

## Задача №1

На рис.№1 представлено начальное положение гидравлической системы дистанционного управления (рабочая жидкость между поршнями не сжата). При перемещении ведущего поршня (его диаметр  $D$ ) вправо жидкость постепенно сжимается и давление в ней повышается. Когда манометрическое давление  $p_m$  достигает определённой величины, сила давления на ведомый поршень (его диаметр  $d$ ) становится больше силы сопротивления  $F$ , приложенной к штоку ведомого поршня. С этого момента приходит в движение вправо и ведомый поршень. Диаметр соединительной части цилиндров  $\delta$ , длина  $l$ . Требуется определить диаметр ведущего поршня  $D$ , необходимого для того, чтобы при заданной величине силы  $F$  ход  $L$  обоих поршней был один и тот же.

Коэффициент объёмного сжатия рабочей жидкости принять  $\beta_w = 0,0005$  1/МПа.

**Дано:**

$$d, = 36 \text{ мм} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$L, = 50 \text{ мм} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$\delta, = 16 \text{ мм} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$l, = 2,2 \text{ м.}$$

$$F, = 23,7 \text{ кН} = 23,7 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

$$\beta_w = 0,0005 \text{ 1/МПа.}$$

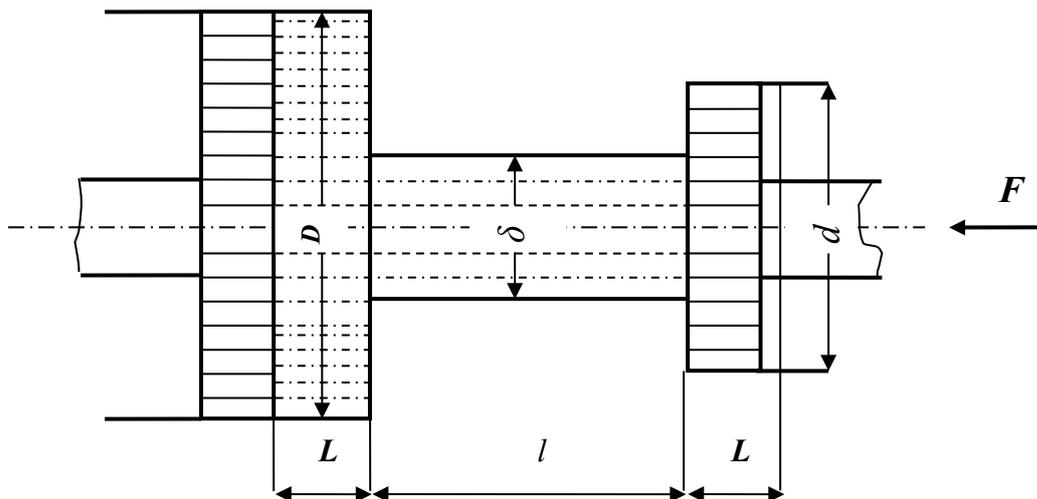


Рис.1

## **Решение.**

Ведомый поршень начнёт движение вправо, когда сила давления на него жидкости станет равной силе трения  $F$ .

$$p_m \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = F \Rightarrow$$

Манометрическое давление  $p_m$ , при котором начнётся движение ведомого поршня, будет равняться:

$$p_m = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

$$P_m = \frac{4 \cdot 23,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot (36 \cdot 10^{-3})^2} = 0,02 \cdot 10^9 \text{ Н / м}^2$$

Для достижения этого давления первоначальный объём жидкости должен быть уменьшен на некоторую величину  $\Delta W$ . При её сжатии на основании формулы коэффициента объёмного сжатия эта величина равна:

$$\Delta W = \beta_w \cdot W \cdot P_m$$

где,  $\Delta W$  — первоначальный объём жидкости, равный

$$W = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l$$

С другой стороны, при сжатии жидкости на величину  $\Delta W$  ведущий поршень должен пройти некоторую величину  $\Delta L$ :

$$\Delta W = \beta_w \cdot W \cdot P_m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \Delta L,$$

Откуда 
$$\Delta L = \frac{\beta_w \cdot W \cdot P_m}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}}.$$

После начала движения обоих поршней объём жидкости, вытесняемой из левой полости в правую полость на основании этого условия, должно выполняться равенство:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (L - \Delta L) = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L - \beta_w \cdot W \cdot P_m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L - \beta_w \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L + \frac{\pi \cdot \delta^2}{4} \cdot l \right) \cdot P_m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \beta_w \cdot P_m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L + \beta_w \cdot \frac{\pi \cdot \delta^2}{4} \cdot l \cdot P_m$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot (1 - \beta_w \cdot P_m) = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L + \beta_w \cdot \frac{\pi \cdot \delta^2}{4} \cdot l \cdot P_m$$

$$D^2 \cdot L \cdot (1 - \beta_w \cdot P_m) = d^2 \cdot L + \beta_w \cdot \delta^2 \cdot l \cdot P_m$$

*Откуда искомая величина D будет равняться:*

$$D = \sqrt{\frac{d^2 \cdot L + \beta_w \cdot \delta^2 \cdot l \cdot P_m}{L \cdot (1 - \beta_w \cdot P_m)}}$$

$$D = \sqrt{\frac{(36 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 50 \cdot 10^{-3} + 0,0005 \cdot 10^{-6} \cdot (16 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2,2 \cdot 0,02 \cdot 10^9}{50 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,0005 \cdot 10^{-6} \cdot 0,02 \cdot 10^9)}} \approx 0,0396 \text{ м}$$

*Требуемый диаметр поршня D = 0,0396 метра.*

## **Задача №2**

Вал диаметром  $D$  вращается во втулке длиной  $l$  с частотой  $n$ . При этом зазор между валом и втулкой толщиной  $\delta$  заполнен маслом, имеющим плотность  $\rho$  и кинематическую вязкость  $\nu$  (рис.2).

Требуется определить величину вращающего момента  $M$ , обеспечивающего заданную частоту вращения.

**Дано:**

$$D = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м.}$$

$$l = 450 \text{ мм} = 0,45 \text{ м}$$

$$\delta = 1,5 \text{ мм} = 0,0015 \text{ м}$$

$$\rho = 960 \text{ кг/м}^3$$

$$\nu = 0,15 \text{ см}^2/\text{с} = 0,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$n = 100 \text{ 1/мин.} \approx 1,67 \text{ 1/с}$$

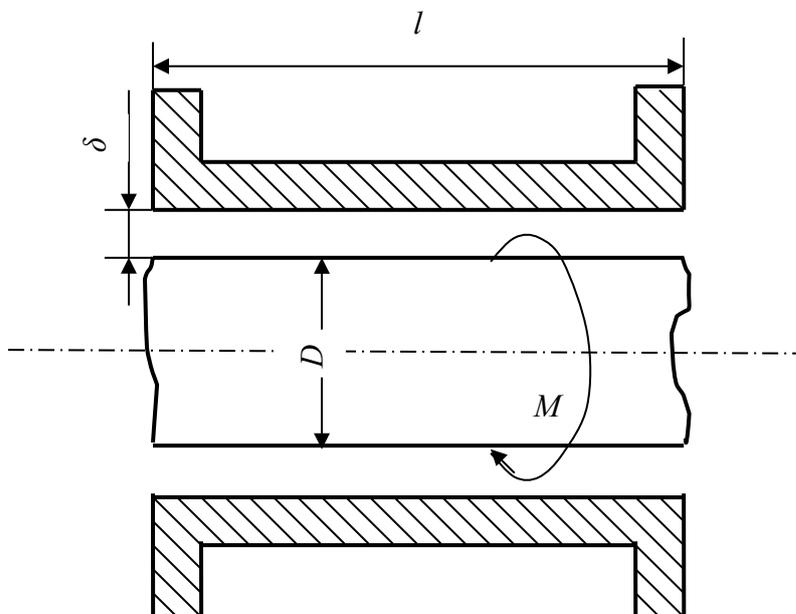


Рис.2

**Решение.**

При решении задачи применяем формулу Ньютона для силы  $F$ .

$$F = \mu \frac{dV}{dh} S$$

Где,  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости жидкости,

$$\mu = \nu \cdot \rho,$$

$$\mu = 0,15 \cdot 10^{-6} \cdot 960 = 0,000144$$

$\frac{dV}{dh}$  - градиент скорости. Поскольку толщина слоя масла, можно считать, что, скорости изменяются в нём по прямолинейному закону, при этом градиент  $\frac{dV}{dh}$  будет равняться  $\frac{V}{\delta}$ , где  $V$  – скорость на поверхности вала, равна линейной скорости вращения:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot l}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,45}{60} = 0,00471 \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$\frac{dV}{dh} = \frac{V}{\delta} = \frac{0,00471}{0,0015} = 3,14$$

$S$  – площадь соприкосновения слоёв,  $\text{м}^2$

$$S = \pi \cdot D \cdot l = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 0,45 = 0,2826 \text{ м}^2$$

Находим силу  $F$  по формуле Ньютона:

$$F = \mu \frac{dV}{dh} S = 0,000144 \cdot 3,14 \cdot 0,2826 = 0,0001278 \text{ Н.} \approx 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ Н.}$$

Искомый вращающий момент  $M$  равняется:

$$M = \frac{F \cdot D}{2} = \frac{0,0001278 \cdot 0,2}{2} = 0,00001278 \approx 1,28 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

### Задача №3.

Определить показания мановакуумметра  $P$ , если к штоку поршня приложена сила  $F$ , его диаметр  $d$ , высота жидкости  $H$ , плотность  $\rho$ . (рис.3)

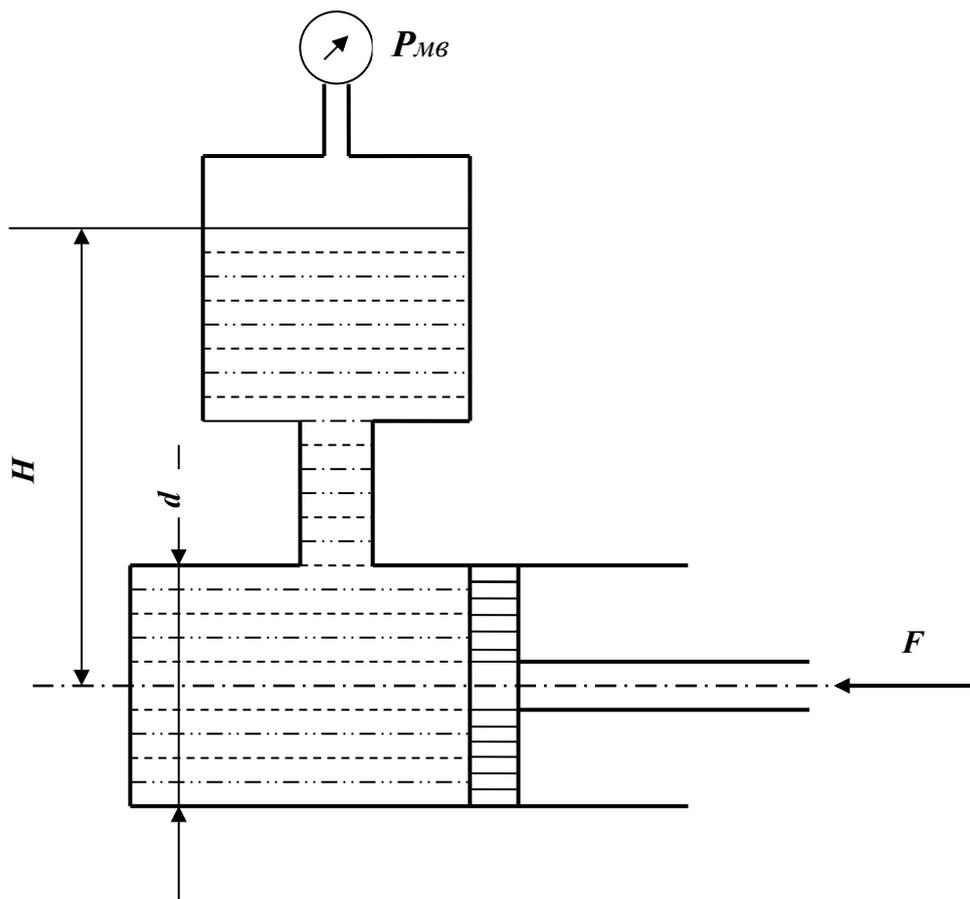


Рис.3

**Дано:**

$$F = 0,2 \text{ кН} = 0,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$d = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$$

$$H = 2 \text{ м}$$

$$\rho = 850 \text{ кг/м}^3$$

**Решение.**

Искомая величина давления  $p$  определяется из равенства силы давления на поршень со стороны жидкости и силы приложенной к штоку.

$$(p + \rho \cdot g \cdot H) \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = F$$

Отсюда, 
$$p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} - \rho \cdot g \cdot H$$

$$p = \frac{4 \cdot 0,2 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 0,15^2} - 850 \cdot 9,8 \cdot 2 = - 5336,57 \text{ Н/м}^2$$

**Задача №4**

Гидравлический повыситель давления (мультипликатор) (рис.4) имеет поршень диаметром  $D$  и скалку диаметром  $d$ .

Требуется определить, под каким начальным давлением  $p_1$  должна подаваться жидкость под большой поршень, чтобы давление на выходе из мультипликатора было  $p_2$ .

Трением в уплотнениях и весом поршня со скалкой пренебречь.

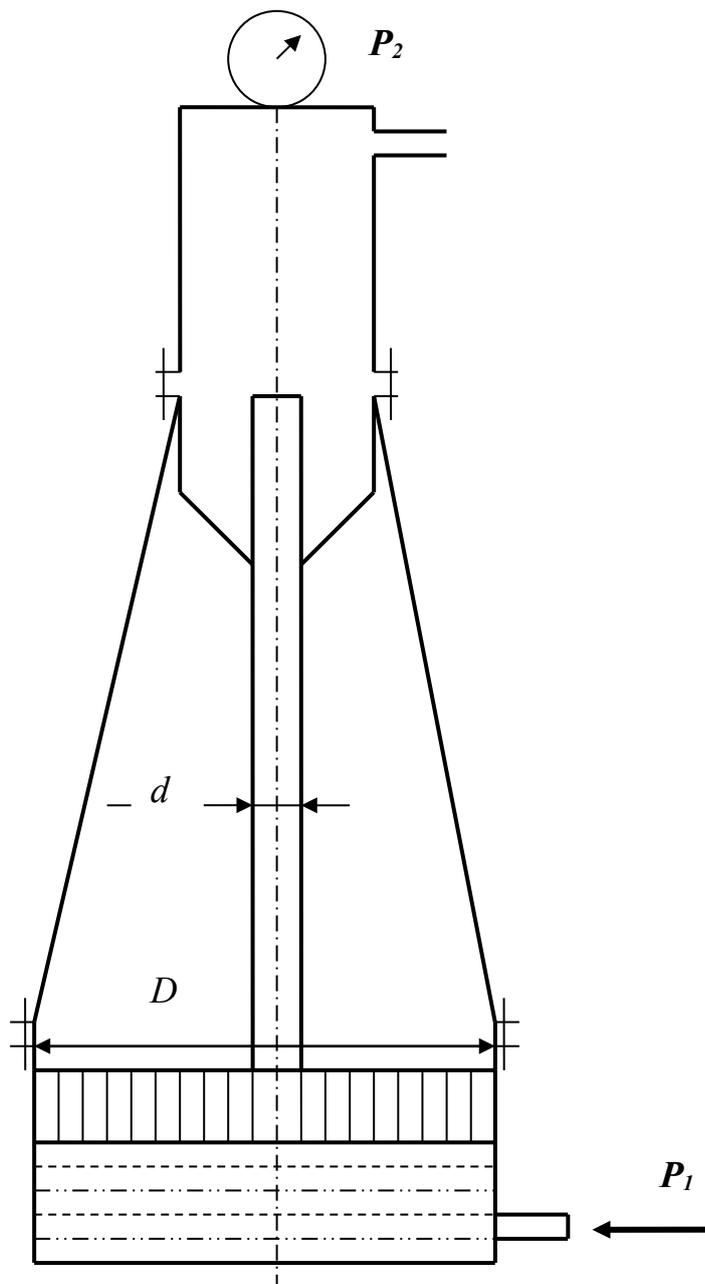


Рис.4

Дано:

$$D=150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м.}$$

$$d=50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м.}$$

$$P_2= 8 \text{ МПа} = 8 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

**Решение.**

Задача решается на основе уравнения равновесия сил гидростатического давления, действующих снизу на большой поршень и сверху на торец скалки.

$$p_1 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = p_2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

*Откуда*  $p_1 = p_2 \left( \frac{d}{D} \right)^2$

$$p_1 = 8 \cdot 10^6 \left( \frac{0,05}{0,15} \right)^2 = 888888,89 \text{ Па} \approx 0,89 \text{ МПа}$$

### ***Задача №5***

*Вертикальный цилиндрический резервуар высотой H и диаметром D закрывается полусферической крышкой, сообщающейся с атмосферой через*

трубу внутренним диаметром  $d$  (рис.5). резервуар заполнен мазутом плотность которого  $\rho=900 \text{ кг/м}^3$ .

Требуется определить:

1. Высоту поднятия мазута  $h$  в трубе при повышении температуры на  $t^\circ\text{C}$ .
2. Усилие, отрывающее крышку резервуара при подъёме мазута на высоту  $h$  за счёт его разогрева.

Коэффициент температурного расширения мазута принять равным  $\beta_t=0,00072 \text{ 1}^\circ\text{C}$ .

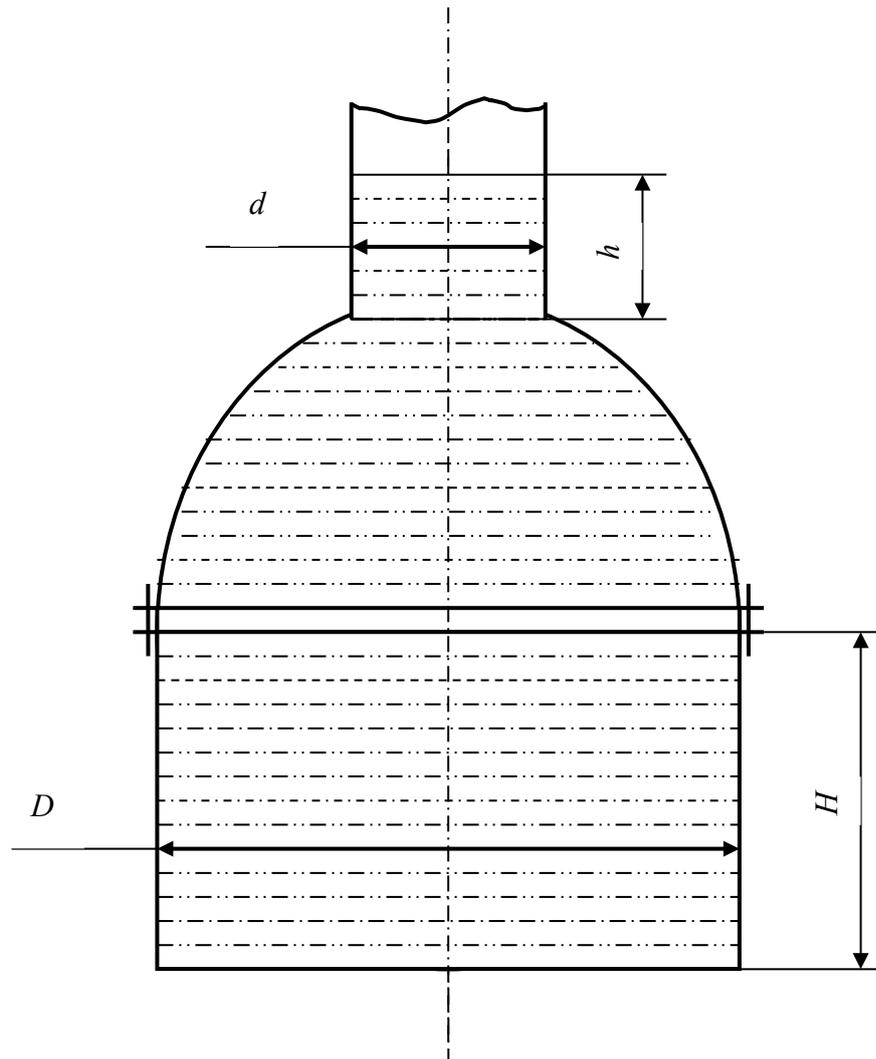


Рис.5

**Дано:**

$$D = 2,5 \text{ м}$$

$$H = 3 \text{ м}$$

$$d = 300 \text{ мм} = 0,3 \text{ м}$$

$$t = 20^\circ\text{C}$$

## **Решение.**

*Определяем первоначальный объём мазута до его разогрева*

$$W = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left( H + \frac{D}{3} \right) = \frac{3,14 \cdot 2,5^2}{4} \cdot \left( 3 + \frac{2,5}{3} \right) = 18,81 \text{ м}^3$$

*Коэффициент температурного расширения определяется по формуле:*

$$\beta_t = \frac{\Delta W}{W \cdot \Delta t}$$

*Откуда приращение объёма мазута при его нагревании*

$$\Delta W = \beta_t \cdot W \cdot \Delta t = 0,00072 \cdot 18,81 \cdot 20 = 0,2709 \text{ м}^3$$

*Этому приращению объёма будет соответствовать высота подъёма мазута в трубе равная*

$$h = \frac{4 \cdot \Delta W}{\pi \cdot d^2}$$

$$h = \frac{4 \cdot 0,2709}{3,14 \cdot 0,3^2} = 3,84 \text{ м}$$

*Усилие, открывающее крышку резервуара при подъёме мазута на высоту  $h$  равна весу мазута в объёме тела давления.*

$$W_{\text{под}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left( \frac{D}{2} + h \right) - \pi \cdot D^3 - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left( \frac{D}{6} + h \right) - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

$$W_{\text{под}} = \frac{3,14 \cdot 2,5^2}{4} \cdot \left( \frac{2,5}{6} + 3,84 \right) - \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 3,84 = 2,044 \text{ м}^3$$

*Искомая величина*

$$P_y = \rho \cdot g \cdot W_{\text{под}} = 900 \cdot 9,8 \cdot 2,044 = 18028,08 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$$

## **Задача №6**

*Поршень диаметром  $D$  имеет  $n$  отверстий диаметром  $d$  каждое (рис. 6). отверстия рассматривать как внешние цилиндрические насадки с коэффициентом расхода  $\mu = 0,82$ ; плотность жидкости  $\rho = 900 \text{ кг} / \text{м}^3$ .*

*Определить скорость  $V$  перемещения поршня вниз, если к его штоку приложена сила  $F$ .*

**Дано:**

$$D = 55 \text{ мм} = 0,055 \text{ м}$$

$$d_o = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$$

$$\rho = 900 \text{ кг/м}^3$$

$$n = 3$$

$$F = 15 \text{ кН} = 15000 \text{ Н}$$

$$\mu = 0,82$$

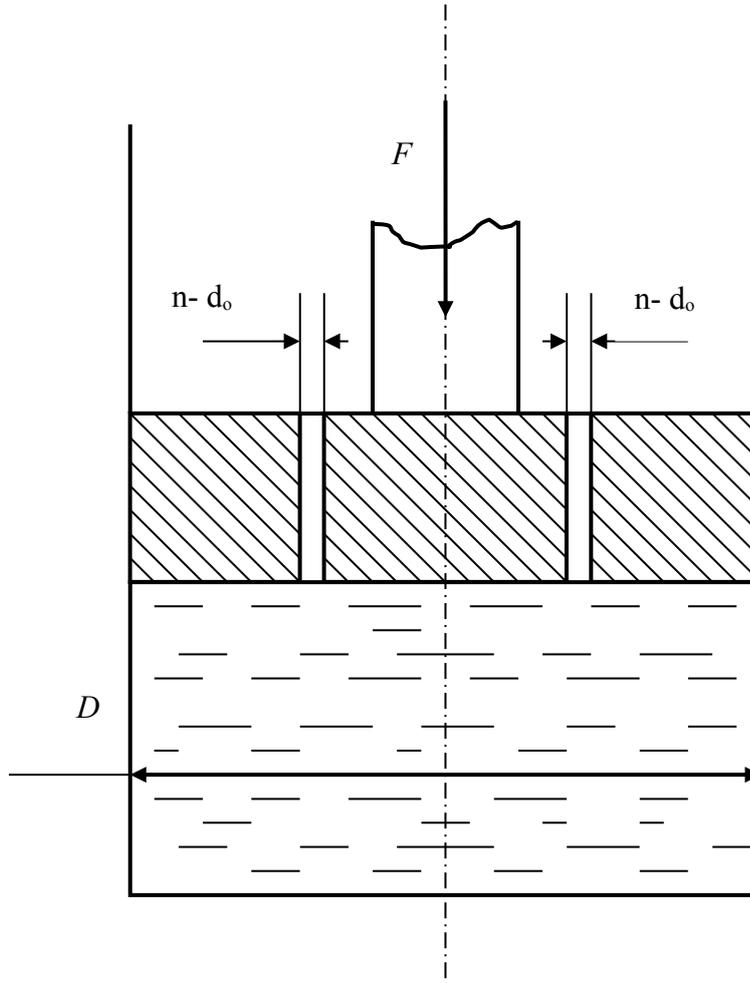


Рис.6

**Решение.**

Определим давление под поршнем

$$P = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} - n \cdot \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}} = \frac{4 \cdot F}{\pi(D^2 - n \cdot d_o^2)} = \frac{4 \cdot 15000}{3,14 \cdot (0,055^2 - 3 \cdot 0,005^2)} = 6367061,07 \text{ Па}$$

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,005^2}{4} = 0,0000196 \text{ м}^2$$

*Определим расход из отверстий под действием давления*

$$Q_0 = \mu \cdot \omega_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = \mu \cdot \omega_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho}}$$

$$Q_0 = 0,82 \cdot 0,0000196 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 6367061,07}{900}} = 0,00191 \text{ м}^3 / \text{с}$$

*Суммарный расход из всех отверстий*

$$Q = n \cdot Q_0 = 3 \cdot 0,00191 = 0,00573 \text{ м}^3 / \text{с}$$

*Скорость перемещения поршня V*

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,00573}{3,14 \cdot 0,055^2} = 2,41 \text{ м} / \text{с}$$

## *Литература.*

- 1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы./Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др.: Машиностроение, 1982.*

2. *Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Учебное пособие для вузов / под ред. Б.Б.Некрасова. М.: Высшая школа, 1989.*
3. *Рабочая программа и задание на контрольные работы №1,2 с методическими указаниями для студентов III курса специальности. В.Т.СМ. РГОТУПС, Москва, 2002.*