

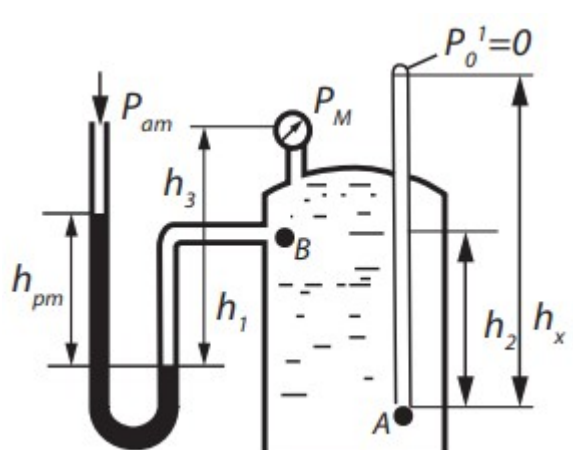
## Задача № 1.7

Условие:

Закрытый резервуар с керосином снабжен закрытым пьезометром, дифференциальным ртутным и механическим манометрами. Определить высоту поднятия ртути  $h_{рт}$  в дифференциальном манометре и пьезометрическую высоту  $h_x$  в закрытом пьезометре, если показания манометра  $p_m = 0,12$  МПа, а расстояния между точками соответственно равны:  $h_1 = 1,3$  м,  $h_2 = 2,3$  м,  $h_3 = 2,0$  м.

Решение:

Дано:

$p_m = 0,12$ МПа	
$h_1 = 1,3$ м	
$h_2 = 2,3$ м	
$h_3 = 2,0$ м	
$\rho = 800$ кг/м <sup>3</sup>	
$\rho_{рт} = 13600$ кг/м <sup>3</sup>	
Найти:	
$h_{рт} - ?$	
$h_x - ?$	

Давление в точке В:

$$p_b = p_m + \rho * g * h_3 = 0,12 * 10^6 + 800 * 9,81 * 2 = 135696 \text{ Па.}$$

Давление в точке А:

$$p_a = p_b + \rho * g * h_2 = 135696 + 800 * 9,81 * 2,3 = 153746 \text{ Па.}$$

Определяем высоту  $h_x$  из уравнения равновесия:

$$p_a = \rho * g * h_x.$$

$$h_x = \frac{p_a}{\rho * g} = \frac{153746}{800 * 9,81} = 19,6 \text{ м.}$$

Определяем  $h_{рт}$ :

$$p_\epsilon + \rho * g * h_1 = \rho_{рт} * g * h_{рт}.$$

$$h_{рт} = \frac{\rho * g * h_1 + p_\epsilon}{\rho_{рт} * g} = \frac{800 * 9,81 * 1,3 + 135696}{13600 * 9,81} = 1,09 \text{ м.}$$

Ответ:  $h_{рт} - 1,09$  м;  $h_x - 19,6$  м.

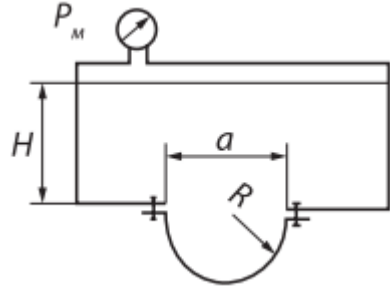
### Задача № 2.8

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 <sup>3</sup>	
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.

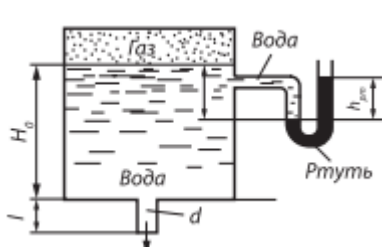
### Задача № 3.7

Условие:

Определить расход воды, вытекающей из бака через короткую трубу (насадок) диаметром  $d = 30$  мм и коэффициентом сопротивления  $\xi = 0,5$ , если показание ртутного манометра  $h_{рт} = 1,47$  м;  $H_1 = 1$  м;  $H_0 = 1,9$  м;  $l = 0,1$  м.

Решение:

Дано:

$d = 30$ мм	
$\xi = 0,5$	
$h_{рт} = 1,47$ м	
$H_1 = 1$ м	
$H_0 = 1,9$ м	
$l = 0,1$ м	
Найти: $Q - ?$	

Избыточное давление газа в баке:

$$p_0 = \rho_{рт} * g * h_{рт} - \rho * g * H =$$

$$= 13600 * 9,81 * 1,47 - 1000 * 9,81 * 1 = 186312 \text{ Па.}$$

Составим уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2:

$$\frac{p_0}{\rho * g} + H_0 + l = \frac{v^2}{2 * g} + \zeta * \frac{v^2}{2 * g}.$$

Отсюда найдем скорость истечения из бака:

$$v = \sqrt{\frac{2g * \left( \frac{p_0}{\rho * g} + H_0 + l \right)}{1 + \zeta}} =$$

$$v = \sqrt{\frac{2 * 9,81 * \left( \frac{186312}{1000 * 9,81} + 1,9 + 0,1 \right)}{1 + 0,5}} = 16,57 \text{ м/с.}$$

Расход воды:

$$Q = v * \frac{\pi * d^2}{4} = 16,57 * \frac{3,14 * 0,03^2}{4} = 0,0117 \text{ м}^3/\text{с} = 11,7 \text{ л/с.}$$

Ответ: Q = 11,7 л/с.

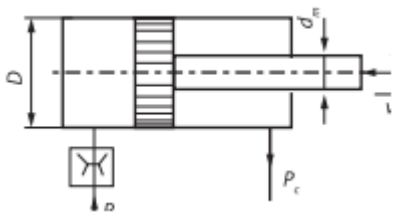
### Задача № 4.8

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/м<sup>3</sup>.

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 <sup>3</sup>	
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  $\Delta p$ :

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

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:

$$p_0 * \frac{\pi * D^2}{4} = F + \frac{\pi * d^2}{4} \left[ \left( \frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right] * p_c;$$

$$F = \frac{\pi * D^2}{4} * \left( p_0 - p_c * \left[ 1 - \left( \frac{d_w}{D} \right)^2 \right] \right) =$$

$$= \frac{3,14 * 0,07^2}{4} * \left( 16,39 * 10^6 - 0,3 * 10^6 \left[ 1 - \left( \frac{30}{70} \right)^2 \right] \right) = 54980 \approx 55 \text{ кН.}$$

Ответ: F = 55 кН.

### Задача № 5.7

Условие:

На рисунке показан сложный трубопровод. Определить расходы в каждом из простых трубопроводов, если их длины соответственно равны:  $l_1 = 5$  м,  $l_2 = 3$  м,  $l_3 = 3$  м,  $l_4 = 6$  м, а суммарный расход  $Q = 6$  л/мин. Считать, что режим течения ламинарный, а диаметры трубопроводов одинаковы.

Решение:

Дано:

$l_1 = 5$ м	
$l_2 = 3$ м	
$l_3 = 3$ м	
$l_4 = 6$ м	
$Q = 6$ л/мин	
Найти: $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 - ?$	

В узле А поток с расходом  $Q_0$  разделяется на два потока с расходами  $Q_1$  и  $Q_2$ :

$$Q_0 = Q_1 + Q_2.$$

В узле В поток с расходом  $Q_2$  разделяется на два потока с расходами  $Q_3$  и  $Q_4$ :

$$Q_2 = Q_3 + Q_4.$$

Суммарные потери на участке В-С, состоящем из параллельно соединенных 3 и 4 участков, равны потерям на каждом из них:

$$h_{BC} = h_3 = h_4.$$

Потери на участке А-С равны потерям в 1 трубопроводе или сумме потерь на участке А-В во втором трубопроводе и потерь на участке В-С:



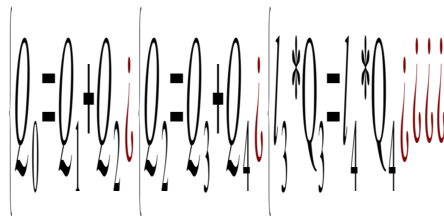
$$h_{AC} = h_1 = h_2 + h_3.$$

По условию задачи режим течения в подводящем трубопроводе ламинарный, следовательно, на всех участках режим также ламинарный.

При ламинарном режиме течения потери на трение по длине определяются по формуле Пуазейля:

$$h = \frac{128 * \nu * l * Q}{\pi * g * d^4}.$$

Учитывая, что на всех участках трубопровода диаметр одинаковый, можно записать  $h = k * l * Q$ . Выразив потери через соответствующие длины и расходы, получаем систему из 4 уравнений с 4 неизвестными:



Из (1) получаем (5):

$$Q_1 = Q_0 + Q_2.$$

Подставив (5) в (4) имеем (6):

$$l_1 * (Q_0 - Q_2) = l_2 * Q_2 + l_3 * Q_3 \quad \text{или} \quad l_1 * Q_0 - l_1 * Q_2 = l_2 * Q_2 + l_3 * Q_3.$$

Из (3) следует, что:

$$Q_4 = \frac{l_3}{l_4} * Q_3.$$

Выразив  $Q_2$  в (2) через  $Q_3$ , имеем (7):

$$Q_2 = Q_3 + \frac{l_3}{l_4} * Q_3 = \left(1 + \frac{l_3}{l_4}\right) * Q_3.$$

После подстановки (7) в (6) получим:

$$l_1 * Q_0 = (l_1 + l_2) * \left(1 + \frac{l_3}{l_4}\right) * Q_3 = l_3 * Q_3.$$

Откуда

$$Q_3 = \frac{l_1 * Q_0}{(l_1 + l_2) * \left(1 + \frac{l_3}{l_4}\right) + l_3} =$$

$$Q_3 = \frac{5 * 6}{(5 + 3) * \left(1 + \frac{3}{6}\right) + 3} = 2 \quad \text{л/мин;}$$

$$Q_2 = Q_3 * \left(1 + \frac{l_3}{l_4}\right) = 2 * \left(1 + \frac{3}{6}\right) = 3 \quad \text{л/мин;}$$

$$Q_4 = Q_3 * \frac{l_3}{l_4} = 2 * \frac{3}{6} = 1 \quad \text{л/мин;}$$

$$Q_1 = Q_0 - Q_2 = 6 - 3 = 3 \quad \text{л/мин.}$$

Ответ:  $Q_1 = 3$  л/мин;  $Q_2 = 3$  л/мин;  $Q_3 = 2$  л/мин;  $Q_4 = 1$  л/мин.