

Контактно пройти по ссылке в 9.00

<http://disrm1.zabgu.ru/b/etg-43d-fd4>

Лекция

Определение давления на криволинейные стенки (продолжение)

Нахождение полной силы давления, построение тела давления

Величина полной силы давления на криволинейные поверхности определяется по формуле:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} \quad , \quad (1)$$

где R_x , R_y – горизонтальные составляющие полной силы давления,
 R_z – вертикальная составляющая полной силы давления.

Рассмотрение криволинейных поверхностей в модельном представлении сводят к элементарным цилиндрическим поверхностям с вертикальными или горизонтальными образующими.

Горизонтальные составляющие $R_{x(y)}$ определяются из выражения:

$$R_{x(y)} = \rho g H_T \cdot S_{x(y)}, \quad (2)$$

где $\omega_{x(y)}$ – площадь проекции цилиндрической поверхности на плоскость, перпендикулярную соответственно осям X или Y , а H_T – расстояние от центра тяжести этой проекции до пьезометрической плоскости.

Точка приложения горизонтальных составляющих является центром давления площадей проекций $\omega_{x(y)}$.

Вертикальная составляющая R_z , равная весу объема жидкости, определяется из выражения:

$$R_z = \rho g V_d, \quad (3)$$

где V_d – представляет собой объемную эпюру давления и называется **телом давления**.

Для вычисления величины V_d , необходимо выполнить построение тела давления, согласно его определения:

Телом давления называется объем призмы, ограниченный снизу цилиндрической поверхностью, а сверху – проекцией этой поверхности на пьезометрическую плоскость[1].

Вертикальная составляющая R_z проходит через центр тяжести тела давления и, в зависимости от рассматриваемой задачи, может иметь направление вниз или вверх.

Пример построения и нахождения R_x и R_z для цилиндрической поверхности с горизонтальной образующей показан на рис. 1.

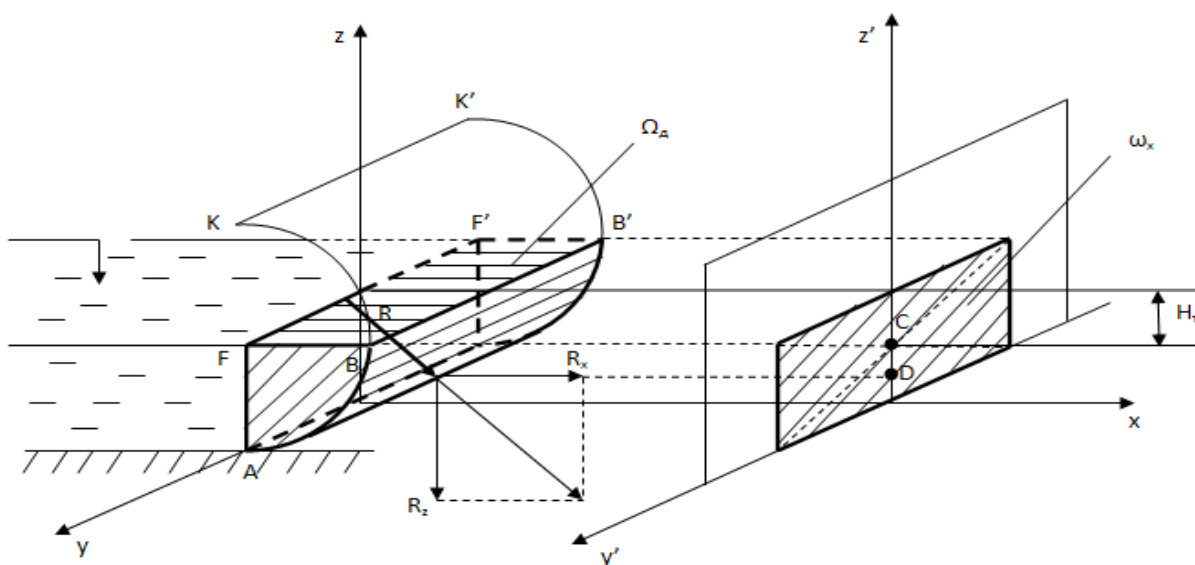


Рис.1. Пример построения и нахождения составляющих полной силы давления на цилиндрическую поверхность

Лабораторная (практическая) работа

Решение задач определение давление на плоские и криволинейные стенки.

Для того, чтобы определить силу суммарного давления на плоскую стенку следует:

- 1) определить глубину погружения центра тяжести стенки h_c (найти площадь смачиваемой поверхности стенки S ;
- 2) рассчитать суммарную силу давления
- 3) точку приложения силы давления – центр давления – определить по формуле

Для того, чтобы определить силу суммарного давления на криволинейную стенку следует:

- 1) определить горизонтальную и вертикальную
- 2) вычислить суммарную силу давления,
- 3) направление силы давления показать, определив угол $\beta \operatorname{tg} \beta = \frac{F_B}{F_T}$

Для построения эпюр давления – диаграмм распределения давления на смоченную поверхность следует:

- 1) в точке соприкосновения свободной поверхности жидкости со стенкой восстанавливают перпендикуляр и на нем откладывают значение давления p_0 ;
- 2) из точки пересечения стенки со дном восстанавливают другой перпендикуляр, равный в масштабе сумме значений p_0 и $\rho g H$;
- 3) соединив полученные отрезки, получают эпюру абсолютного давления.

Задача 3.32

Определить силу манометрического давления на дно сосуда, если сила P_1 , действующая на поршень, равна 44 н (рис. 1-26). Диаметр $d=12$ см, глубина воды в сосуде $h=40$ см, диаметр дна сосуда $D=35$ см.

Решение. Манометрическое гидростатическое давление на дно сосуда определяется из зависимости

$$p = \frac{P_1}{\omega_1} + \gamma h,$$

где площадь поршня $\omega_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} = 113 \text{ см}^2 = 0,0113 \text{ м}^2$; $p = \frac{44}{0,0113} + 9810 \cdot 0,40 = 3893 + 3924 = 7817 \text{ н/м}^2 = 0,08 \text{ кг/см}^2$.

Сила манометрического давления на дно сосуда при площади дна

$$\Omega = \frac{3,14 \cdot 35^2}{4} = 962 \text{ см}^2 = 0,0962 \text{ м}^2$$

будет:

$$P = p\Omega = 7817 \cdot 0,0962 = 752 \text{ н} \approx 77 \text{ кг}.$$

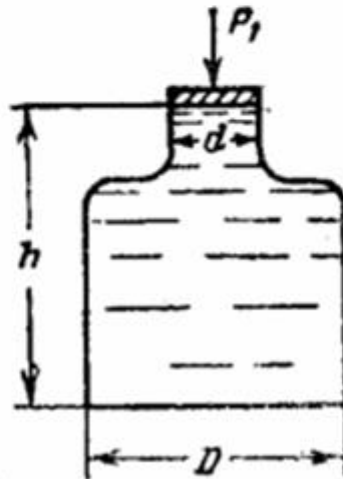
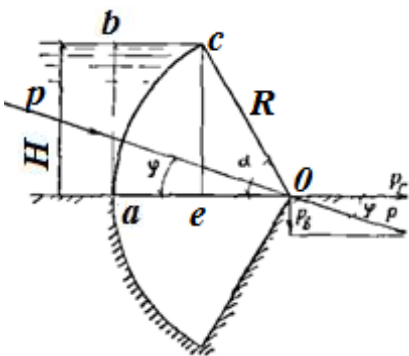


Рис. 1-26.

Пример 3.3. Определить силу суммарного давления на секторный затвор и ее направление. Глубина воды перед затвором $H = 4$ м, длина затвора $L = 8$ м, угол $\alpha = 60^\circ$.



Решение:

Равнодействующую сил давления определяем по формуле

$$F = \sqrt{F_R^2 + F_B^2}$$

Горизонтальная составляющая силы давления равна силе давления на вертикальную проекцию затвора:

$$F = \rho g h_c S$$

$h_c = \frac{H}{2}$ – глубина погружения центра тяжести смоченной поверхности

(Приложение 5);

$S = H \cdot L$ – площадь вертикальной проекции,
следовательно,

$$F_r = \rho g \frac{H^2 L}{2} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 16 \cdot 8}{2} = 628 \text{ Н}$$

Вертикальную составляющую силы давления определяем по формуле

$$F_b = \rho \cdot g \cdot V$$

где V – объем тела abc длиной L .

$$R = \frac{H}{\sin \alpha} = \frac{4}{\sin 60^\circ} = 4,62 \text{ м}$$

$$Oe = R \cos \alpha = 4,62 \cdot 0,5 = 2,31 \text{ м}$$

Площадь сектора:

$$S_{oac} = \frac{\pi d^2}{4} \frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{3,14 \cdot (2 \cdot 4,62)^2}{4} \frac{60}{360} = 11,2 \text{ м}^2$$

$$S_{oec} = \frac{ce \cdot Oe}{2} = \frac{4 \cdot 2,31}{2} = 4,62 \text{ м}^2$$

$$S_{ace} = S_{oac} - S_{oec} = 11,2 - 4,62 = 6,58 \text{ м}^2$$

$$S_{abce} = ab \cdot ae = 4(4,62 - 2,31) = 9,24 \text{ м}^2$$

$$S_{ace} = S_{abce} - S_{ace} = 9,24 - 6,58 = 2,66 \text{ м}^2$$

Окончательно, получаем $F_b = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,66 \cdot 8 = 209,5 \text{ Н}$

Вычислим равнодействующую сил давления

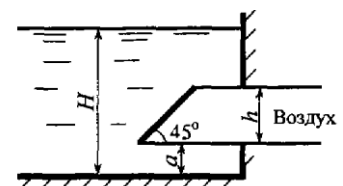
$$F = \sqrt{628^2 + 209,5^2} = 662 \text{ кН}$$

Направление этой силы определяется углом β :

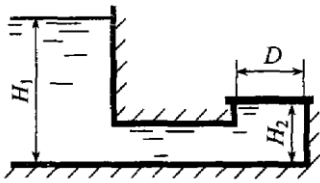
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{F_b}{F_r} = \frac{209,5}{628} = 0,333, \text{ следовательно, угол } \beta = 18^\circ 25'.$$

Задачи

Задача 3.1. Определить силу гидростатического давления и центр давления воды на прямоугольный затвор шириной $b = 1,2 \text{ м}$, закрывающий вход в прямоугольную трубу, высота которой $h = 0,8 \text{ м}$. Глубина

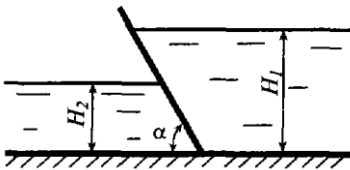
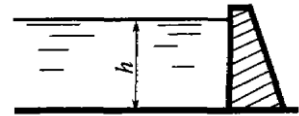


жидкости в резервуаре $H = 3,5$ м, $a = 0,5$ м.



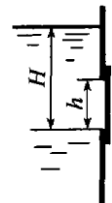
Задача 3.2. Определить силу гидростатического давления жидкости на круглую крышку колодца диаметром $D = 1,2$ м. Относительная плотность жидкости $\delta = 1,25$, глубины $H_1 = 4,5$ м, $H_2 = 1,0$ м.

Задача 3.3. Определить силу и центр давления воды на стенку шириной $b = 15$ м, глубина воды $h = 3$ м.



Задача 3.4. Определить равнодействующую силу и центр давления воды на наклонную прямоугольную стенку шириной $b = 10$ м, если глубина воды $H_1 = 6$ м, $H_2 = 2$ м, а угол наклона стенки $\alpha = 60^\circ$.

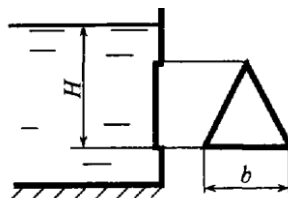
Задача 3.5. Прямоугольное отверстие высотой $h = 0,4$ м и шириной $b = 1$ м в вертикальной стенке открытого резервуара с водой закрыто щитом. Определить силу и центр давления воды на щит, если $H = 1,3$ м.



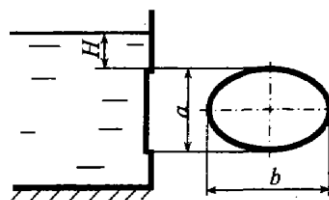
Задача 3.6. Определить равнодействующую силу и центр давления воды на прямоугольную стенку шириной $b = 10$ м, если глубина воды $H_1 = 5$ м, $H_2 = 3$ м.



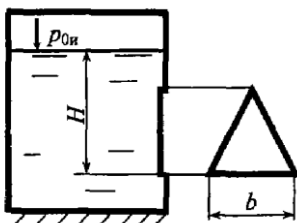
Задача 3.7. В вертикальной стенке имеется отверстие, перекрываемое щитом в виде равностороннего треугольника, сторона которого $b = 1,5$ м. Определить силу гидростатического давления и положение центра давления, если $H = 2,3$ м.



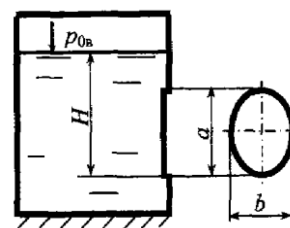
Задача 3.8. В вертикальной стенке имеется отверстие, перекрываемое щитом в форме эллипса с размерами $a = 1,5$ м, $b = 2,5$ м. Определить силу гидростатического давления и положение центра давления, если $H = 0,3$ м.



Задача 3.9. В боковой вертикальной стенке резервуара имеется отверстие, которое перекрывается равносторонним треугольным щитом со стороной $b = 1,5$ м. Определить силу гидростатического давления и положение центра давления, если $H = 2,3$ м, избыточное давление в резервуаре $p_{0изб} = 5$ кПа.



Задача 3.10. В боковой вертикальной стенке резервуара имеется отверстие, которое перекрывается щитом в форме эллипса с размерами $a = 1,5$ м, $b = 2,5$ м. Определить силу гидростатического давления и положение центра давления, если $H = 3,2$ м, вакуумметрическое давление в резервуаре $p_{0вак} = 10$ кПа.



Контрольные вопросы и задания

1. Как определить силу гидростатического давления на плоскую стенку?
2. К какой точке приложена эта сила?
3. В чем смысл гидростатического парадокса?
4. Как найти силу гидростатического давления и точку ее приложения, если стенка цилиндрическая?
5. Что называется телом давления?
6. Как определить направление силы суммарного давления на цилиндрические поверхности?