

# **Гидравлика**

## **Лекция 3**

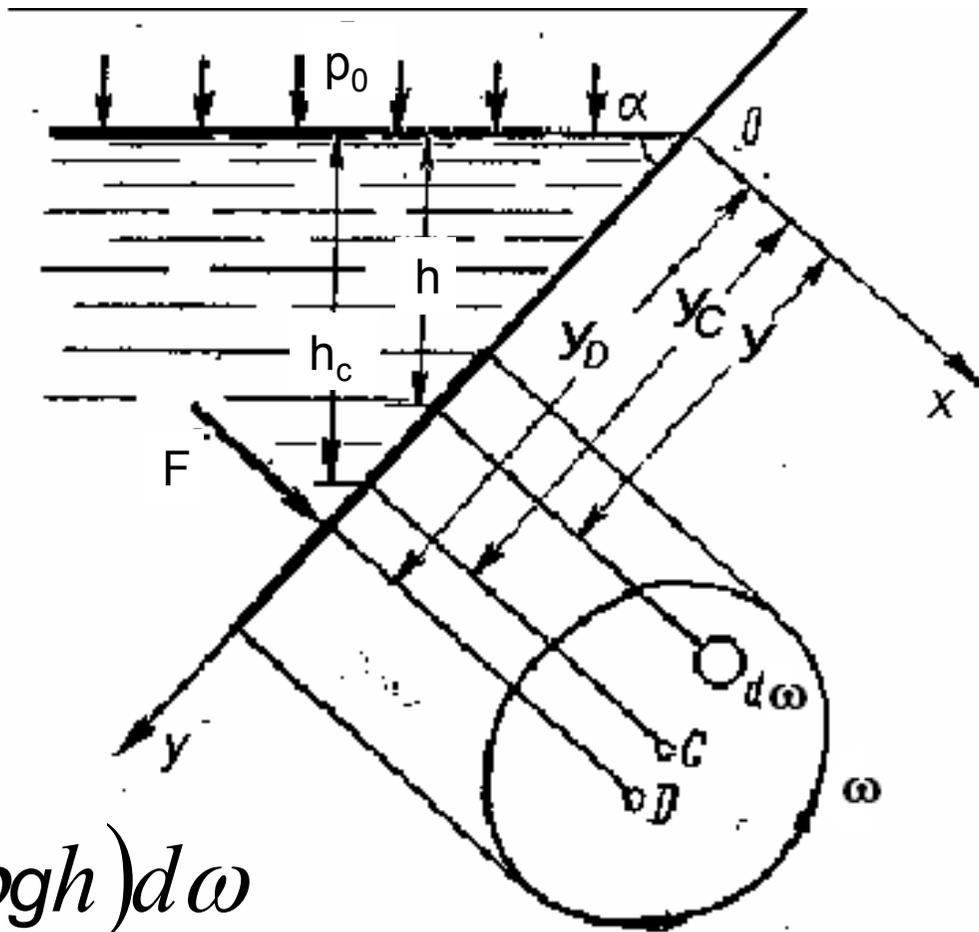
**Сила давления жидкости на плоские  
поверхности.**

**Сила давления жидкости на  
цилиндрические поверхности.**

**Закон Архимеда.**

**Плавание тел**

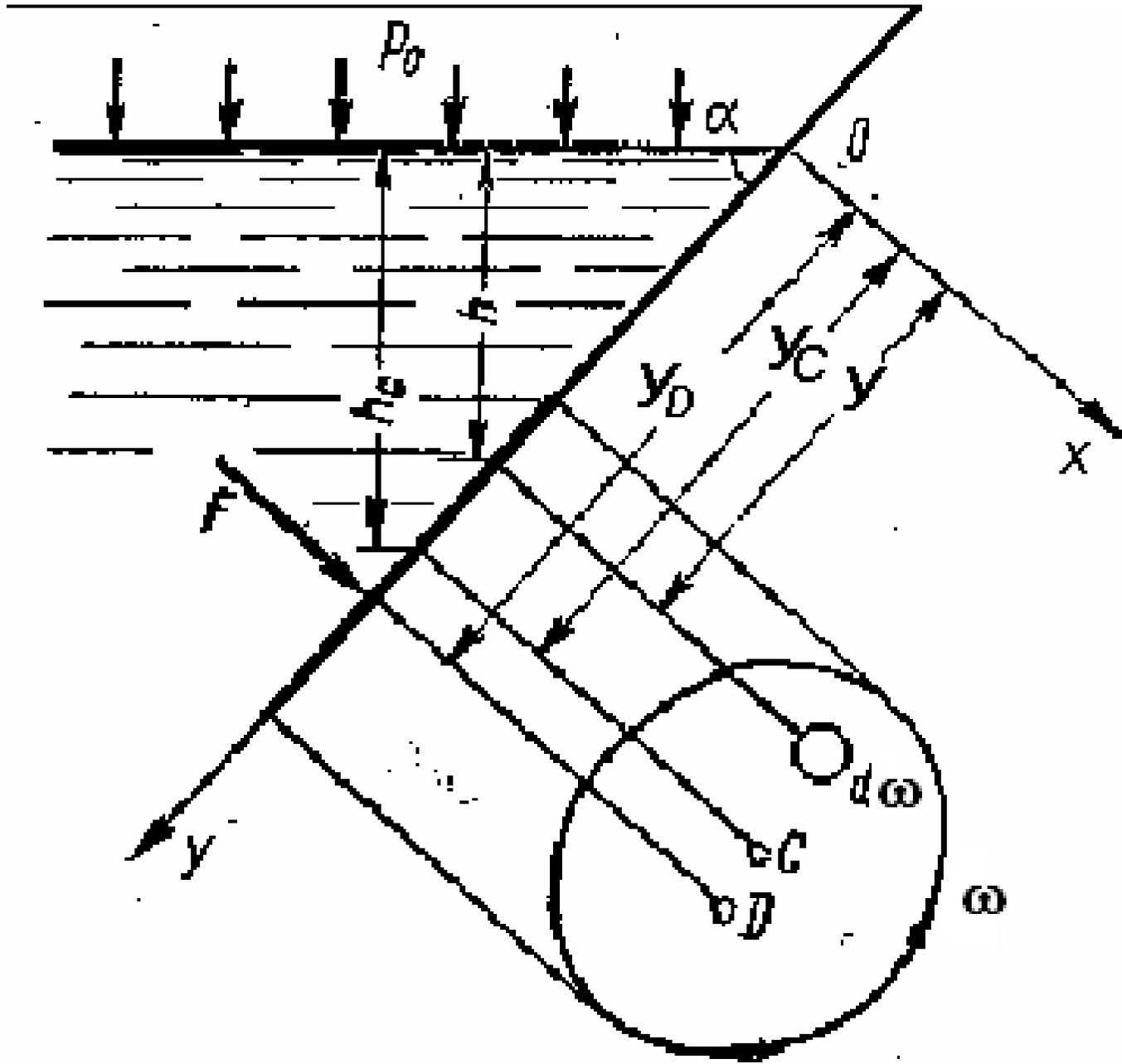
## Сила давления жидкости на плоские поверхности



$$dF = p d\omega = (p_0 + \rho g h) d\omega$$

$$h = y \sin \alpha$$

$$dF = p_0 d\omega + \rho g y \sin \alpha d\omega$$



$$F = \int_{\omega} dF = \int_{\omega} p_0 \cdot d\omega + \int_{\omega} \rho g y \cdot \sin \alpha \cdot d\omega$$

$\int_{\omega} y \cdot d\omega = S$ , где  $S$  – статический момент инерции фигуры относительно горизонтальной оси  $X$ .

$$S = y_c \cdot \omega \quad y_c \cdot \sin \alpha = h_c$$

$$F = p_0 \cdot \omega + \rho g h_c \cdot \omega = \omega \cdot (p_0 + \rho g h_c)$$

$$F = F_0 + F_{\text{ж}} \quad F_0 = p_0 \cdot \omega \quad F_{\text{ж}} = \rho g h_c \cdot \omega$$

Сила  $F_0$  приложена в центре тяжести плоской фигуры, в точке **С**.

Найдем точку приложения силы  $F_{\text{ж}}$ .

Определим сумму моментов сил гидростатического давления относительно ОХ

$$M = F_{\text{ж}} \cdot y_{\text{Д}} = \rho g h_{\text{с}} \omega \cdot y_{\text{Д}}$$

$$dM = dF \cdot y$$

$$M = \int_{\omega} dF \cdot y = \int_{\omega} \rho g y \sin \alpha \cdot y d\omega = \rho g \sin \alpha \cdot \int_{\omega} y^2 d\omega$$

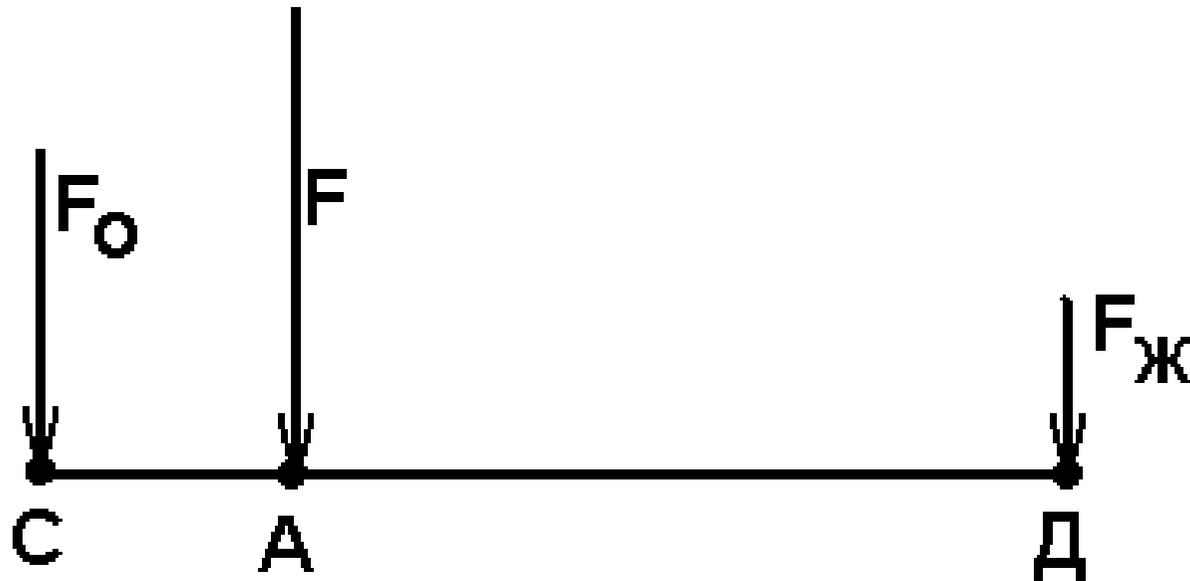
$$\int_{\omega} y^2 d\omega = I_{\text{Х}} \text{ - момент инерции фигуры относительно оси ОХ}$$

$$\rho g h_{\text{с}} \omega \cdot y_{\text{Д}} = \rho g \sin \alpha \cdot I_{\text{Х}}$$

$$y_{\text{Д}} = \frac{\sin \alpha \cdot I_{\text{Х}}}{h_{\text{с}} \cdot \omega} = \frac{I_{\text{Х}}}{y_{\text{с}} \cdot \omega}$$

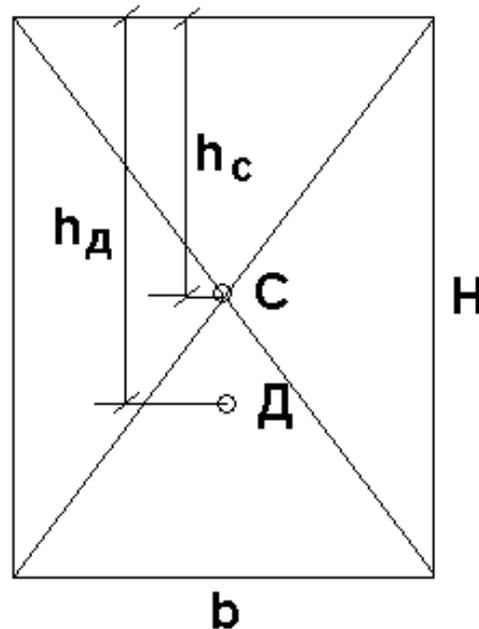
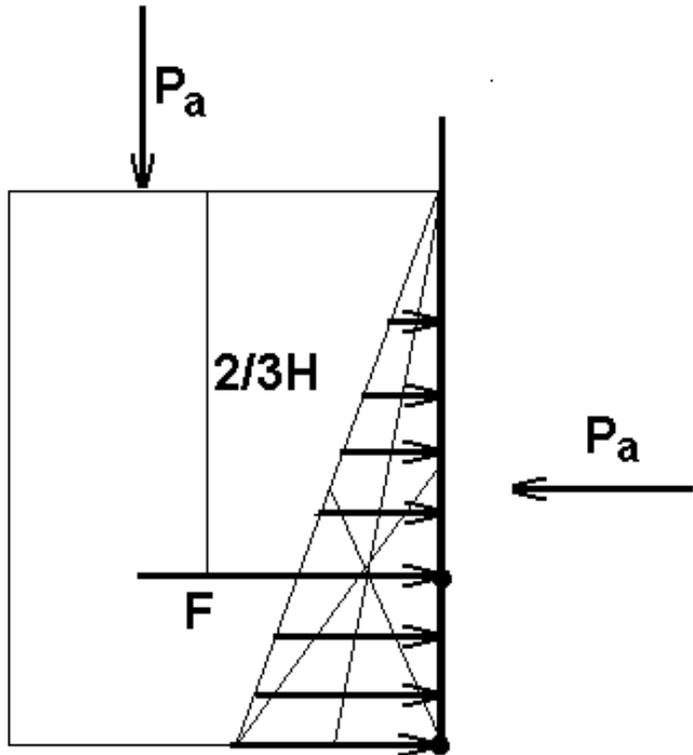
$$I_X = I_0 + y_C^2 \cdot \omega$$

$$y_D = y_C + \frac{I_0}{y_C \cdot \omega}$$



# ЗАДАЧА

Определить силу давления воды на стенку аквариума и точку ее приложения



$$F_{\text{Ж}} = \rho g h_c \cdot \omega$$

$$h_c = \frac{H}{2}$$

$$\omega = H \cdot b$$

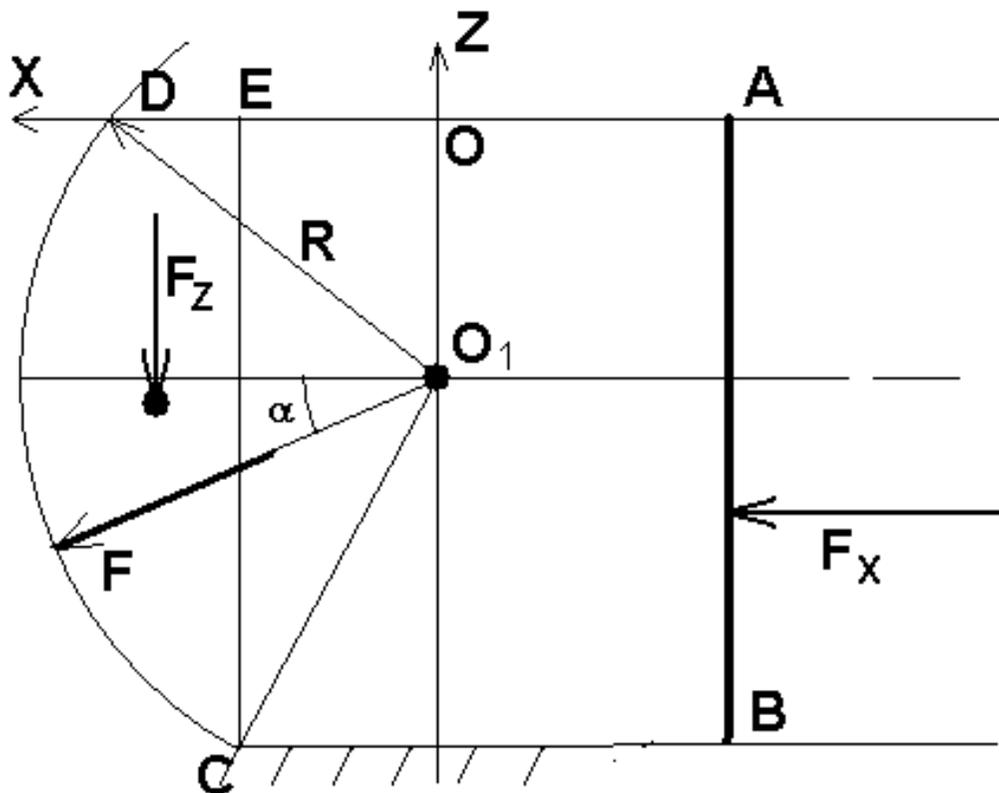
$$F_{\text{Ж}} = \rho g \frac{H^2 b}{2}$$

$$y_D = y_C + \frac{I_0}{y_C \cdot \omega}, \quad I_0 = \frac{bH^3}{12}, \quad y_C = h_C, \quad h_D = \frac{2}{3}H$$

$$F = F_{\text{Ж}}$$

## Сила давления жидкости на цилиндрические поверхности

$$F_x = \rho g h_c \cdot \omega_z$$



Горизонтальная составляющая силы гидростатического давления жидкости на цилиндрическую поверхность равна силе давления жидкости на плоскую вертикальную прямоугольную фигуру АВ, представляющую собой проекцию рассматриваемой цилиндрической поверхности на вертикальную плоскость.

$$F_Z = \rho g W_{ТД},$$

где  $W_{ТД}$  – объем тела СДЕ, называемого телом давления.

**Вертикальная составляющая** силы гидростатического давления жидкости на цилиндрическую поверхность равна весу жидкости в объеме тела давления.

**Телом давления** называется тело ограниченное вертикальными плоскостями, проходящими через крайние образующие цилиндрической поверхности, самой этой поверхностью или ее продолжением.

$$F = \sqrt{F_X^2 + F_Z^2} \quad \text{tg } \alpha = \frac{F_Z}{F_X}$$

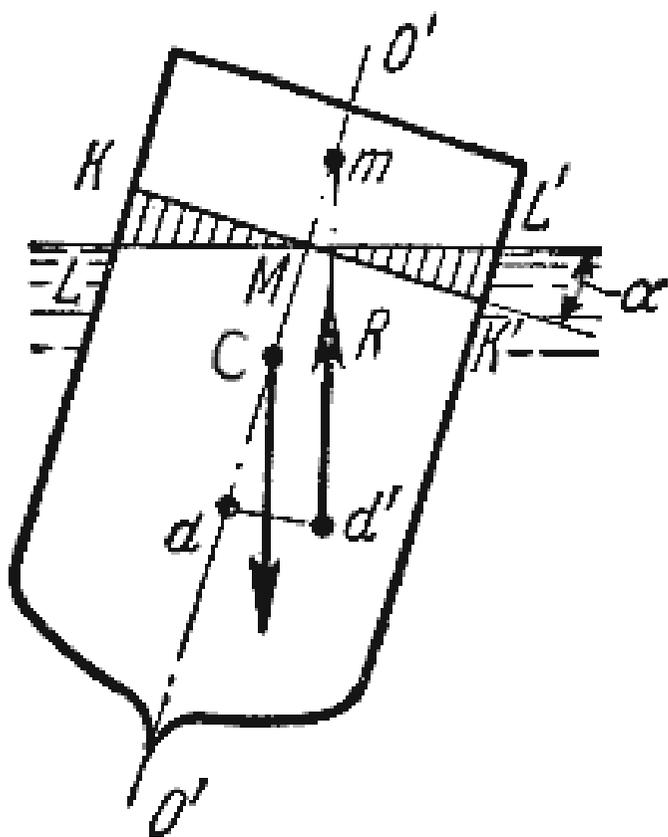
## Закон Архимеда

На тело, погруженное (полностью или частично) в жидкость действует сила направленная вертикально вверх и равная весу жидкости в объеме вытесненном телом:

$$F_{APX} = \rho g V$$

## Плавание тел

Способность плавающего тела, выведенного из состояния равновесия, вновь возвращаться в это состояние называется **устойчивостью (остойчивостью)**. Вес жидкости, взятой в объеме погруженной части судна называют **водоизмещением**, а точку приложения равнодействующей давления (т.е. центр давления) - **центром водоизмещения**. При нормальном положении судна центр тяжести  $C$  и центр водоизмещения  $d$  лежат на одной вертикальной прямой  $O'-O''$ , представляющей ось симметрии судна и называемой осью плавания.





Под влиянием внешних сил судно наклонилось на некоторый угол  $\alpha$ , часть судна  $KLM$  вышла из жидкости, а часть  $K'L'M'$ , наоборот, погрузилось в нее. При этом получили новое положение центра водоизмещения  $d'$ . Приложим к точке  $d'$  подъемную силу  $R$  и линию ее действия продолжим до пересечения с осью симметрии  $O'-O''$ . Полученная точка  $m$  называется *метацентром*, а отрезок  $mC = h$  называется *метацентрической высотой*. Будем считать  $h$  положительным, если точка  $m$  лежит выше точки  $C$ , и отрицательным - в противном случае.

***Условия равновесия судна:***

- 1)  $h > 0$  - судно возвращается в первоначальное положение;
- 2)  $h = 0$  - это случай безразличного равновесия;
- 3)  $h < 0$  - это случай нестойчивого равновесия, при котором продолжается дальнейшее опрокидывание судна.

Следовательно, чем ниже расположен центр тяжести и, чем больше метацентрическая высота, тем больше будет остойчивость судна.