

# Гидравлика

## Лекция 2

**Гидростатика. Силы, действующие в жидкостях. Свойства гидростатического давления. Закон Паскаля.  
Жидкостные приборы для измерения давления**

**Гидростатикой** называется раздел гидравлики, в котором рассматриваются законы равновесия жидкости и их практическое применение.

### **Силы, действующие на жидкость**

На жидкость постоянно воздействуют внешние силы:

**Массовые** (пропорциональны массе): силы тяжести и инерции. Сила тяжести в земных условиях действует на жидкость постоянно, а сила инерции только при сообщении объему жидкости ускорений (положительных или отрицательных).

**Поверхностные**: обусловлены воздействием соседних объемов жидкости на данный объем или воздействием других тел.

## ***Гидростатическое давление***

Сжимающие напряжения в покое жидкости называют ***гидростатическим давлением***.

Рассмотрим резервуар с плоскими вертикальными стенками, наполненный жидкостью. На дно резервуара действует сила  $P$  равная весу налитой жидкости:

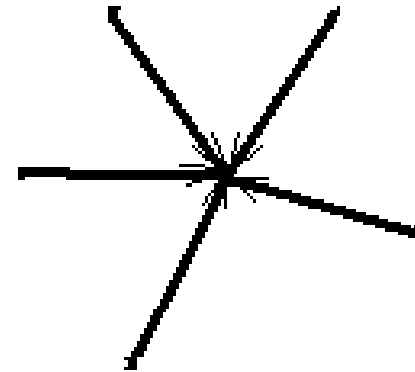
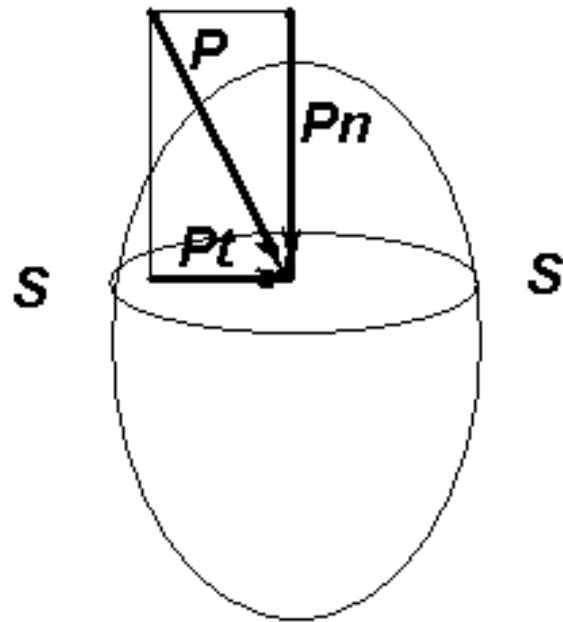
$$G = \gamma V, \text{ Н, т.е.:}$$

$$P = G, \text{ Н.}$$

Если эту силу  $P$  разделить на площадь дна  $S$ , то мы получим ***среднее гидростатическое давление***, действующее на дно резервуара:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P}{S}$$

## ***Свойства гидростатического давления***



### ***Свойство 1.***

В любой точке жидкости гидростатическое давление направлено по внутренней нормали к площадке на которую оно действует.

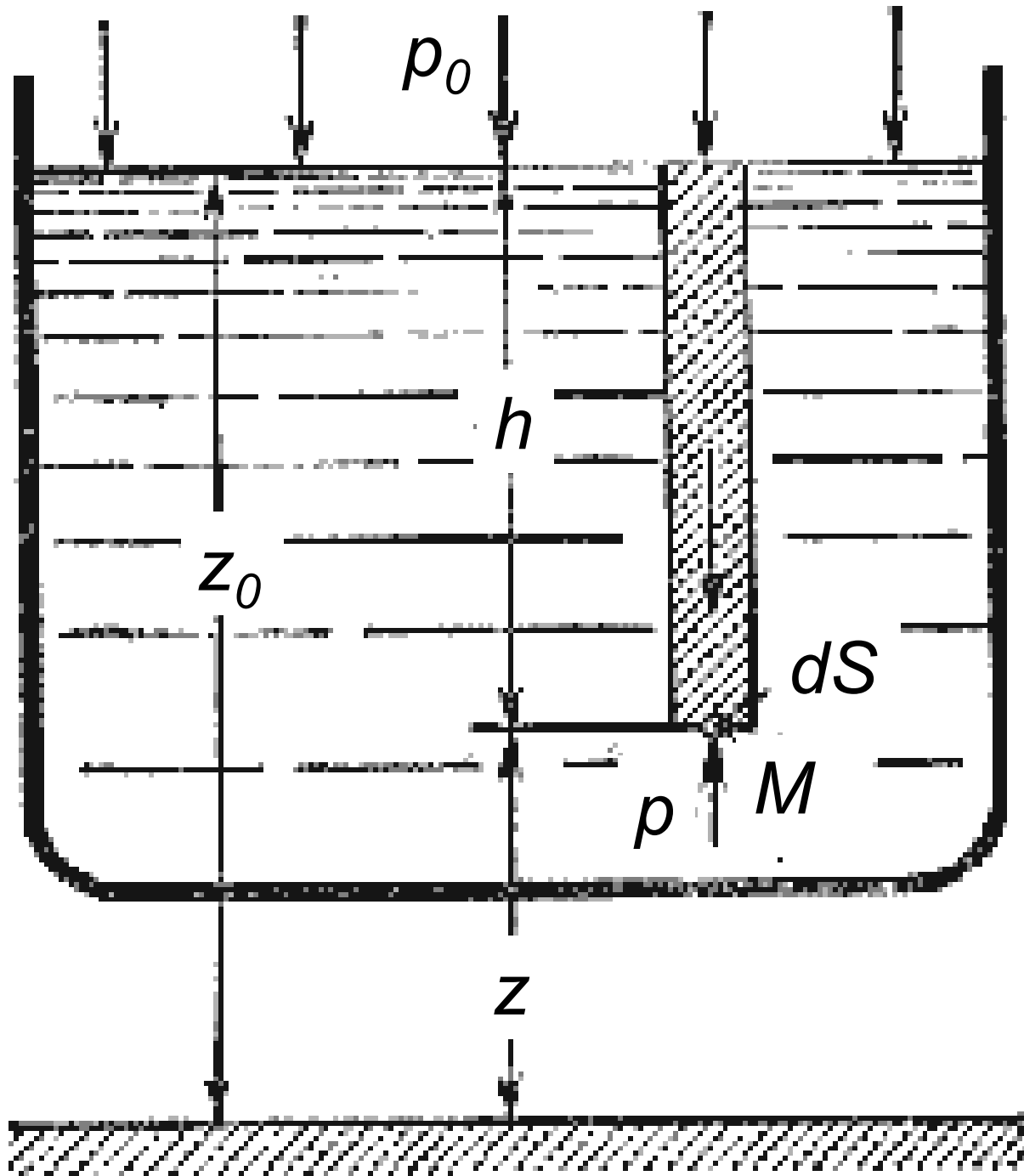
### ***Свойство 2.***

Гидростатическое давление в точке неизменно во всех направлениях.

## ***Основное уравнение гидростатики***

Рассмотрим случай равновесия жидкости, когда на нее действует только одна массовая сила - сила тяжести и получим уравнение, позволяющее находить гидростатическое давление в любой точке рассматриваемого объема жидкости. Это уравнение называется ***основным уравнением гидростатики***.

Пусть жидкость содержится в сосуде и на ее свободную поверхность действует давление  $p_0$ . Найдем гидростатическое давление  $p$  в произвольно взятой точке  $M$ , расположенной на глубине  $h$ . Выделим около точки  $M$  элементарную горизонтальную площадку  $dS$  и построим на ней вертикальный цилиндрический объем жидкости высотой  $h$ .



Рассмотрим условие равновесия указанного объема жидкости, выделенного из общей массы жидкости. Давление жидкости на нижнее основание цилиндра теперь будет внешним и направлено по нормали внутрь объема, т.е. вверх.

Запишем сумму сил в проекции на вертикальную ось:

$$p dS - p_0 dS - \rho gh dS = 0$$

Последний член уравнения представляет собой вес жидкости, заключенный в рассматриваемом вертикальном цилиндре объемом  $h \cdot dS$ . Силы давления по боковой поверхности цилиндра в уравнение не входят, т.к. они перпендикулярны к этой поверхности и их проекции на вертикальную ось равны нулю. Сократив выражение на  $dS$  и перегруппировав члены, получим **основное уравнение гидростатики**:

$$p = p_0 + \rho gh$$

По нему можно посчитать давление в любой точке покоящейся жидкости. Это давление складывается из двух величин: давления  $p_0$  на внешней поверхности жидкости и давления, обусловленного весом вышележащих слоев жидкости.

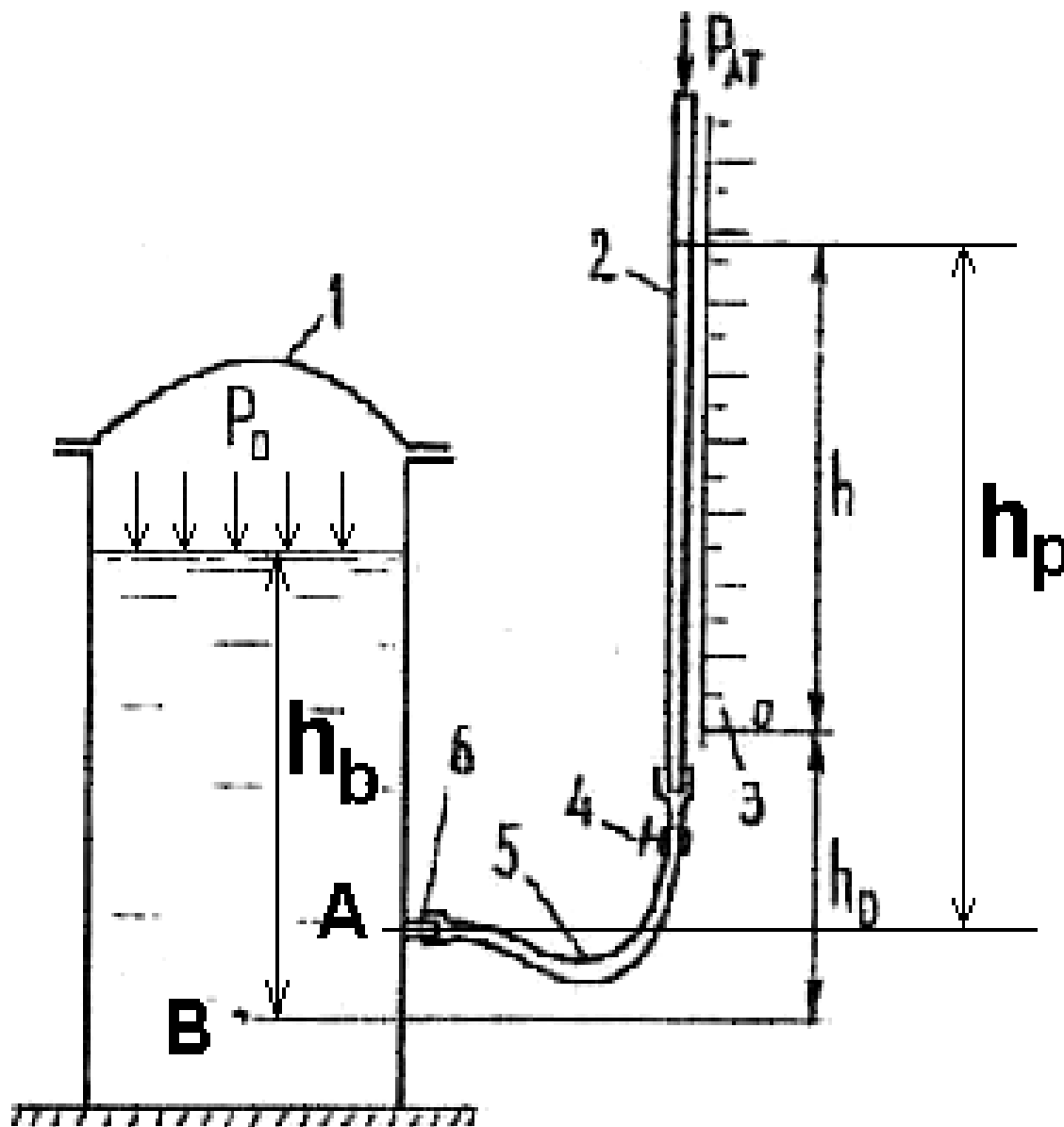
### ***Закон Паскаля***

Из основного уравнения гидростатики видно, что какую бы точку в объеме всего сосуда мы не взяли, на нее всегда будет действовать давление, приложенное к внешней поверхности  $p_0$ .

***Давление, приложенное к поверхности покоящейся жидкости, передается всем точкам этой жидкости по всем направлениям одинаково.***



## Жидкостные приборы для измерения давления:



Принцип действия жидкостных приборов основан на уравнивании измеряемого давления давлением столба жидкости. Мерой давления служит высота столба жидкости.

- 1 - резервуар,
- 2 - стеклянная трубка,
- 3 - шкала, 4 - кран,
- 5 - соединительный шланг,
- 6 - штуцер.

**1. Пьезометр** применяется для измерения избыточного давления в точке подсоединения и представляет собой вертикально установленную стеклянную трубку с открытым верхним концом, сообщающимся с атмосферой. Нижний конец трубки соединяется с резервуаром, где измеряется давление.

$$P_A = P_{ATM} + \rho g h_p$$

$$P_{Aизб} = \rho g h_p$$

Величина избыточного давления  $p_{изб}$  в рассматриваемой точке В определяется по формуле:

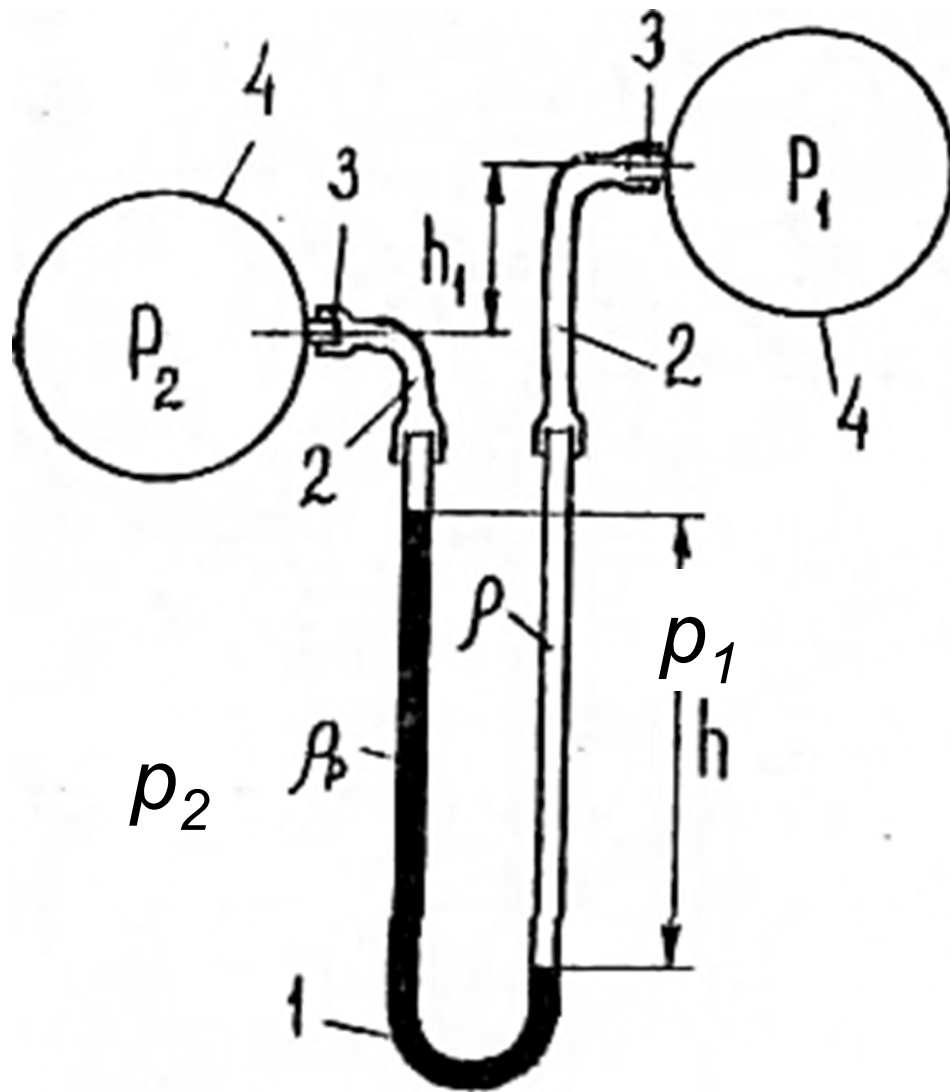
$$p_{изб} = \rho g (h \pm h_0), \text{ Па}$$

где  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$h$  – показание по шкале пьезометра, м;

$h_0$  – разность по вертикали между нулем шкалы и рассматриваемой точкой, м.



## 2. Дифференциальный манометр:

1 - U – образная стеклянная трубка, примерно наполовину заполненная рабочей жидкостью; 2 - соединительные шланги; 3 – штуцеры; 4 - трубы с различными давлениями. Под действием разности давления рабочая жидкость перетекает в сторону меньшего давления, и по шкале определяется разность уровней рабочей жидкости.

$$P_1 - P_2 = (\rho_p - \rho)gh \pm \rho gh_1$$