

Задача 4

Замкнутый резервуар разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной a , закрытое крышкой (рис.4). Давление над жидкостью $Ж$ в левой части резервуара определяется показаниями манометра p_m , давление воздуха в правой части - показаниями мановакуумметра. Определить величину и точку приложения результирующей силы давления на крышку.

Указание: Эксцентриситет e центра давления для результирующей силы может быть определен по выражению

$$e = \frac{I_e}{\left(h_{ц.м} + \frac{\Delta p}{\gamma} \right) \cdot S},$$

где $\Delta p = p_m - p_v$.

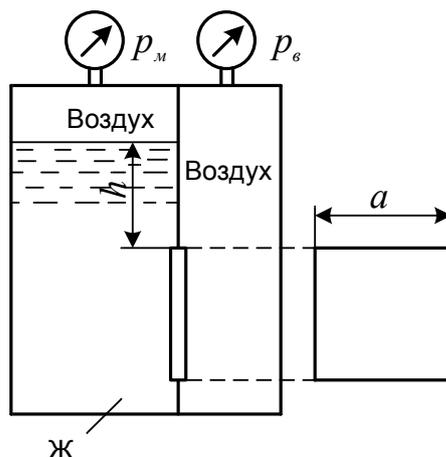


Рисунок 4

Таблица 2 – Числовые значения величин

Предпоследняя цифра шифра	$Ж$	$p_m, МПа$	$p_v, МПа$	$a, мм$	$h, мм$
5	Масло трансформаторное	0,05 (изб.)	0,03 (вак.)	200	500

Решение

Абсолютное давление воздуха в правой части резервуара:

$$p_{np} = p_{атм} - p_6, Па \quad (1)$$

где $p_{атм}$ - атмосферное давление, Па;

$$p_{np} = 101 \cdot 10^3 - 0,03 \cdot 10^6 = 71000 Па$$

Сила давления воздуха на крышку справа:

$$P_{np} = p_{np} \cdot S, Н \quad (2)$$

где S - площадь поверхности крышки, $м^2$;

$$S = a^2, м^2 \quad (3)$$

a - размер стороны квадратной крышки, $м$;

Подставляя (3) в (2), получаем:

$$P_{np} = p_{np} \cdot a^2, Н \quad (4)$$

$$P_{np} = 71000 \cdot 0,200^2 = 2840 Н$$

Эта сила приложена в центре тяжести крышки (точка C)

Абсолютное давление воздуха на поверхности жидкости в левой части резервуара:

$$p_l = p_{атм} + p_m, Па \quad (5)$$

$$p_l = 101 \cdot 10^3 + 0,08 \cdot 10^6 = 181 \cdot 10^3 Па$$

Сила давления воздуха на крышку слева:

$$P_l = p_l \cdot a^2, Н \quad (6)$$

$$P_l = 181 \cdot 10^3 \cdot 0,200^2 = 7240 Н$$

Эта сила приложена в центре тяжести крышки (точка C)

Сила давления жидкости на крышку

$$P_{ж} = \gamma \cdot h_{ц.м} \cdot S = \rho_{ж} \cdot g \cdot h_{ц.м} \cdot S, H \quad (7)$$

где $h_{ц.м}$ - расстояние по вертикали от свободной поверхности жидкости до центра тяжести смоченной части крышки, м;

$$h_{ц.м} = h + \frac{a}{2}, м \quad (8)$$

Подставляя (8) и (3) в (7), получаем:

$$P_{ж} = \rho_{ж} \cdot g \cdot \left(h + \frac{a}{2} \right) \cdot a^2, H \quad (9)$$

$$P_{ж} = 890 \cdot 9,81 \cdot \left(0,500 + \frac{0,200}{2} \right) \cdot 0,200^2 = 210 H$$

Результирующая сила давления на крышку:

$$P = P_l + P_{ж} - P_{пр}, H \quad (10)$$

$$P = 7240 + 210 - 2840 = 4610 H$$

Результирующая сила давления, действующая на крышку, приложена в центре давления h_D , который смещен относительно центра тяжести крышки h_C на величину эксцентриситета:

$$e = \frac{I_e}{\left(h_{ц.м} + \frac{\Delta p}{\gamma} \right) \cdot S} = \frac{I_e}{\left(h + \frac{a}{2} + \frac{p_m - p_g}{\rho_{ж} \cdot g} \right) \cdot a^2} \quad (11)$$

где I_e - момент инерции площади крышки относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести площади крышки, м⁴;

$$I_e = \frac{a^4}{12}, м^4 \quad (12)$$

Подставляя выражение (12) в выражение (11), получаем

$$e = \frac{\frac{a^4}{12}}{\left(h + \frac{a}{2} + \frac{p_m - p_e}{\rho_{жс} \cdot g} \right) \cdot a^2}, \text{ м} \quad (13)$$

$$e = \frac{\frac{0,200^4}{12}}{\left(0,500 + \frac{0,200}{2} + \frac{(0,05 - (-0,03)) \cdot 10^6}{890 \cdot 9,81} \right) \cdot 0,200^2} = 0,0003 \text{ м}$$

Точка приложения результирующей силы:

$$h_{ц.д} = h_{ц.м} + e = h + \frac{a}{2} + e, \text{ м} \quad (14)$$

$$h_{ц.д} = 0,500 + \frac{0,200}{2} + 0,0003 = 0,6003 \text{ м}$$

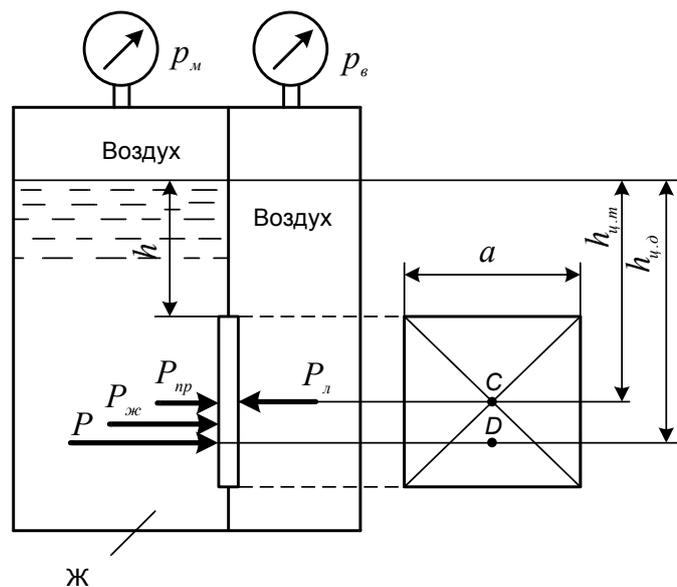


Рисунок 1.1

Ответ: $P = 4610 \text{ Н}$, $h_{ц.д} = 0,6003 \text{ м}$.