



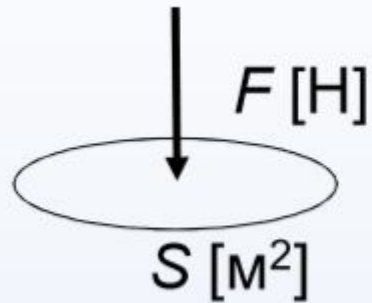
Дисциплина:
Механика жидкости и газа

Тема 1. Гидростатическое давление в точке

Преподаватель:
Лазурин Мария Александровна

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- ▶ Гидростатика изучает законы равновесия жидкости и их практическое применение.
- ▶ Давление - отношение силы к площади, к которой она приложена

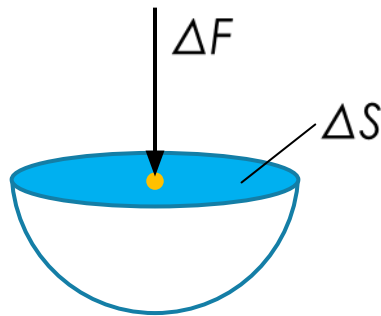


$$p = \frac{F}{S} = \left[\frac{H}{m^2} \right] = 1 \text{ Па}$$

В результате действия поверхностных и массовых сил внутри жидкости возникает напряжение сжатия, называемое гидростатическим давлением.

Гидростатическое давление в точке (P) – это предел отношения силы ΔF к площади ΔS при уменьшении ее размеров до нуля:

$$P = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta F}{\Delta S} \right)$$



ΔF – сила гидростатического давления

ΔS – площадь поверхности, на которую воздействует сила F . В любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке, касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема жидкости

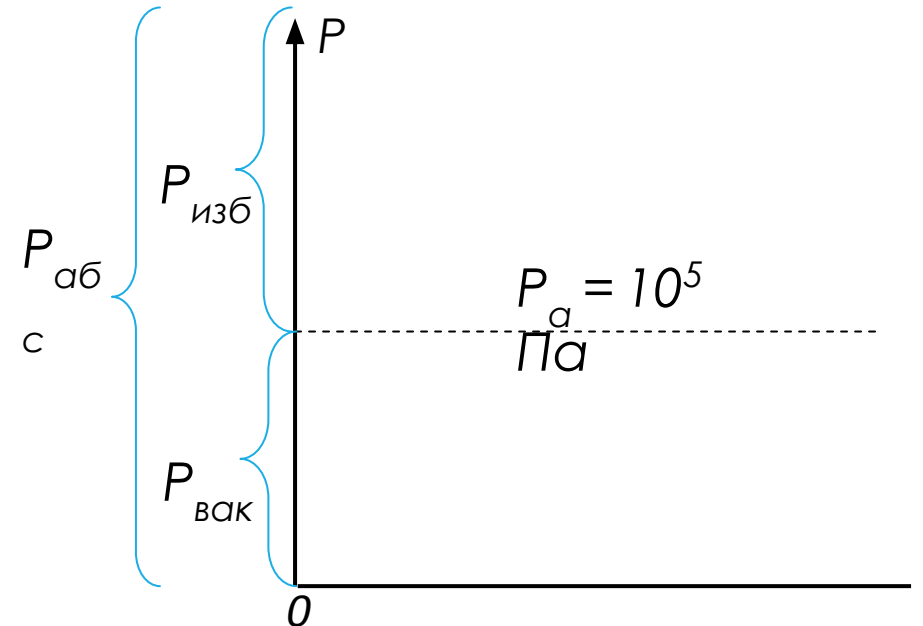
Единицы измерения и виды гидростатического давления

$$P_a = 10^5 \text{ Па} = 100 \text{ кПа} = 1 \text{ бар} = 1 \text{ техн. атм.} = 1 \text{ кгс/см}^2 = \\ = 750 \text{ мм рт. ст.} = 10 \text{ м вод. ст.}$$

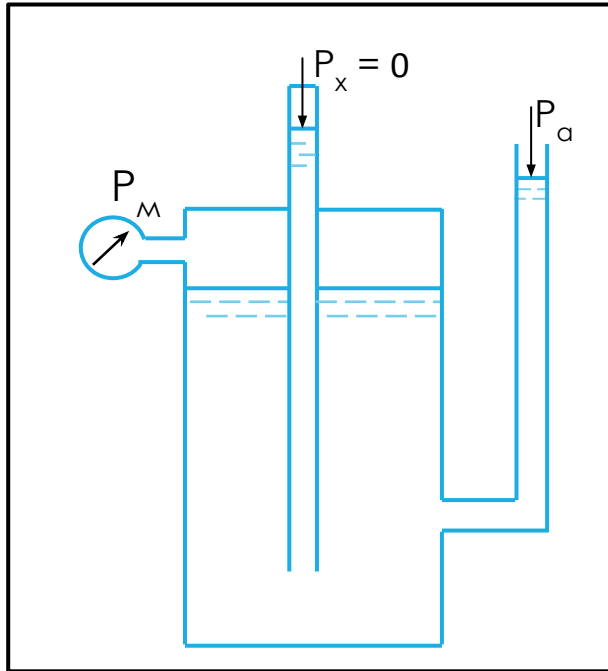
данные единицы измерения относятся уже к напору, т.е. $\frac{P}{\rho g}$

Виды гидростатического давления:

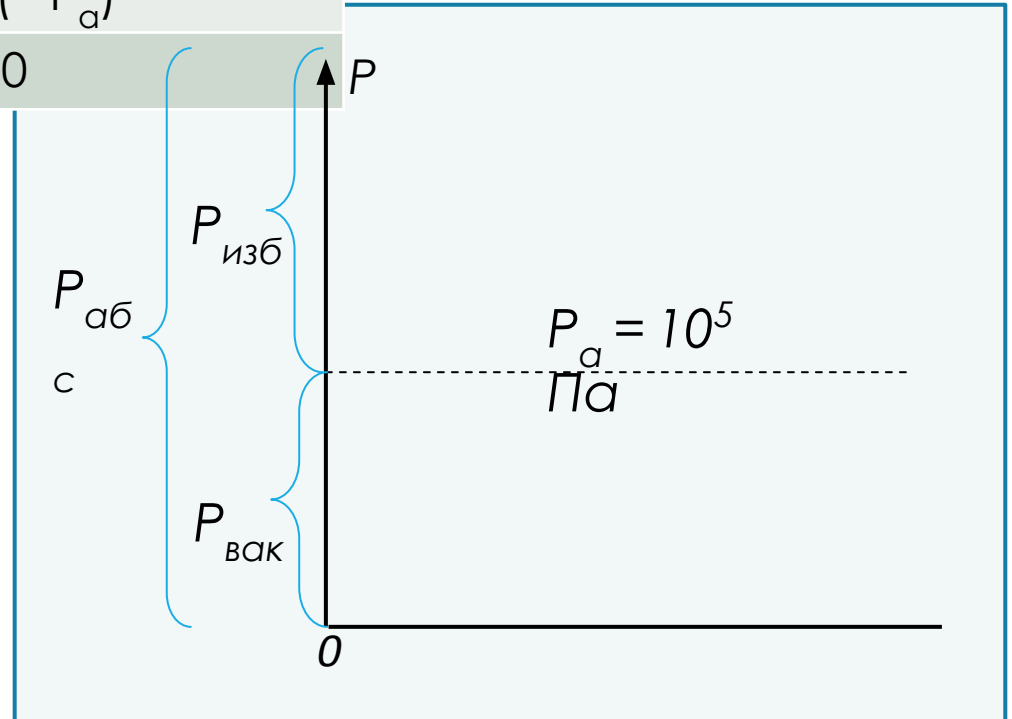
- Полное (абсолютное) P – величина давления, отсчитываемая от «0» (с учетом атмосферного);
- Атмосферное давление P_a – давление, создаваемое окружающей воздушной средой ($P_a = 10^5 \text{ Па}$);
- Избыточное давление $P_{изб}$ – превышение давления над атмосферным (отсчитывается от атмосферного): $P_{изб} = P - P_a = \rho g h$;
- Вакуумметрическое (отрицательное избыточное) $P_{вак}$ – недостаток давления до атмосферного: $P_{вак} = P_a - P$.



Обратите внимание при решении задач



В абсолютной форме	В избыточной форме
$P_m = P_m$	$P_m = P_m - P_a$
$P_x = 0$	$P_x = (-P_a)$
$P_a = P_a$	$P_a = 0$



Основное уравнение гидростатики

$$P = P_x + \rho gh$$

P – давление в точке;

P_x – давление на поверхности жидкости;

ρgh – избыточное давление, создаваемое слоем вышележащей жидкости.

Поверхность уровня или поверхность равного давления

– это поверхность, во всех точках которой давление одинаково.

Условия равного давления:

- 1) точки должны располагаться в одной горизонтальной плоскости;
- 2) точки должны располагаться в жидкости одного и того же вида.

Приборы для измерения давления

1. Манометр – измеряет абсолютное давление в точке подключения

$$P = P_k + \rho g h = \rho g h_{пр}$$

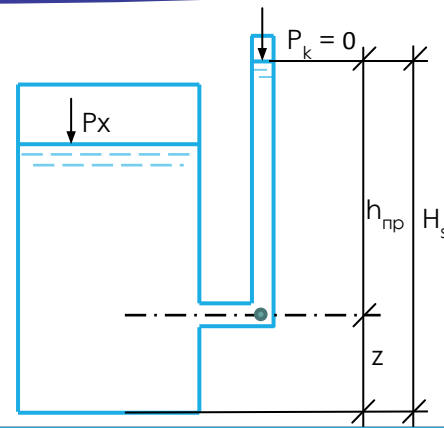
$$h_{пр} = \frac{P}{\rho g}$$

$$H_s = z + h_{пр} = z + \frac{P}{\rho g}, \text{ где:}$$

P_k, P_x – давление на поверхности жидкости;

$h_{пр}$ – приведенная высота абсолютного давления;

H_s – гидростатический напор.



2. Пьезометр – измеряет избыточное давление в точке подключения

$$P = P_k + \rho g h = P_a + \rho g h_p$$

$$h_p = \frac{P - P_a}{\rho g} = \frac{P_{изб}}{\rho g}$$

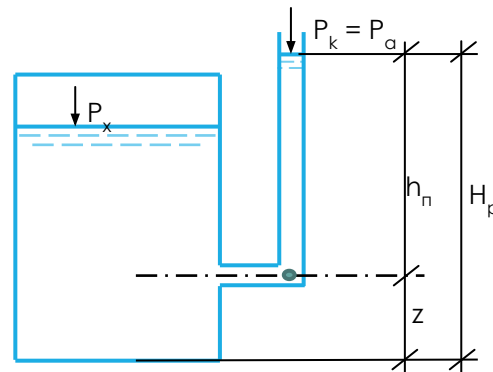
$$H_p = z + h_p = z + \frac{P_{изб}}{\rho g}, \text{ где:}$$

P_k, P_x – давление на поверхности жидкости;

P_a – атмосферное давление;

$P_{изб}$ – избыточное давление;

H_p – пьезометрический напор.



Приборы для измерения давления

3. Вакуумметр – измеряет вакуумметрическое давление

$P_1 = P_2$ – поверхность равного давления

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P_k + \rho g h_{\text{вак}} \\ P_2 &= P_a \end{aligned} \right\}$$

$$P_a = P_k + \rho g h_{\text{вак}}$$

$$h_{\text{вак}} = \frac{P_a - P_k}{\rho g} = \frac{P_{\text{вак}}}{\rho g}, \text{ где:}$$

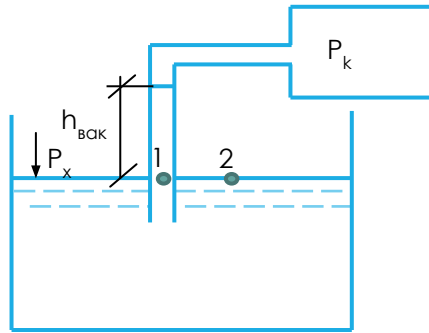
P_x – давление на поверхности жидкости;

P_k – давление в резервуаре;

P_a – атмосферное давление;

$P_{\text{вак}}$ – вакуумметрическое давление;

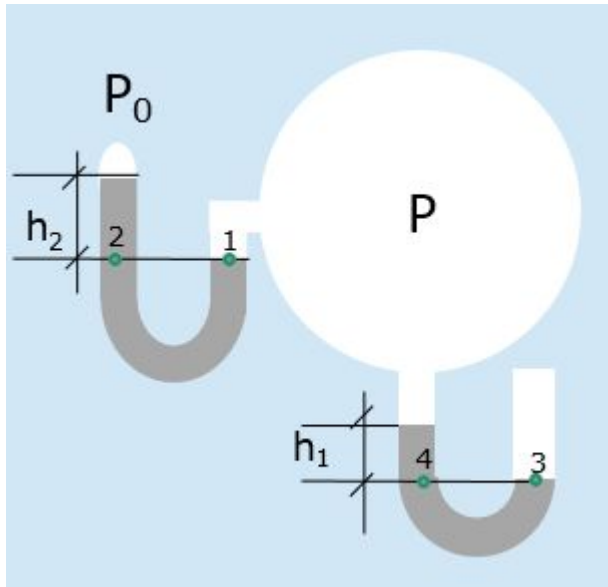
$h_{\text{вак}}$ – вакуумметрическая высота.



4. Барометр – измеряет атмосферное давление

Задача 1

К закрытому сосуду подведены две трубки с ртутью. Определить показания ртутного прибора h_2 , если $h_1 = 30$ см, а $P_0 = 0$



Дано:

$$P_0 = 0$$

$$h_1 = 30$$

$$\text{см}$$

$$h_2 = ?$$

Решение

1. Рассмотрим отдельно каждую трубку (слева и снизу)

1. Слева

- Обозначаем точки на поверхности равного давления 1 и 2
- Записываем основное уравнение гидростатики для каждой точки и выражаем h_2 :

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = P \\ P_2 = P_0 + \rho_{рт}gh_2 \end{array} \right\} \Rightarrow P = 0 + \rho_{рт}gh_2 \Rightarrow h_2 = \frac{P}{\rho_{рт}g}$$

1.2 Снизу

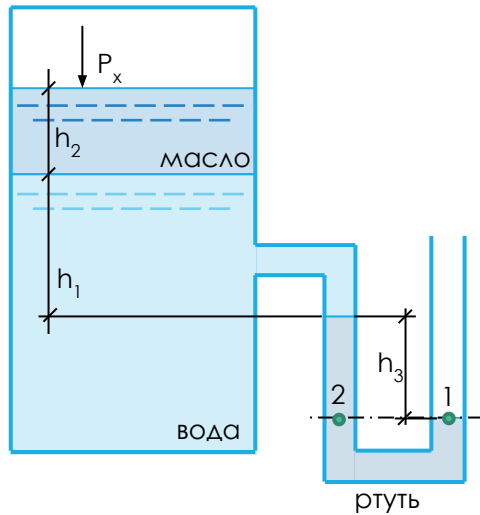
- Обозначаем точки на поверхности равного давления 3 и 4
- Записываем основное уравнение гидростатики для каждой точки, выражаем P :

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = P_a \\ P_4 = P + \rho_{рт}gh_1 \end{array} \right\} \Rightarrow P_a = P + \rho_{рт}gh_1 \Rightarrow P = P_a - \rho_{рт}gh_1$$

$$h_2 = \frac{P}{\rho_{рт}g} = \frac{P_a - \rho_{рт}gh_1}{\rho_{рт}g} = \frac{10^5 - 13600 \cdot 9,81 \cdot 0,3}{13600 \cdot 9,81} = 0,434 \text{ м} = 43,4 \text{ см}$$

Задача 2

В закрытом резервуаре имеется вода ($h_1 = 30$ см) и масло ($h_2 = 50$ см), плотность масла $\rho_M = 800$ кг/м³. Найти давление P_x на поверхности масла, если показания ртутного прибора $h_3 = 40$ см.



Дано:

$h_1 = 30$ см
 $h_2 = 50$ см
 $h_3 = 40$ см
 $\rho_M = 800$ кг/м³
 $\rho_{рт} = 13600$
кг/м³
 $\rho_B = 1000$ кг/м³

$P_x = ?$

Решение

1. Обозначаем 2 точки на поверхности равного давления.
2. Записываем основное уравнение гидростатики для каждой точки:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P_a \\ P_2 &= P_x + g(\rho_M h_2 + \rho_B h_1 + \rho_{рт} h_3) \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$P_a = P_x + g(\rho_M h_2 + \rho_B h_1 + \rho_{рт} h_3)$$

3. Выражаем P_x :

$$P_x = P_a - g(\rho_M h_2 + \rho_B h_1 + \rho_{рт} h_3) = 10^5 - 9,81(800 \cdot 0,5 + 1000 \cdot 0,3 + 13600 \cdot 0,4) = 39828 \text{ Па} = 39,83 \text{ кПа}$$