МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Дисциплина:
Механика жидкости и газа

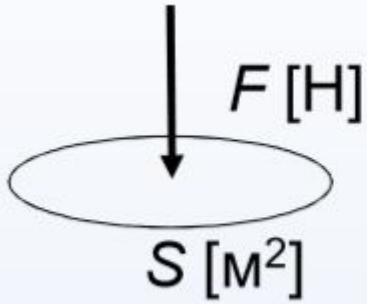
Тема 1. Гидростатическое давление в точке

Преподаватель:
Лазурина Мария Александровна

Санкт-Петербург 2020

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

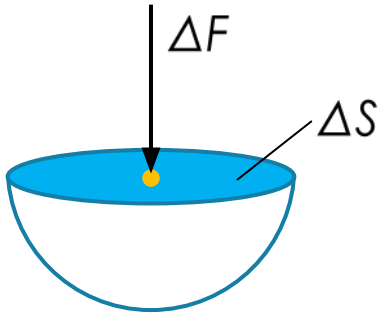


$$p = \frac{F}{S} = \left[\frac{Н}{м^2}\right] = 1\ Па$$

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:

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



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

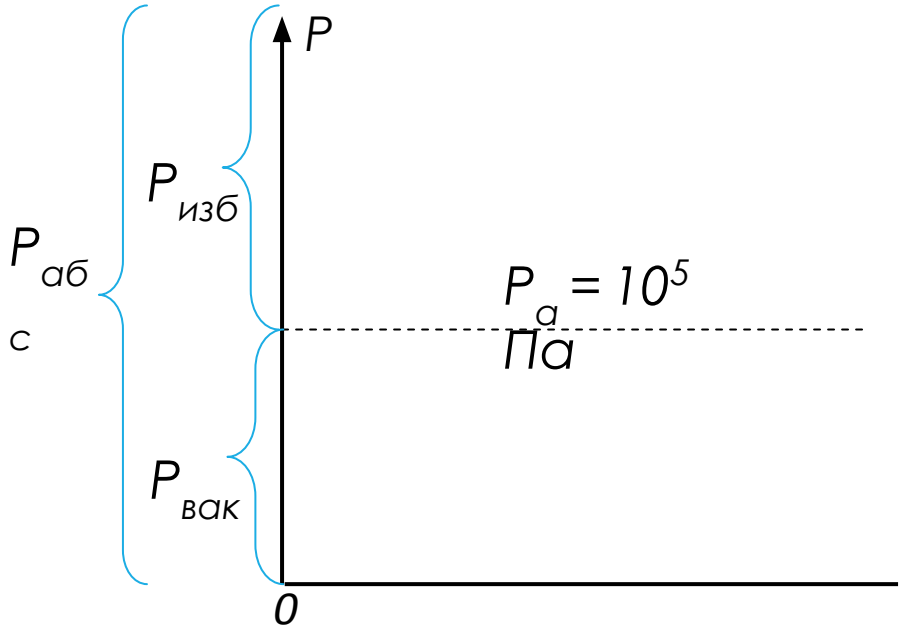
$P_a = 10^5$ Па = 100 кПа = 1 бар = 1 техн. атм. = 1 кгс/см^2 =

= 750 мм рт. ст. = 10 м вод. ст.

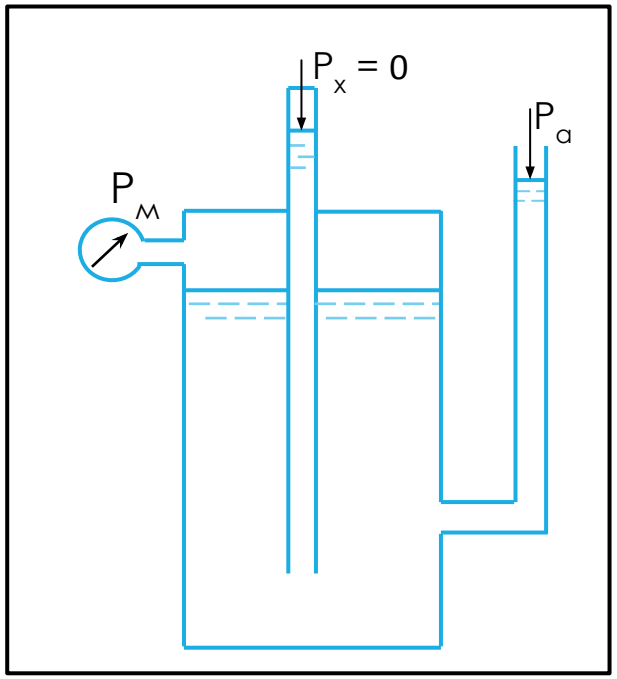
данные единицы измерения относятся уже к напору, т.е. $\frac{P}{\rho g}$

Виды гидростатического давления:

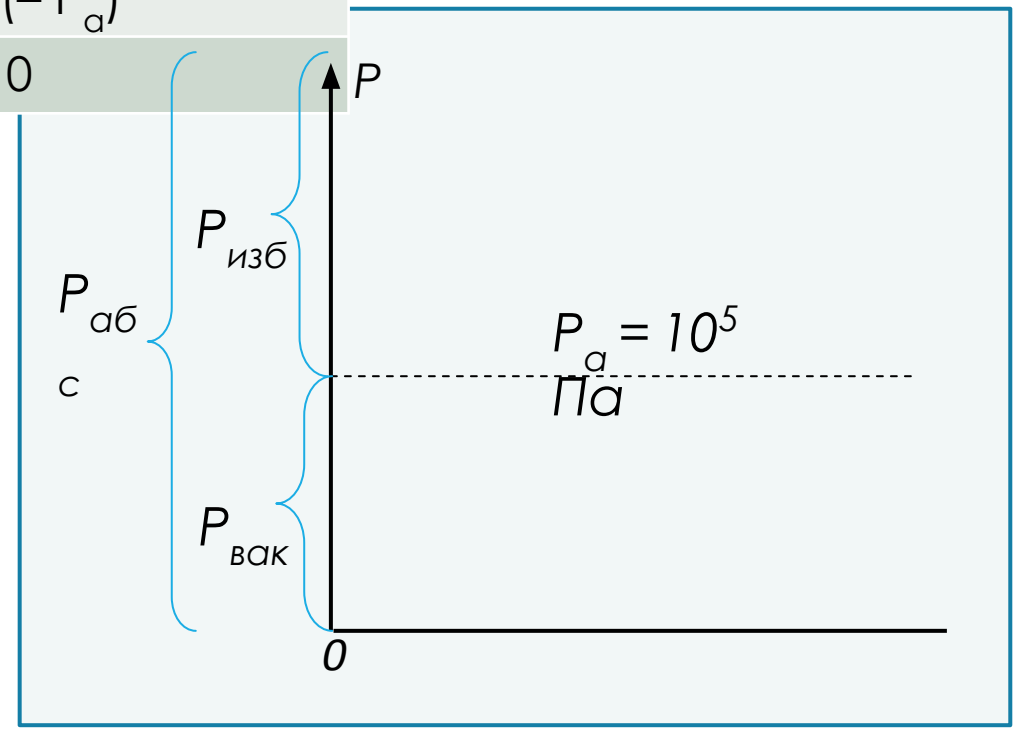
- Полное (абсолютное) P – величина давления, отсчитываемая от «0» (с учетом атмосферного);
- Атмосферное давление P_a – давление, создаваемое окружающей воздушной средой (Pa = 10^5 Па);
- Избыточное давление $P_{изб}$ – превышение давления над атмосферным (отсчитывается от атмосферного): $P_{изб} = P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



Основное уравнение гидростатики

$$P = P_x + \rho g h$$

P – давление в точке;

P_x – давление на поверхности жидкости;

$\rho g h$ – 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

$P = Pk + \rho gh = \rho ghпр$

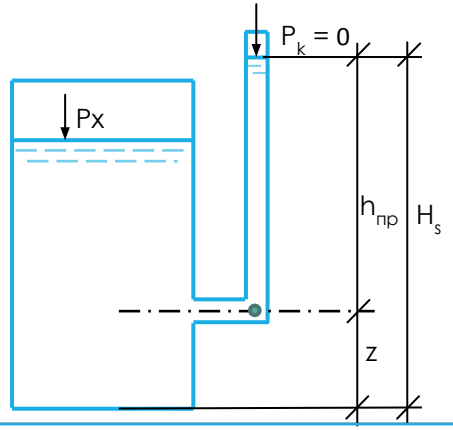
$hпр = \frac{P}{\rho g}$

$Hs = z + hпр = z + \frac{P}{\rho g}$, где:

Pk, Px – давление на поверхности жидкости;

hпр – приведенная высота абсолютного давления;

Hs – гидростатический напор.



2. Пьезометр – измеряет избыточное давление в точке подключения

$P = P_k + \rho gh = P_a + \rho gh_п$

$h_п = \frac{P - Pa}{\rho g} = \frac{P_{изб}}{\rho g}$

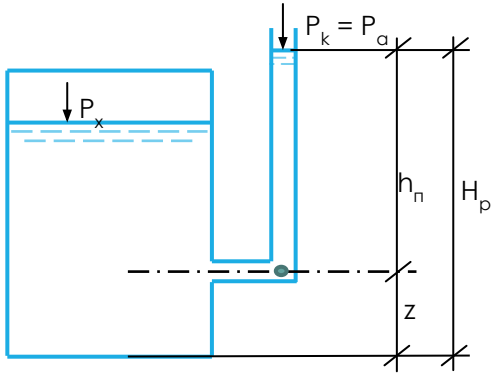
$H_p = z + h_п = z + \frac{P_{изб}}{\rho g}$, где:

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

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

$$P_a = P_k + \rho g h_{вак}$$

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

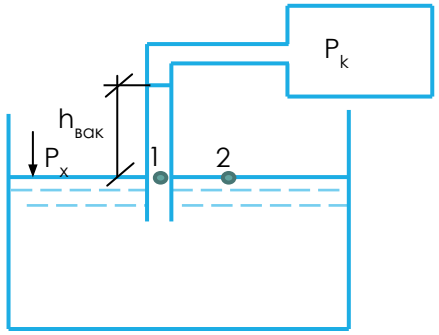
P_x – давление на поверхности жидкости;

P_k – давление в резервуаре;

P_a – атмосферное давление;

$P_{вак}$ – вакуумметрическое давление;

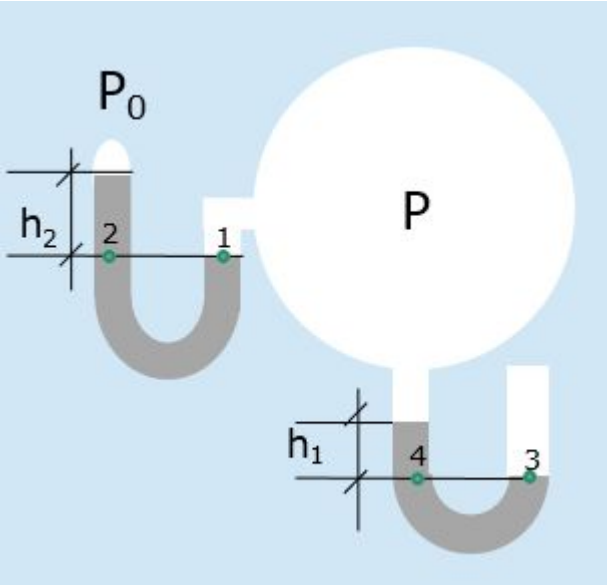
$h_{вак}$ – вакуумметрическая высота.



4. Барометр – измеряет атмосферное давление

Задача 1

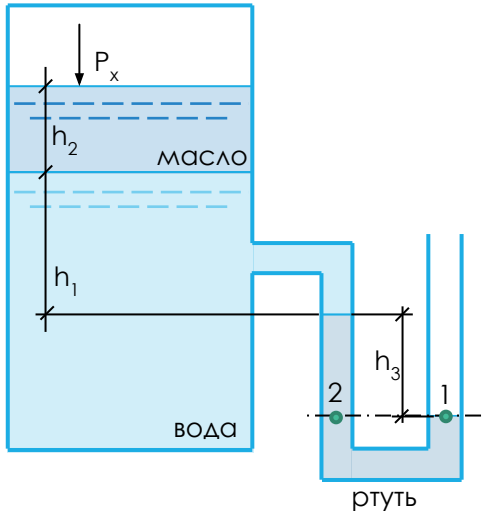
К закрытому сосуду подведены две трубки с ртутью. Определить показания ртутного прибора h_2, если h_1 = 30 см, а P_0 =0



Дано:	Решение
$P_0 = 0$ $h_1 = 30$ см $h_2 = ?$	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: $\left.\begin{array}{l} P_1 = P \\ P_2 = P_0 + \rho_{рт} g h_2 \end{array}\right\} \Rightarrow P = 0 + \rho_{рт} g h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{P}{\rho_{рт} g}$ 1.2 Снизу - Обозначаем точки на поверхности равного давления 3 и 4 - Записываем основное уравнение гидростатики для каждой точки, выражаем P: $\left.\begin{array}{l} P_3 = P_a \\ P_4 = P + \rho_{рт} g h_1 \end{array}\right\} \Rightarrow P_a = P + \rho_{рт} g h_1 \Rightarrow P = P_a - \rho_{рт} g h_1$ $h_2 = \frac{P}{\rho_{рт} g} = \frac{P_a - \rho_{рт} g h_1}{\rho_{рт} g} = \frac{10^5 - 13600 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3}{13600 \cdot 9{,}81} = 0{,}434\ м = 43{,}4\ см$

Задача 2

В закрытом резервуаре имеется вода (h_1 = 30 см) и масло (h_2 = 50 см), плотность масла $\rho_м$ = 800 кг/м^3. Найти давление P_x на поверхности масла, если показания ртутного прибора h_3 = 40 см.



Дано:	Решение
h_1 = 30 см h_2 = 50 см h_3 = 40 см $\rho_м$ = 800 кг/м^3 $\rho_{рт}$ = 13600 кг/м^3 $\rho_в$ = 1000 кг/м^3 P_x = ?	1. Обозначаем 2 точки на поверхности равного давления. 2. Записываем основное уравнение гидростатики для каждой точки: $\left.\begin{aligned} P_1 &= P_a \\ P_2 &= P_x + g(\rho_м h_2 + \rho_в h_1 + \rho_{рт} h_3) \end{aligned}\right\} \Rightarrow$ $P_a = P_x + g(\rho_м h_2 + \rho_в h_1 + \rho_{рт} h_3)$ 3. Выражаем P_x: $P_x = P_a - g(\rho_м h_2 + \rho_в h_1 + \rho_{рт} h_3) = 10^5 - 9{,}81(800 \cdot 0{,}5 + 1000 \cdot 0{,}3 + 13600 \cdot 0{,}4) = 39828$ Па = 39,83 кПа