

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 γ . 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)

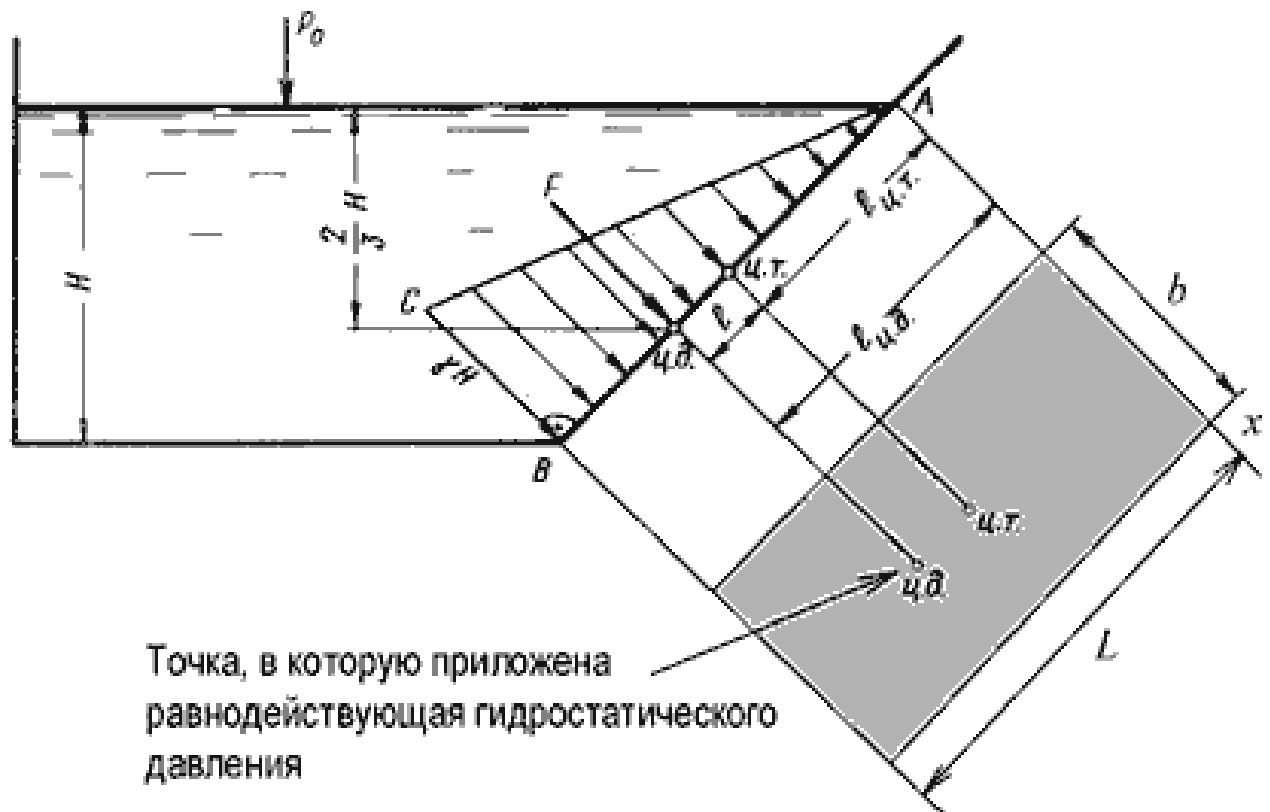


Рис. 1. Схема к определению равнодействующей гидростатического давления на плоскую поверхность

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

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

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

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

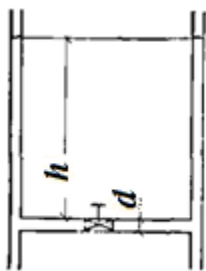
При воздействии жидкостей с обеих сторон стенки сначала необходимо определить силы давления F_1 и F_2 по обе стороны от стенки, а затем найти их результирующую по правилу сложения параллельных сил.

$$F = F_1 + F_2$$

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°C , а в левой 20°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

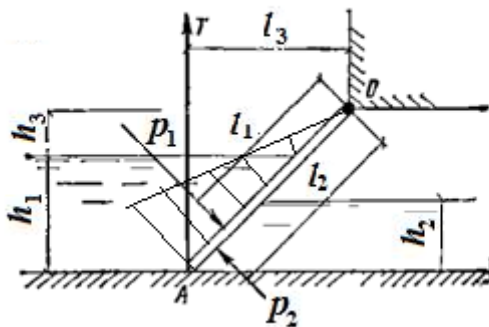
$$F_{\text{пр}} = \rho_{80^\circ} g h_c S = \rho_{80^\circ} g h_c \cdot \frac{\pi d^2}{4} = 972 \cdot 9,81 \cdot 20 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,2^2}{4} = 5988 \text{ Н}$$

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

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. Габдрахманов №26
2. Задорожин №27
3. Лапоног №28
4. Луговской №29
5. Муравьев №30
6. Слободчикова №31
7. Хисматулин №32
8. Яковлев №33