

**Контактно пройти по времени расписания по ссылке**  
<http://disrm1.zabgu.ru/b/etg-43d-fd4>

**Давление жидкости на плоскую наклонную стенку**

Пусть мы имеем резервуар с наклонной правой стенкой, заполненный жидкостью с удельным весом  $\gamma$ . Ширина стенки в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа (от читателя), равна  $b$  (рис.1). Стенка условно показана развернутой относительно оси  $AB$  и заштрихована на рисунке. Построим график изменения избыточного гидростатического давления на стенку  $AB$ .

Так как избыточное гидростатическое давление изменяется по линейному закону  $P=\gamma gh$ , то для построения графика, называемого эпюрой давления, достаточно найти давление в двух точках, например  $A$  и  $B$ .

***Графическое представление величины и направления гидростатического давления, действующего на любую точку поверхности, называется эпюрой давления.***

Эпюры давления представляют собой соответственно равномерно распределенную нагрузку в виде трапеции для абсолютного или полного давления и в виде треугольника для весового давления. Стрелками показано, что давление в любой точке по глубине действует по внутренней нормали к поверхности  $AB$  (рисунок )

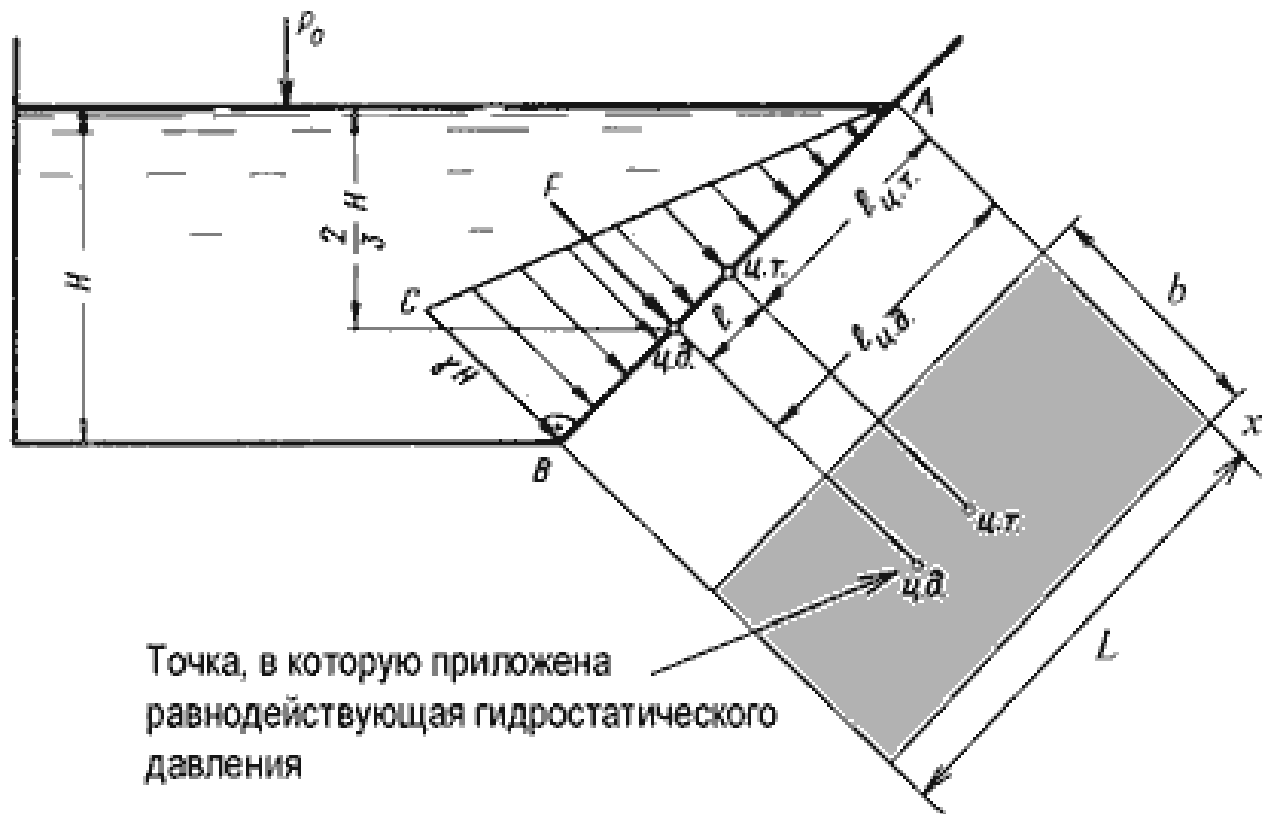


Рис. 1. Схема к определению равнодействующей гидростатического давления на плоскую поверхность

Из основного уравнения гидростатики следует, что полная *сила давления жидкости на плоскую стенку* равна произведению смоченной площади стенки  $S$  на гидростатическое давление  $p_c$  в центре тяжести этой площади

$$F = p_c S$$

или

$$F = \rho g h_c S, \quad (3.1)$$

где  $h_c$  - глубина погружения центра тяжести смоченной площади стенки.

*Центр давления* – точка приложения силы давления от веса жидкости – располагается ниже центра тяжести или совпадает с последним в случае горизонтальной стенки. Положение центра давления  $h_d$  относительно линии пересечения плоскости стенки со свободной поверхностью определяется формулой

$$h_d = h_c + \frac{J_0(\sin\alpha)^2}{h_c \cdot S} \quad (3.2)$$

где  $J_0$  - момент инерции площади  $S$ , проходящей относительно центральной оси, перпендикулярной плоскости стенки;

$h_c$  – координата центра тяжести

площади;

$\sin\alpha$  – угол наклона плоскости к горизонту.

Таким образом, смещение центра давления относительно центра тяжести

$$\Delta h = \frac{J_0}{h_c \cdot S}$$

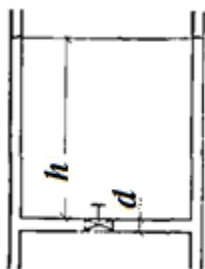
При воздействии жидкостей с обеих сторон стенки сначала необходимо определить силы давления  $F_1$  и  $F_2$  по обе стороны от стенки, а затем найти их результирующую по правилу сложения параллельных сил.

$$F = F_1 + F_2$$

## Практическое занятие

### Примеры гидравлических расчетов

**Пример 3.1.** Две вертикальные трубы центрального отопления соединены горизонтальным участком, на котором установлена задвижка диаметром  $d = 0,2$  м. Температура воды в правой вертикальной трубе  $80^\circ\text{C}$ , а в левой  $20^\circ\text{C}$ . Найти разность сил суммарного давления на задвижку справа  $F_{\text{пр}}$  и слева  $F_{\text{л}}$ . Высота воды в вертикальных трубах над уровнем горизонтальной трубы  $h = 20$  м.



**Решение:**

Плотность воды при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 80^\circ\text{C}$  определим по таблице 4.1 (приложение 4):

$$\rho_{20^\circ} = 998 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{80^\circ} = 972 \text{ кг/м}^3$$

Сила суммарного давления на диски задвижки

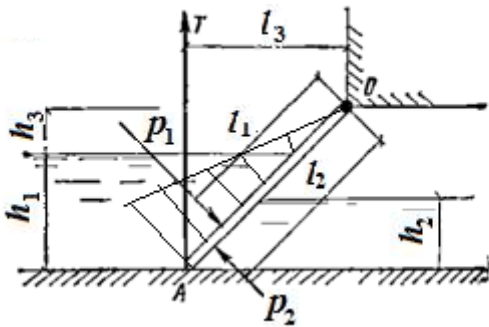
$$F_{\text{пр}} = \rho_{80^\circ} g h_c S = \rho_{80^\circ} g h_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 972 \cdot 9,81 \cdot 20 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,2^2}{4} = 5988 \text{ Н}$$

$$F_{\text{л}} = \rho_{20^\circ} g h_c S = \rho_{20^\circ} g h_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 998 \cdot 9,81 \cdot 20 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,2^2}{4} = 6148 \text{ Н}$$

Разность сил суммарного давления

$$\Delta F = 6148 - 5988 = 160 \text{ Н.}$$

**Пример 3.2.** Щит, перекрываваемый канал, расположен под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту и закреплен шарнирно к опоре над водой. Определить усилие, которое необходимо приложить к тросу для открывания щита, если ширина щита  $b = 2$  м, глубина воды перед щитом  $h_1 = 2,5$  м, а после щита  $h_2 = 1,5$  м. Шарнир расположен над высоким уровнем воды на расстоянии  $h_3 = 1$  м. Весом щита и трением в шарнире можно пренебречь.



**Решение:**

Усилие  $T$ , которое необходимо приложить к тросу, определим из уравнения моментов сил относительно шарнира  $O$ :

$$-P_1 l_1 + P_2 l_2 + T l_3 = 0$$

Определим силу суммарного давления воды на щит слева  $P_1 = \rho g h_c S_1$  где глубина погружения центра тяжести

$$h_c = \frac{h_1}{2};$$

площадь смоченной поверхности  $S_1 = b \cdot \frac{h_1}{\sin \alpha}$ .

$$\text{Тогда } P_1 = \rho g \frac{h_1}{2} b \cdot \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{\rho g b h_1^2}{2 \sin \alpha} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5^2 \cdot 2}{2 \sin 45^\circ} = 86,7 \text{ кН}$$

Аналогично определим силу суммарного давления справа

$$P_2 = \frac{\rho g b h_2^2}{2 \sin \alpha} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 1,5^2 \cdot 2}{2 \sin 45^\circ} = 31,25 \text{ кН}$$

Вертикальные координаты точек приложения сил (центр давления) определяем по формуле  $y_d = y_c + \frac{J_0}{y_c \cdot S}$

$$\text{Откуда } y_{d1} = \frac{h_1}{3}; y_{d2} = \frac{h_2}{3}$$

Расстояния от шарниров до центров приложения сил давления:

$$l_1 = \frac{h_3}{\sin \alpha} + \frac{2h_1}{3 \sin \alpha} = \frac{1}{\sin 45^\circ} + \frac{2 \cdot 2,5}{3 \sin 45^\circ} = 3,77 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{h_1 + h_3 - h_2}{\sin\alpha} + \frac{2h_2}{3\sin\alpha} = \frac{2,5 + 1 - 1,5}{\sin 45^\circ} + \frac{2 \cdot 1,5}{3\sin 45^\circ} = 4,23 \text{ м}$$

Так как  $\alpha = 45^\circ$   $l_3 = h_1 + h_3 = 2,5 + 1 = 3,5 \text{ м}$

$$\text{Следовательно, } T = \frac{P_1 l_1 - P_2 l_2}{l_3} = \frac{86,7 \cdot 3,77 - 31,25 \cdot 4,23}{3,5} = 131 \text{ кН}$$

Д/з Решить задачи: (стр 86 в пособии Механика. Практикум по дисциплинам «Геомеханика», «Гидромеханика»/С.А. Щеглова, И.И. Петухова; Забайкал. гос. ун-т. – Чита: ЗабГУ, 2018. – 156 с., пособие можно найти на сайте университета)

1. Базаров №12
2. Болтушенко №13
3. Васильев №14
4. Глотов №15
5. Кислицин №16
6. Коновалов №17
7. Ломакин №18
8. Мовчанюк №19
9. Палкин №20
10. Плотников №21
11. Поляков №22
12. Согреев №23
13. Черепанов №24
14. Черников №25