответственно $h_1 = 0,5$ м и $h_2 = 0,2$ м.

Решение:

Дано:

$h = 0,7$ м	
$h_1 = 0,5$ м	
$h_2 = 0,2$ м	
$\rho = 999,73$ кг/м ³	
$P_{ат} = 98$ кПа	
$\gamma = 9,80400$ кН/м ³	
Найти: $h_x - ?$	

Абсолютное давление в точке B, со стороны открытого пьезометра равно:

$$P_{абс} = P_{атм} + \rho * g * h_p$$

Со стороны резервуара:

$$P_{абс} = P_0 + \rho * g * h$$

Следовательно, справедливо равенство:

$$P_{атм} + \rho * g * h_p = P_0 + \rho * g * h$$

Отсюда:

$$\begin{aligned}
 p_0 &= p_{\text{атм}} + \rho * g * (h_p - h) = \\
 &= 98000 + 999,73 * 9,81 * (0,7 - (0,5 - 0,2)) = 101,9 * 10^3 \text{ Па}.
 \end{aligned}$$

Абсолютное давление в точке А:

$$\begin{aligned}
 p_{\text{абс}} &= p_0 + \rho * g * h = \\
 &= 101,9 * 10^3 + 999,73 * 9,81 * (0,7 - 2 * (0,5 - 0,2)) = 102,9 * 10^3 \text{ Па}.
 \end{aligned}$$

Приведенная пьезометрическая высота:

$$h_x = \frac{p_{\text{абс}}}{\rho * g} = \frac{102,9 * 10^3}{999,73 * 9,81} = 10,5 \text{ м}.$$

Ответ: $h_x = 10,5 \text{ м}$.

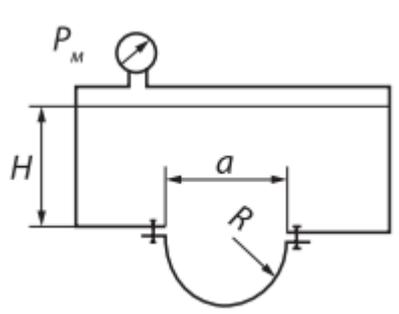
Задача № 2.8

Условие:

В дне призматического резервуара с бензином имеется прямоугольное отверстие $a * b = 1 * 2$ м, перекрытое полуцилиндрической крышкой радиусом $R = 0,5$ м. Определить усилие, воспринимаемое болтами крышки, если уровень бензина $H = 3,5$ м, а давление паров бензина $p_m = 18$ кПа.

Решение:

Дано:

$a * b = 1 * 2$ м	
$R = 0,5$ м	
$H = 3,5$ м	
$p_m = 18$ кПа	
$\rho = 700$ кг/м ³	
Найти: $F - ?$	

Вертикальная составляющая силы давления на криволинейную поверхность равна весу жидкости в объеме тела давления:

$$F = \rho * g * H_c$$

$$F = \rho * g * \left(\frac{1}{2} * \frac{\pi * a^2}{4} * b + a * b * H_c \right)$$

$$H_c = \frac{p_m}{\rho * g} + H = \frac{18 * 10^3}{700 * 9,81} + 3,5 = 6,12 \text{ м.}$$

$$F = 700 * 9,81 * \left(\frac{1}{2} * \frac{3,14 * 1^2}{4} * 2 + 1 * 2 * 6,12 \right) = 89443 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 89$ кН.

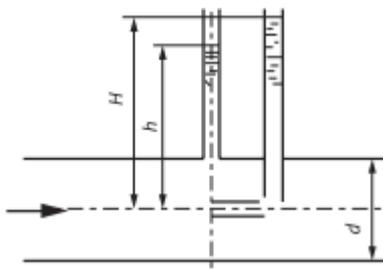
Задача № 3.9

Условие:

По длинной трубе диаметром $d = 50$ мм протекает жидкость ($\nu = 2$ Ст; $\rho = 900$ кг/м³). Определить расход жидкости и давление в сечении, где установлены пьезометр ($h = 60$ см) и трубка Пито ($H = 80$ см).

Решение:

Дано:

$d = 50$ мм	
$\nu = 2$ Ст	
$\rho = 900$ кг/м ³	
$h = 60$ см	
$H = 80$ см	
Найти: $p - ?$ $Q - ?$	

Давление в сечении определяется по показанию пьезометра:

$$p = \rho * g * h = 900 * 9,81 * 0,6 = 5297,4 \text{ Па} = 5,3 \text{ кПа.}$$

Трубка Пито помимо пьезометрического учитывает еще и скоростной напор, т. е.:

$$H = \frac{\alpha * v^2}{2 * g} + h,$$

откуда:

$$\alpha * v^2 = 2 * g * (H - h),$$

где — α коэффициент Кориолиса.

Прежде чем определить расход, необходимо установить режим течения

с помощью критерия Рейнольдса:

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Выражение для скорости получим из предыдущего уравнения:

$$v_l = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (H - h)}{\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot (80 - 60) \cdot 10^{-2}}{2}} = 1,4 \text{ м/с};$$

$$v_m = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (80 - 60) \cdot 10^{-2}} = 1,98 \text{ м/с}.$$

Т.е. при ламинарном режиме скорость составит 1,4 м/с, а при турбулентном 1,98 м/с. Подставим значение скоростей для определения числа Рейнольдса:

$$R'_e = \frac{1,4 \cdot 0,05}{2 \cdot 10^{-4}} = 350; R''_e = \frac{1,98 \cdot 0,05}{2 \cdot 10^{-4}} = 495; R_{\text{кр}} = 2320.$$

Вычисленные по уравнению числа Рейнольдса меньше его критического значения, следовательно, режим ламинарный и для определения расхода берем $v_l = 1,4 \text{ м/с}$;

Таким образом, расход Q равен:

$$Q = v \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 1,4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 0,05^2 = 2,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \approx 2,75 \text{ л/с}.$$

Ответ: Q = 2,75 л/с, p = 5,3 кПа.

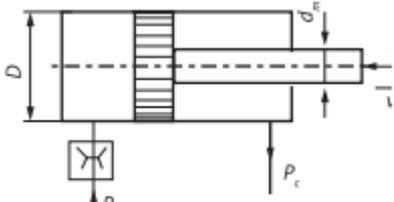
Задача № 4.8

Условие:

Определить значение силы F , преодолеваемой штоком гидроцилиндра при движении его против нагрузки со скоростью $v = 20$ мм/с. Давление на входе в дроссель $p_H = 20$ МПа; давление на сливе $p_C = 0,3$ МПа; коэффициент расхода дросселя $\mu = 0,62$; диаметр отверстия дросселя $d = 1,2$ мм; $D = 70$ мм; $d_{ш} = 30$ мм; $\rho = 900$ кг/м³.

Решение:

Дано:

$v = 20$ мм/с	
$p_H = 20$ МПа	
$p_C = 0,3$ МПа	
$\mu = 0,62$	
$d = 1,2$ мм	
$D = 70$ мм	
$d_{ш} = 30$ мм	
$\rho = 900$ кг/м ³	
Найти: $F - ?$	

Расход через дроссель равен:

$$Q = \mu * \frac{\pi * d^2}{4} * \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho}}$$

С другой стороны, расход через дроссель также равен:

$$Q = \frac{\pi}{4} * (D^2 - d_{ш}^2) * v = \frac{3,14}{4} * (0,07^2 - 0,03^2) * 0,02 = 62,8 * 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Найдем Δp :

$$\Delta p = \left(\frac{Q}{\mu * \frac{\pi * d^2}{4}} \right)^2 * \frac{\rho}{2} = \left(\frac{62,8 * 10^{-6}}{0,62 * \frac{3,14 * 0,0012^2}{4}} \right)^2 * \frac{900}{2} = 3,61 * 10^6 \text{ Па.}$$

Находим давление слева от поршня:

$$p_0 = p_H - \Delta p = 20 * 10^6 - 3,61 * 10^6 = 16,39 * 10^6 \text{ Па.}$$

Находим значение силы F из уравнения равновесия:

$$\begin{aligned} p_0 * \frac{\pi * D^2}{4} &= F + \frac{\pi * d^2}{4} \left[\left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right] * p_c; \\ F &= \frac{\pi * D^2}{4} * \left(p_0 - p_c * \left[1 - \left(\frac{d_w}{D} \right)^2 \right] \right) = \\ &= \frac{3,14 * 0,07^2}{4} * \left(16,39 * 10^6 - 0,3 * 10^6 \left[1 - \left(\frac{30}{70} \right)^2 \right] \right) = 54980 \approx 55 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Ответ: $F = 55 \text{ кН.}$

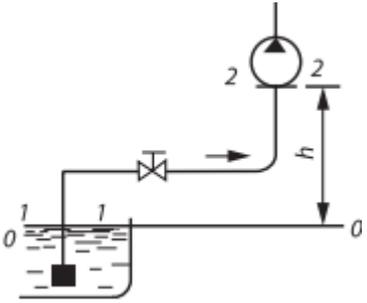
Задача № 5.9

Условие:

Всасывающий трубопровод насоса имеет длину $l = 5$ м и диаметр $d = 32$ мм, высота всасывания $h = 0,8$ м. Определить давление в конце трубопровода (перед насосом), если расход масла ($\rho = 890$ кг/м³, $\nu = 10$ мм²/с), $Q = 50$ л/мин, коэффициент сопротивления колена $\zeta_k = 0,3$, вентиля $\zeta_v = 4,5$, фильтра $\zeta_\phi = 10$.

Решение:

Дано:

$l = 5$ м	
$d = 32$ мм	
$h = 0,8$ м	
$\rho = 890$ кг/м ³	
$\nu = 10$ мм ² /с	
$Q = 50$ л/мин	
$\zeta_k = 0,3$	
$\zeta_v = 4,5$	
$\zeta_\phi = 10$	
Найти:	
$P_a - ?$	

Определяем скорость, число Рейнольдса и коэффициент гидравлического трения по длине при расходе:

$$Q = \frac{5000}{60} = 0,833 \text{ л/с} = 833 \text{ см}^3/\text{с};$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 833}{3,14 \cdot 3,2^2} = 104 \text{ м/с};$$

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{104 \cdot 3,2}{0,1} = 3328.$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_{e,0,25}} = \frac{0,3164}{3328^{0,25}} = 0,042.$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений:

$$\sum \zeta = \zeta_{\phi} + 2\zeta_{\kappa} + \zeta_{\theta} = 10 + 2*0,3 + 4,5 = 15,1.$$

Потери напора во всасывающем трубопроводе:

$$h_n = \left(\lambda * \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) * \frac{v^2}{2 * g} = \left(0,042 * \frac{5}{0,032} + 15,1 \right) * \frac{1,04^2}{2 * 9,81} = 1,2 \text{ м.}$$

Из уравнения Бернулли для сечений 1–1 и 2–2 относительно плоскости сравнения О–О:

$$\frac{\alpha * v_1^2}{2 * g} + \frac{p_1}{\rho * g} + z_1 = \frac{\alpha * v_2^2}{2 * g} + \frac{p_2}{\rho * g} + z_2 + h_n,$$

в котором $v_1 = 0$, $p_1 = p_2 = 10^5$ Па, $z_1 = 0$, $v_2 = 1,04$ м/с, $z_2 = h$, $h_n = 1,2$ м,

$\alpha \approx 1$, находим давление перед насосом:

$$\begin{aligned} p_a &= p_a - \rho * g * (h + h_n) - \frac{\rho}{2} * v_2^2 = \\ &= 100000 - 890 * 9,81 * (0,8 + 1,2) - \frac{890}{2} * 1,04^2 = 82057 \text{ Па} \approx 0,082 \text{ Мпа.} \end{aligned}$$

Ответ: $P_a = 0,082$ Мпа.