

Лабораторная работа 1

Определение силы гидростатического давления на плоскую поверхность. Решение задач по гидростатике.

В резервуаре прямоугольной формы (рис. 1.2) в одной из стенок устраивается круглое отверстие. Это отверстие перекрывается круглым плоским свободно открывающимся клапаном 2. Резервуар заполняется водой на определенную высоту выше центра тяжести клапана. Под действием силы гидростатического давления клапан находится в плотно-закрытом положении. К нему прикладывается внешняя механическая сила - груз, позволяющий открывать клапан собственной массой груза $M_{гр}$. Если понижать уровень воды в резервуаре до момента, когда сила F станет равной массе груза $M_{гр}$, клапан откроется. В момент открытия клапана сила избыточного давления на клапан площадью ω будет равняться массе груза $M_{гр}$.

Теоретически сила давления P на клапан в момент его открытия определяется по формуле

$$P = \rho g h_{ц.т} \cdot \omega, \quad (1.1)$$

где $h_{ц.т}$ – глубина погружения центра тяжести смоченной площади клапана от свободной поверхности воды в резервуаре.

Опыты проводятся для трех значений глубины погружения центра тяжести клапана.

Рекомендуется следующий порядок проведения опытов:

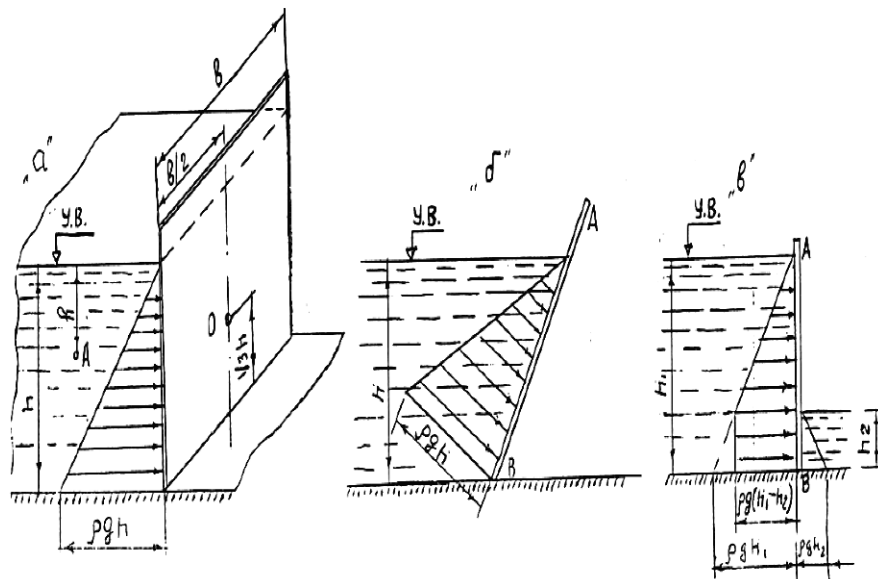


Рис. 1.1 Схема эпюр избыточного давления жидкости на плоскую стенку

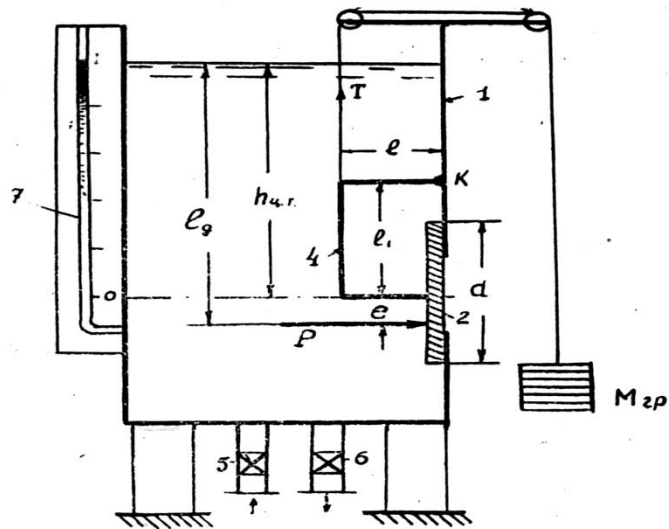


Рис. 1.2. Схема опытной установки

1. Замеряются диаметр клапана d , плечи коромысла l и l_1 . Резервуар наполняется водой.

2. Устанавливается на подвеску груз $M_{гр}$.

3. Открывается задвижка $б$, происходит понижение уровня воды в резервуаре.

4. В момент открытия клапана (он фиксируется визуально вылетом струи из отверстия) определяется показание пьезометра 7 (глубина погружения центра тяжести клапана).

5. Одновременно закрывается задвижка $б$, вручную приподнимается груз $M_{гр}$ и закрывается клапан. Величина груза уменьшается, и он опускается в исходное положение. Далее проводится второй и третий опыт с меньшей глубиной погружения центра тяжести клапана и меньшим грузом.

Обработка результатов измерений производится в такой последовательности:

1. Определяется подъемное усилие клапана

$$T = g (M_{гр} - M_{пр}), \quad (1.2)$$

где $M_{пр}$ – масса груза, преодолевающая трение в блоках и шарнире.

2. Вычисляется величина эксцентриситета по формуле

$$e = d^2 / 16 h_{ц.т.} . \quad (1.3)$$

3. Из уравнения моментов относительно точки K определяется опытное значение силы гидростатического давления на клапан

$$F_{он} = T_1 / (l_1 + e) \quad (1.4)$$

4. Определяется сила гидростатического давления на клапан по формуле (1.1).

5. Сопоставляется опытная сила гидростатического давления (1.4) с вычисленной по формуле (1.1).

Задача 1.1. Определить избыточное давление воды в различных точках резервуара, построить эпюру избыточного давления на плоский прямоугольный щит и определить силу давления на него.

На свободной поверхности воды $h = 0$, $P_6 = 100$ кПа, $P = 0$, $P_a = 100$ кПа. Если, например, $h = 2$ м, $P_6 = 100$ кПа, то $P = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2 = 19620$ Па, $P_a = 100 + 19,62 = 119,62$ кПа.

Приняв произвольно несколько точек, по глубине воды возле плоского прямоугольного щита по формуле (1.1) вычисляются значения P в каждой точке.

Строится эпюра избыточного давления воды на щит, показывающая графическое изображение закона изменения давления P с глубиной h . Закон изменения давления – прямая линия, давление направлено нормально к щиту (рис. 1.1, а).

Эпюра избыточного давления имеет треугольную форму. Следовательно суммарная сила давления воды на плоский прямоугольный щит будет приложена в центре тяжести треугольника эпюры, т.е. на расстоянии $1/3$ высоты треугольника h (h – глубина воды возле щита) и по центру ширины щита b в точке O .

Суммарная сила давления воды F на щит шириной b равна произведению площади эпюры на ширину щита b . Для вертикальной стенки F определится по формуле

$$F = \rho g b h^2 / 2. \quad (1.5)$$

Если, например, $b = 2,5$ м, $h = 3$ м, то

$$F = (1000 \cdot 9,81 \cdot 2,5 \cdot 3^2) / 2 = 110 \text{ кН.}$$

Для других случаев положения стенки эпюры давлений приводятся на рис. 1.1, б, в.

Задача 1.2. Определить высоту столба жидкости в пьезометре при наличии в сосуде избыточного или вакуумметрического давления.

Манометрическое и вакуумметрическое давления могут быть условно выражены высотой столба жидкости. Допустим, в сосуде имеется жидкость с плотностью ρ . Давление на свободной поверхности больше барометрического ($P_0 > P_6$). Требуется определить давление на уровне сечения 1 – 1 (рис. 1.3, а). Если подсоединить в этом сечении пьезометр 2, то под действием давления жидкость в трубке поднимется на некоторую высоту h .

Согласно уравнению

$$P_a = P_6 + \rho g h, \quad (1.6)$$

$P_a - P_6$ равно избыточному давлению P , тогда $h = P/\rho g$. Численное его значение и будет равно манометрическому (h_{\max}) давлению в точке A .

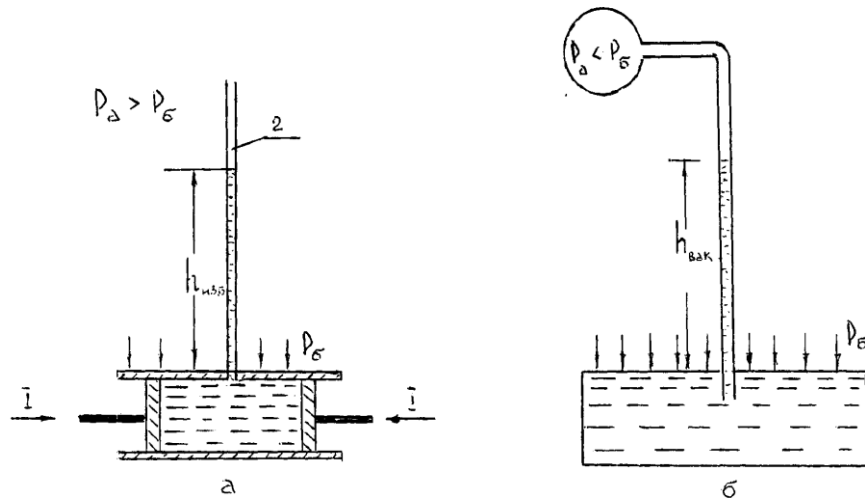


Рис. 1.3. Схема определению манометрического и вакуумметрического давления

Для определения вакуумметрического давления применяют вакуумметр (рис. 1.3, б). Вакуумметрическому давлению $P_в$ соответствует высота подъема жидкости ($h_в$), определяемая по формуле

$$h_в = \frac{P_б - P_a}{\rho g}. \quad (1.7)$$

Высота столба воды, соответствующая барометрическому давлению, примерно равна 10 м ($P = P_б = 100$ кПа). При абсолютном вакууме ($P_a = 0$) $P_в = P_б$ расчетная высота подъема воды в вакуумметре не может быть больше 10 м, так как такую высоту столба воды уравнивает барометрическое давление $P_б = 100$ кПа. Например, если в сосуде С (рис. 1.3, б) абсолютное давление $P_a = 70$ кПа, то $P_в = P_б - P_a = 100 - 70 = 30$ кПа; $h_в = P_в / \rho g = 30000 / (1000 \cdot 9,81) = 3,06$ м.