

ГИДРОСТАТИКА

**Ильченко Марьяна Сергеевна
методист**

**ИМО МКУ «Центр обслуживания образовательных
учреждений Благодарненского
муниципального района
Ставропольского края»**

ГИДРОСТАТИКИ

Гидростатикой называют раздел гидравлики, в котором изучаются законы равновесия неподвижной жидкости.

1.1 Жидкость. Идеальная жидкость (Ж).

Жидкостью называют физические тела, легко изменяющие свою форму под действием сил самой незначительной величины.

Различают два вида жидкостей: капельные и газообразные.

Ж - принимают форму сосуда, в который они налиты (текуча).

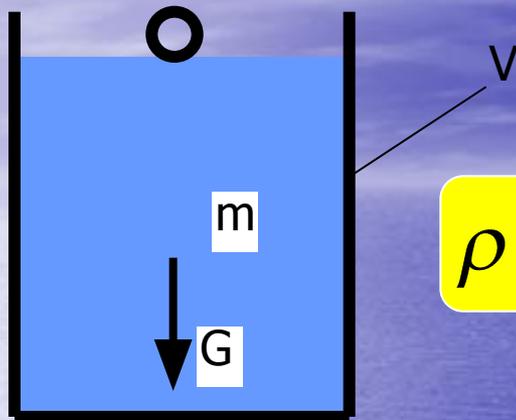
Ж - ограничена твердыми поверхностями сосуда и свободной поверхностью, которая граничит с газом или другой жидкостью.

Капельные жидкости практически несжимаемы.

Реальная жидкость обладает вязкостью (сцепление частиц).

- Идеальная жидкость – это воображаемая жидкость, в которой отсутствуют силы сцепления между частицами (нет вязкости) и отсутствует сжимаемость.

1.2. Физические свойства жидкости.



Плотность – это количество жидкости, содержащейся в единице объема (рис. 1.1)

$$\rho = m / V, \text{ кг} / \text{ м}^3$$

где ρ – плотность, (кг/м³);
 m – масса, (кг);
 V – объем жидкости, (м³)

Плотность определяется ориометром.

Рис.1.1. К вопросу о плотности

Удельный вес – это вес единицы объема Ж.

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

γ – удельный вес, (Н/м³)
 G – вес Ж, (Н)
 V – объем Ж, (м³)

Плотность жидкостей Таблица 1

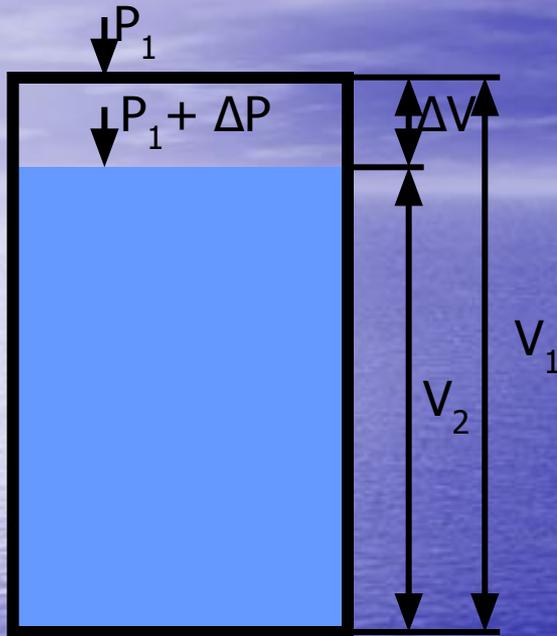
Вещество	ρ (10 ³ кг/м ³)
Бензин	0,68-0,72
Вода	0,998-1,0
Спирт	0,792
Молоко	1,03
Нефть	0,76-0,85
Ртуть	13,60
Серная кислота	1,83

Удельный вес связан с плотностью соотношением

$$\gamma = \rho g$$

Сжимаемость жидкости – это свойство Ж уменьшать объем под действием всестороннего внешнего давления (рис. 1.2).

Сжимаемость характеризуется коэффициентом объемного сжатия - β_p



$$\beta = \frac{\Delta V}{V_1 \Delta p}$$

где:

V_1

- первоначальный объем Ж при давлении p_1

ΔV

- изменение объема Ж после приложения давления $p_2 = p_1 + \Delta p$

Рис.1.2. К вопросу о сжимаемости

Среднее значение коэффициента объемного сжатия воды при обычной температуре в зависимости от давления:

$p = 1 - 500$
кг/см²

$P = 1000 - 1500$

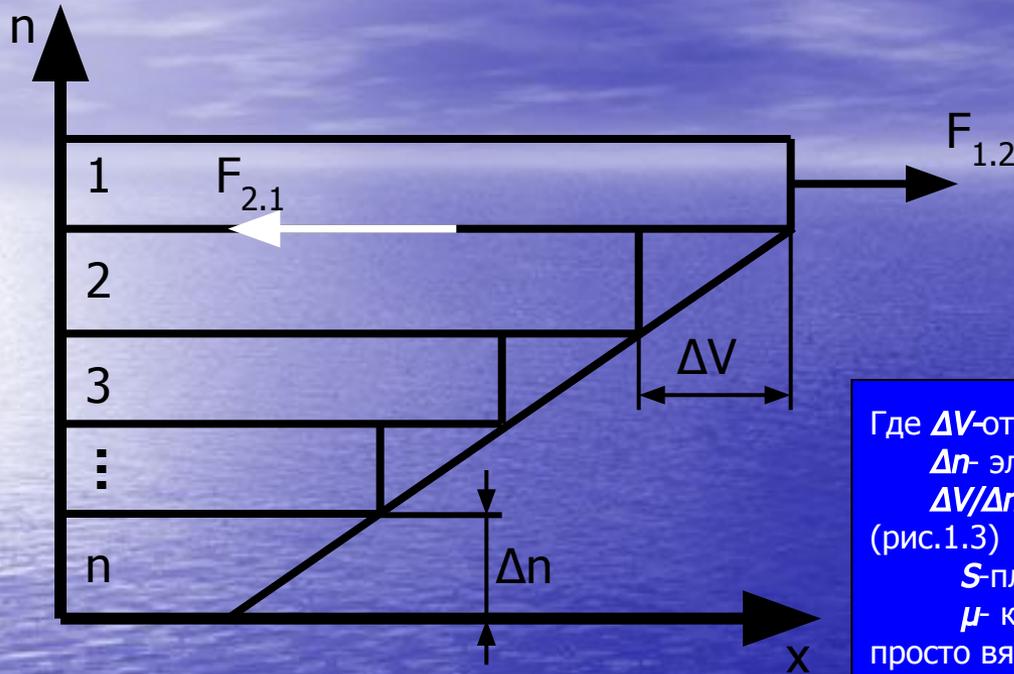
$P = 2500 - 3000$

$\beta_v = 4.85 \cdot 10^{-5}$
см²/кг

$\beta_v = 3,05 \cdot 10^{-5}$

$\beta_v = 2,66 \cdot 10^{-5}$

Вязкость - это свойство жидкости оказывать сопротивление относительно сдвигу её слоёв (рис. 1.3.), где 1, 2, 3 ... n - это слои жидкости.



$F_{1.2}$ - сила сдвигающая 1-й слой относительно второго
 $F_{2.1}$ -сила трения между слоями, которая оказывает сопротивление сдвигу, обусловленная вязкостью.

$$F_{2.1} = \mu S \frac{\Delta v}{\Delta n}$$

Где ΔV -относительная скорость сдвига слоёв, м/с;
 Δn - элементарная толщина слоя, м;
 $\Delta V/\Delta n$ - градиент скорости характеризуется значением $\text{tg } \alpha$ (рис.1.3)
 S -площадь соприкосновения слоёв; (м²)
 μ - коэффициент динамической вязкости, или просто вязкость, (Па·С)

Физический смысл коэффициента вязкости μ состоит в том, что он численно равен силе трения между слоями движущейся жидкости толщиной $\Delta n=1\text{м}$, с площадью соприкосновения $S=1\text{м}^2$ силе относительной скорости сдвига слоёв $\Delta V=1\text{м/с}$.

Кинематическая вязкость:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \text{ м}^2/\text{с}$$

Определение кинематической вязкости осуществляется вязкозиметром.

1.3. Гидравлическое давление.

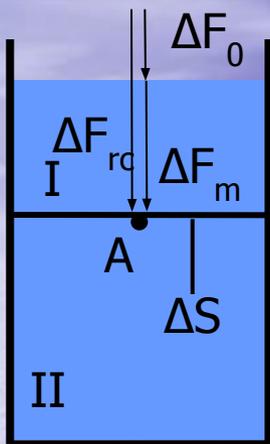


Рис. 1.4. К вопросу о гидростатическом давлении.

Гидростатическое давление - это давление в покоящейся жидкости.

$I+II = \Delta V$ - элементарный объём неподвижной жидкости.

I - верхний слой жидкости

II - нижний слой жидкости.

ΔS - площадь поверхности разделяющей слои.

ΔF_0 - поверхностная сила давления воздуха

ΔF_m - массовая сила от веса слоя I.

Гидростатическая сила- это сумма поверхностной и массовой сил:

$$\Delta F = \Delta F_0 + \Delta F_m$$

Гидростатическая сила ΔF_{rc} распределена вдоль поверхности ΔS разделяющей I-й и II-й слои, её равнодействующая приложена в т. А,

Среднее гидростатическое давление на поверхности ΔS :

$$P_{cp} = \frac{\Delta F_{rc}}{\Delta S}$$

Абсолютное давление в точке А:

$$P_{абс} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F_{rc}}{\Delta S}$$

$P_{абс}$ в точке А- это предел, к которому стремиться среднее давление при стремлении площадки $\Delta S \rightarrow 0$

1.4. Свойства гидростатического давления.

Их три:

1 свойство

Гидростатическое давление направленно по внутренней нормали к поверхности, граничащей с жидкостью (рис. 1.5.)

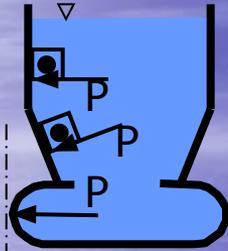


Рис. 1.5.

К вопросу о свойствах и гидростатического давления.

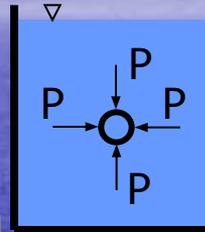


Рис. 1.6.

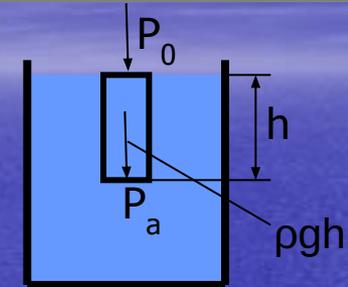


Рис. 1.7.

2 свойство

Величина гидростатического давления в любой точке жидкости одинакова по всем направлениям, т.е. величина давления не зависит от ориентации площадки, на которую она действует. (Рис.1.6.)

3 свойство.

Гидростатическое давление зависит от глубины, на которой она замеряется (рис.1.7.): $p_a = p_0 + p_{gh}$ - основное уравнение гидростатики.

Где p_a – гидростатическое давление в точке А на глубине h , Па.

p_0 – поверхностное давление;

если сосуд открыт, то $p_0 = p_{атм}$ -атмосферное

p_{gh} - избыточное давление (по отношению к поверхностному)

при изменении глубины точки А изменяется слагаемое p_{gh} что и определяет зависимость $p_a = f(h)$.

1.5. Закон Паскаля и его техническое приложение.

Внешнее давление, производимое на свободную поверхность покоящейся жидкости, передаётся одинаково всем её точкам без изменения (следует из анализа уравнения $p = p_0 + \rho gh$). - Закон используется в различных гидравлических устройствах:

- гидропресс,
- гидродомкрат,
- гидроаккумулятор

1.5.1. Гидропресс – предназначен для создания больших усилий (рис. 1.8.).

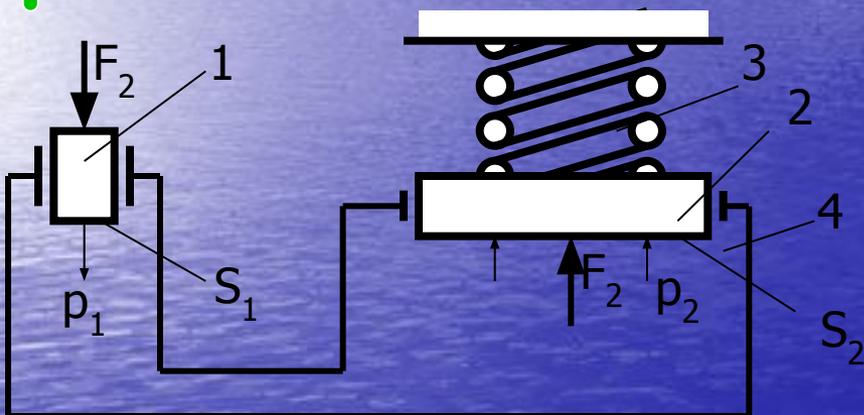


Рис. 1.8. Гидропресс

Устройство:

- 1-поршень первого гидроцилиндра;
- 2-поршень второго гидроцилиндра;
- 3-пружина сопротивления (деталь для прессования);
- 4-рабочая жидкость.

Принцип работы (закон Паскаля):

Под поршнем 1 на поверхности с площадью S_1 силой F_1 создаётся давление $p_1 = F_1 / S_1$ (*). По закону Паскаля давление p_1 передаётся без изменения под поршень 2

Сила давления под поршнем 2, создаваемая давлением p_1 :

$$F_2 = p_1 S_2$$

$$p_1 = F_2 / S_2$$

Из уравнение (*) и (**) следует

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ или}$$

$$F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$$

Из рис.1.8. видно, что $S_2 > S_1$, следовательно $(S_2/S_1) > 1$, т.е. усилие F_2 на 2-м (большем) поршне возрастает по отношению к усилию F_1 во столько, во сколько площадь S_2 больше площади S_1 .

1.6. Эпюры давления.

Графическое изображение изменения гидростатического давления в зависимости от глубины вдоль плоской стенки называют эпюрой давления (рис.1.9.).

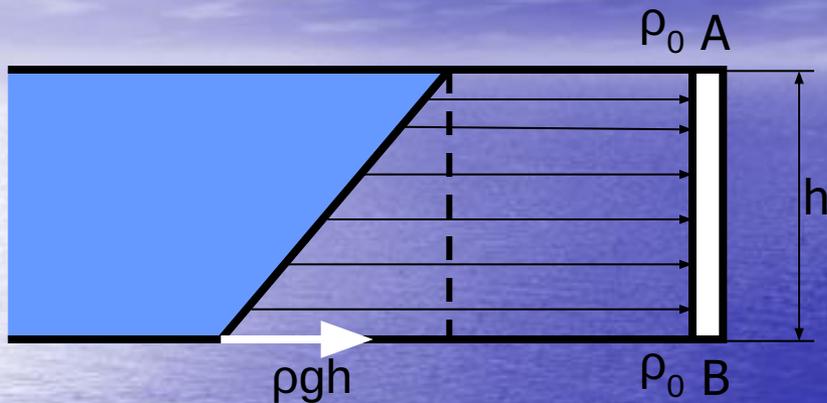


Рис. 1.9. Эпюра давления

При построении эпюры помнить, что гидростатическое давление всегда направлено по нормали к площадке (стенке)
Вдоль стенки г/с давление изменяется по закону $p = p_0 + \rho g h$ (линейно)

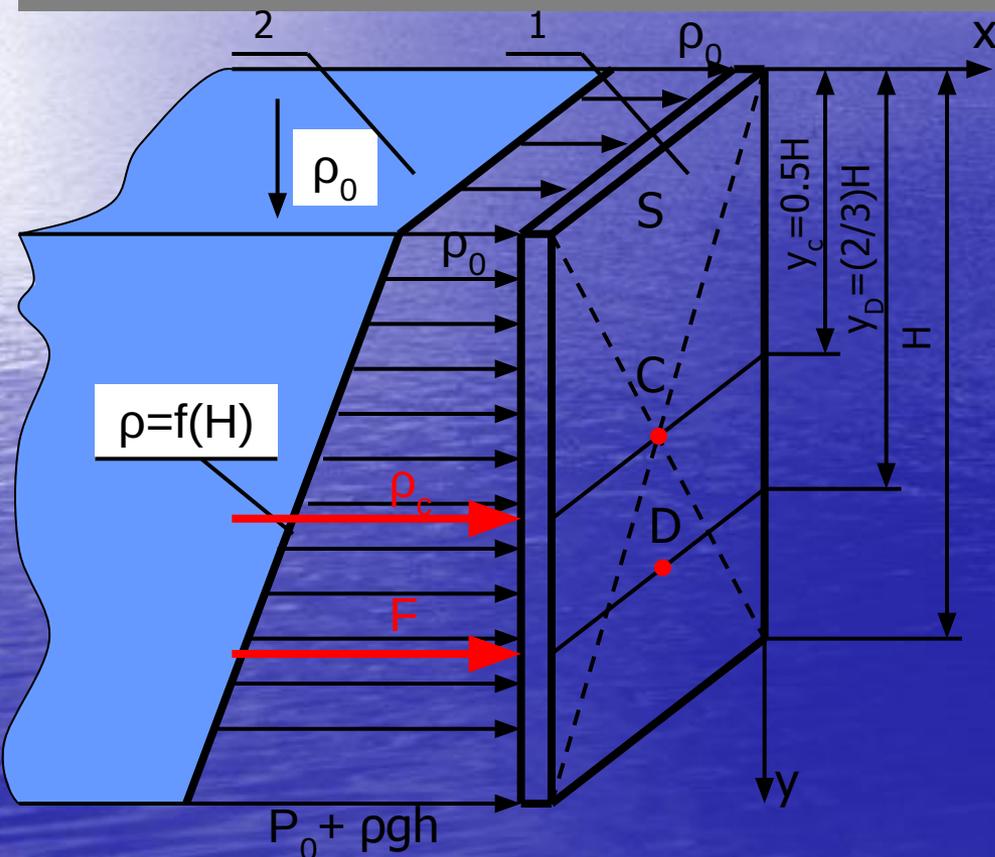
- в точке А $p_a = p_0$, т.к. $h=0$ и $\rho g h=0$;
- в точке В $p = p_0 + \rho g h$
- начало векторов p_a и p_b соединяются отрезками прямой.
- эпюра имеет вид трапеции.

1.7. Сила давления на плоскую стенку.

При расчете гидротехнических сооружений необходимо знать:

- величину силы давления, действующую на плоскую стенку;
- точку приложения силы давления.

Рассмотрим плоскую стенку, на которую слева действует слой жидкости толщиной H (рис.1.10.)



1 – плоская прямоугольная стена;

2 – жидкость слева от стены;

$\rho=f(H)$ – эпюра давления.

Сила давления жидкости на плоскую стенку:

$$F = \rho_c * S,$$

где: ρ_c – давление в центре тяжести стенки C , определяется по формуле

$$\rho_c = \rho_0 + 0,5\rho gH.$$

S – площадь поверхности стенки;

точка D – это точка приложения силы давления F , H ;

y_c и y_D – соответственно координаты по оси Oy центра давления C и точки D приложения силы давления F .

$$y_c = 0,5H$$

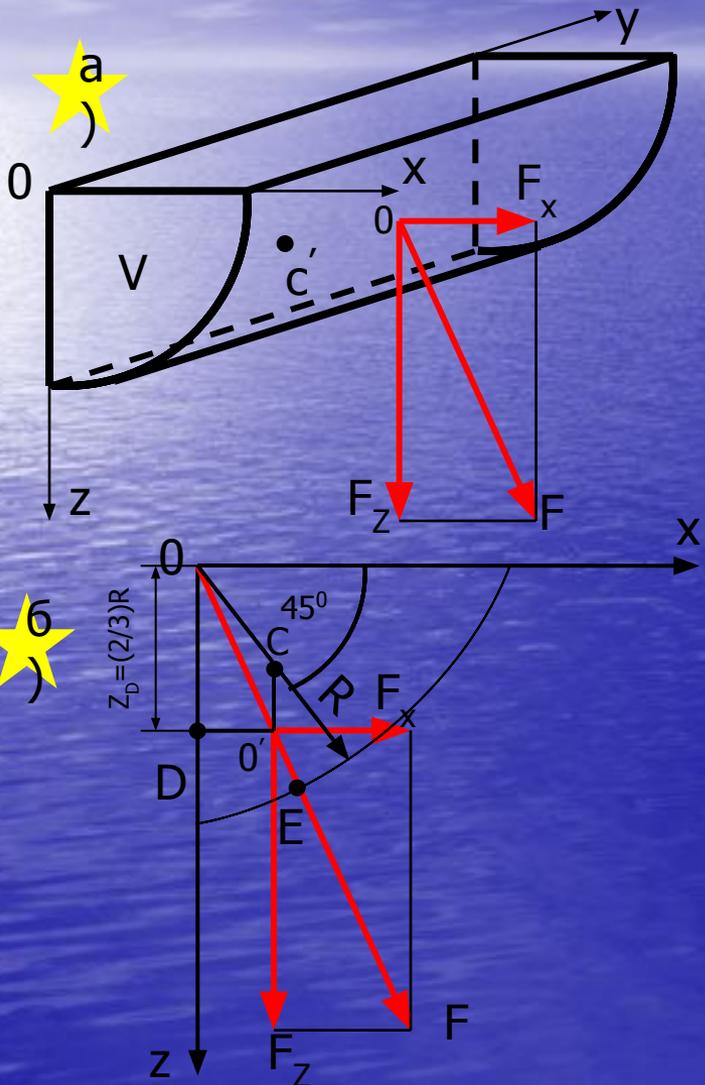
$$y_D = (2/3)H$$

Рис. 1.10. Сила давления на плоскую стенку.

Для прямоугольной стенки точка приложения силы F находится на глубине $y_D = (2/3)H$

1.8. Сила давления на криволинейную стенку.

Рассматривается цилиндрическая поверхность, имеющая вертикальную плоскость симметрии (Рис. 1.11а).



V – объем Ж над цилиндрической поверхностью;
 значение полной гидростатической силы

Где $F_x = \rho_c S_{yz}$, (S_{yz} – проекция криволинейной поверхности на оси Oyz ,

ρ_c – давление в центре c' этой площадки);

$F_x = \rho g V$ – вес жидкости в объеме V ;

Точка E приложенная равнодействующей F находится графически (Рис. 1.11 б):

F_x – проходит через точку D , $Z_D = (2/3)R$,

F_z – проходит через точку C , лежащую на радиусе R проведенном под углом 45_0 к оси Ox и находящуюся на удалении $0,6R$ от точки O .

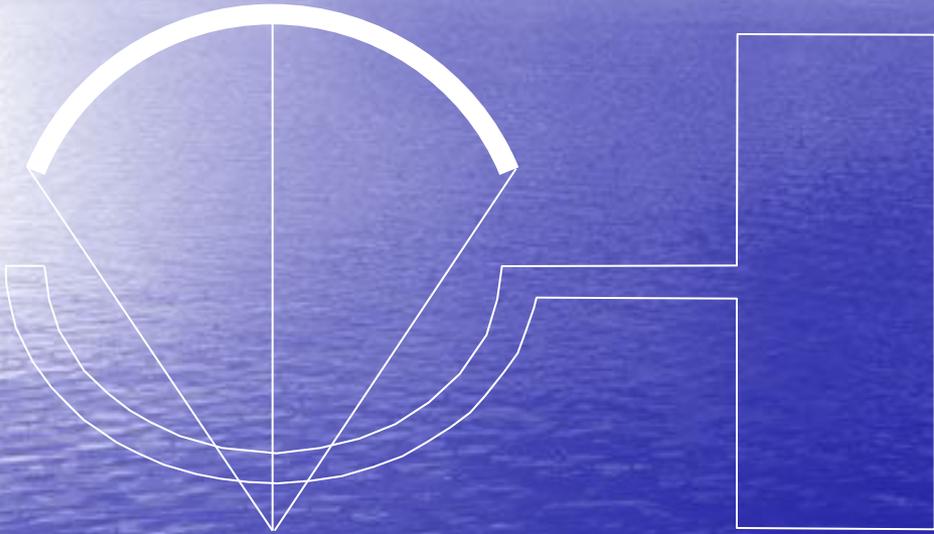
($OC = 0,6R$)

1.9. Приборы для измерения давления.

а) механические манометры.

Применяются для измерения манометрического давления Ж;

Устройство:



1-полая латунная трубка-пружина;
2-механизм поворота стрелки;
3-стрелка;
4-шкала;
5-штуцер подвода жидкости;
6-сосуд с жидкостью под давлением.

Работа:

Внутри трубки 1 из сосуда 6 через штуцер 5 подается абсолютное давление жидкости $p_{абс}$, которое распрямляет трубку.

Снаружи на трубку действует атмосферное давление $p_{атм}$, которое наоборот сгибает трубку.

Окончательная деформация трубки 1 происходит под действием разности абсолютного $p_{абс}$ и атмосферного давления $p_{атм}$.

$$p_{ман} = p_{абс} - p_{атм} \quad (*)$$

- Деформация трубки 1 через механизм 2 приводит к повороту стрелки 3 относительно шкалы 4.

- т.о. отклонение стрелки характеризует избыточное по отношению к атмосферному давление, которое называется манометрическое и обозначается $p_{ман}$

б) Жидкостные манометр.
служат для измерения избыточного (манометрического) давления жидкости
высотой столба жидкости.

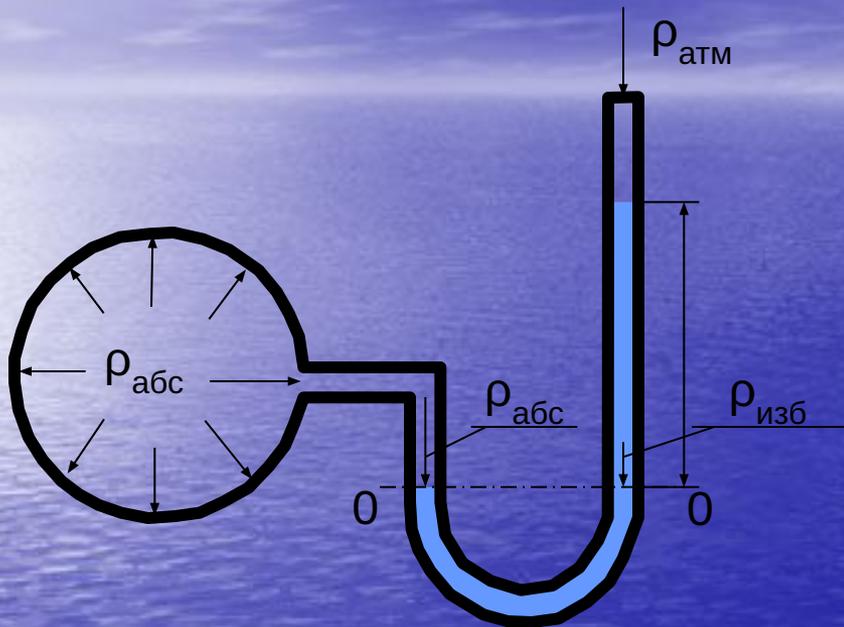


Рис. 1.13. Жидкостный манометр.

по линии 0-0 давления в левой и
правой частях трубки уравновешены.

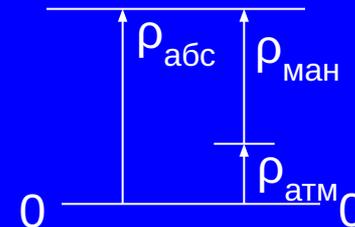
$$p_{абс} = p_{изб} + p_{атм}$$

откуда:

$$p_{изб} = p_{абс} - p_{атм}$$

$p_{изб} = p_{ман}$ - избыточное давление
принято называть
манометрическим.

Графически это выглядит так:



В жидкостных манометрах используется вода, а для измерения больших
давлений ртуть, что уменьшает высоту столба в 13 раз.

($\gamma_{ртути} = 13,6 \text{ г/см}^3$, $\gamma_{воды} = 1,0 \text{ г/см}^3$).

б) Вакуумметры.

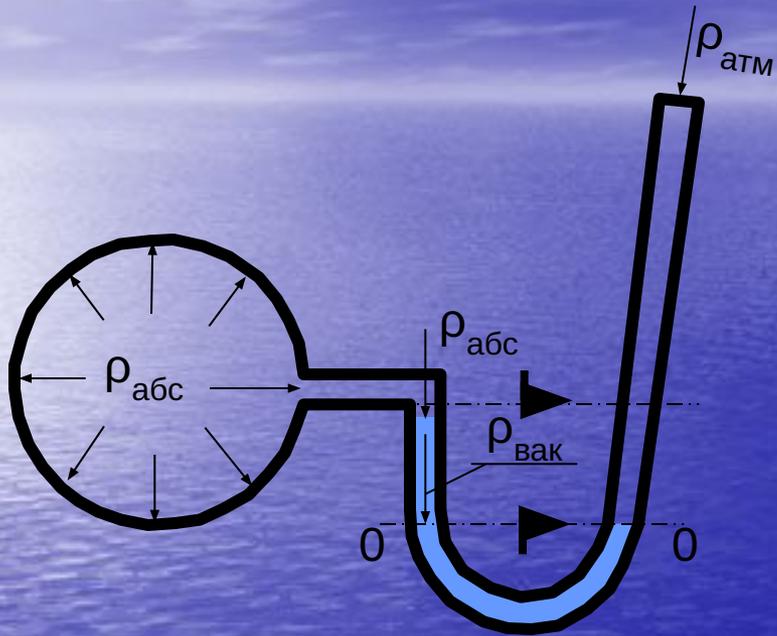


Рис. 1.14. Вакуумметр

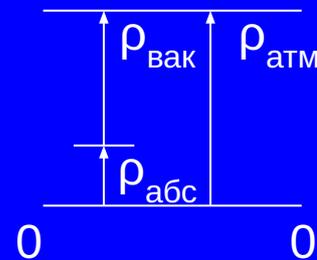
Для измерения давлений ниже атмосферного применяются вакуумметры. Вакуум- это давление, недостающее до атмосферного.

Уравнение равновесия относительно 0-0 имеет вид:

$$p_{абс} + p_{вак} = p_{атм}, \text{ откуда}$$

$$p_{вак} = p_{атм} - p_{абс}$$

Если абсолютное давление равно нулю $p_{абс} = 0$, то $p_{вак} = p_{атм}$ и говорят, что вакуум абсолютный. Графически изображение абсолютного давления по отношению к атмосферному при вакууме имеет вид:

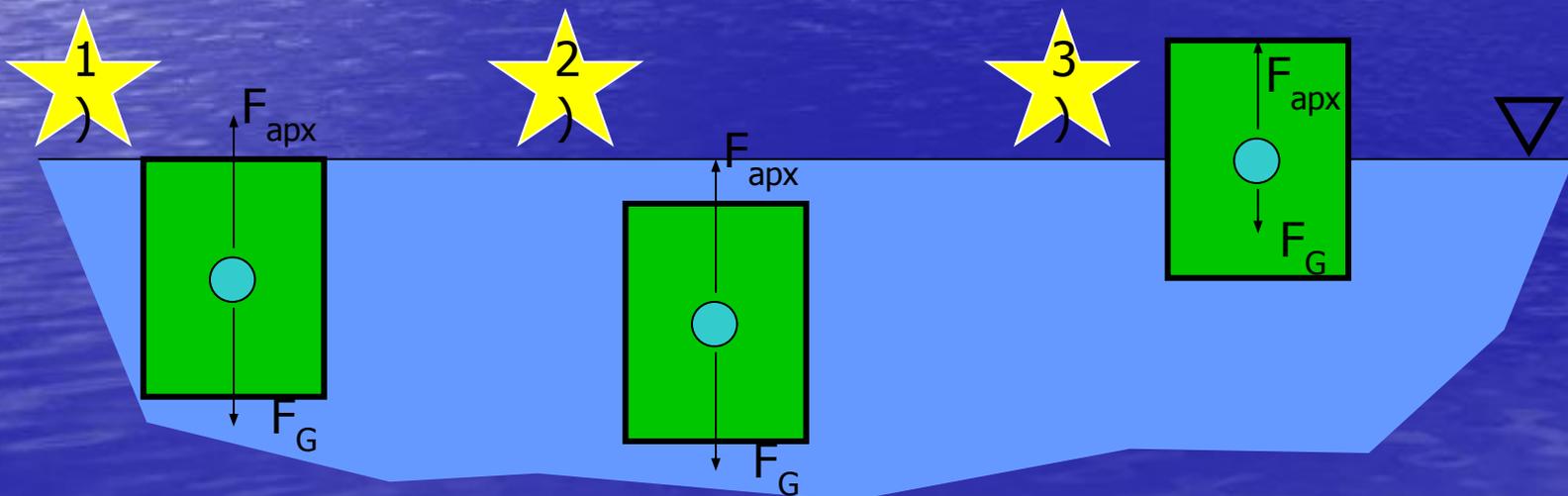


1.10. Закон Архимеда.

Гидростатическая подъемная сила.

На тело, погруженное в жидкость действует выталкивающая сила (архимедова), равная весу жидкости в объеме погруженной части тела, обозначается $F_{\text{арх}}$.
Возможны три варианта соотношения архимедовой силы $F_{\text{арх}}$ и силы тяжести тела, погруженного в жидкость F_G .

- 1) $F_{\text{арх}} = F_G$ - тело полностью погружено в жидкость и плавает,
- 2) $F_{\text{арх}} < F_G$ - тело тонет,
- 3) $F_{\text{арх}} > F_G$ - тело всплывает.



Интернет ресурсы:

1. <http://gidravl.narod.ru/osnovstat.html>
2. http://www.coolreferat.com/Гидростатика_2
3. <http://www.classes.ru/all-russian/russian-dictionary-Ushakov-term-10214.htm>
4. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/79217/Гидростатика>