

Гидравлика

Лекция 3

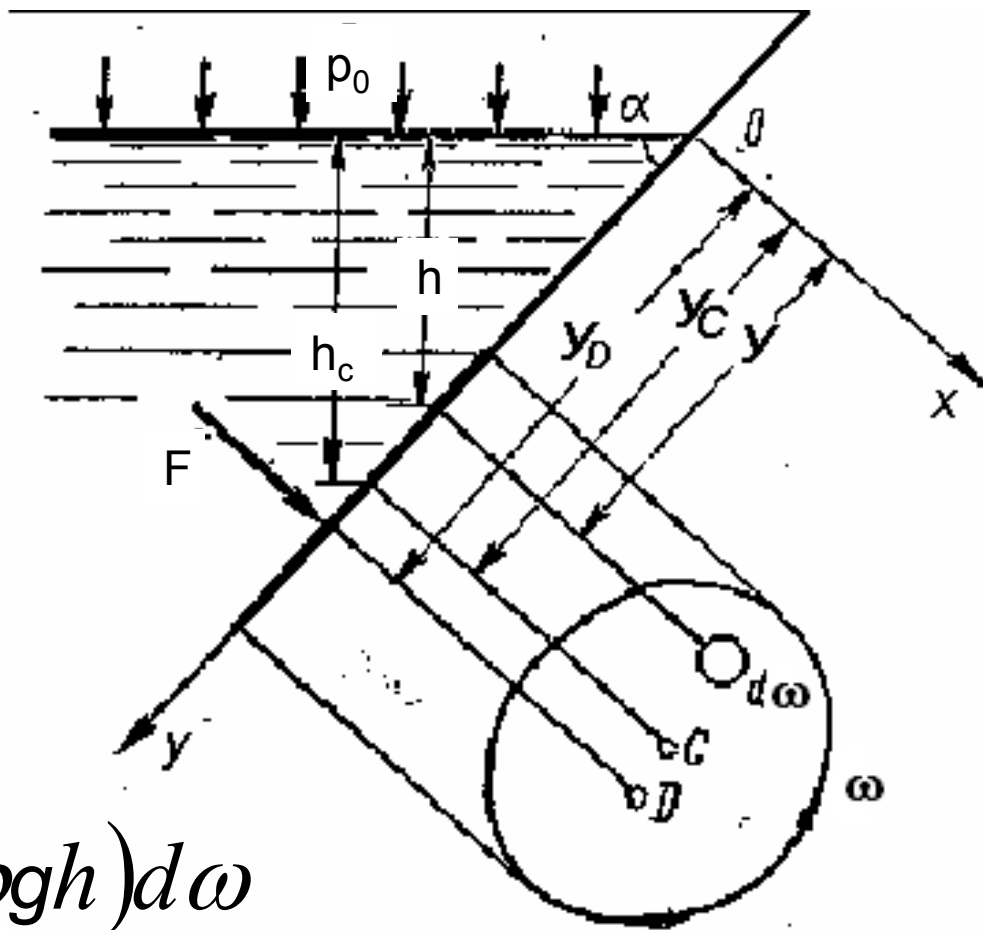
**Сила давления жидкости на плоские
поверхности.**

**Сила давления жидкости на
цилиндрические поверхности.**

Закон Архимеда.

Плавание тел

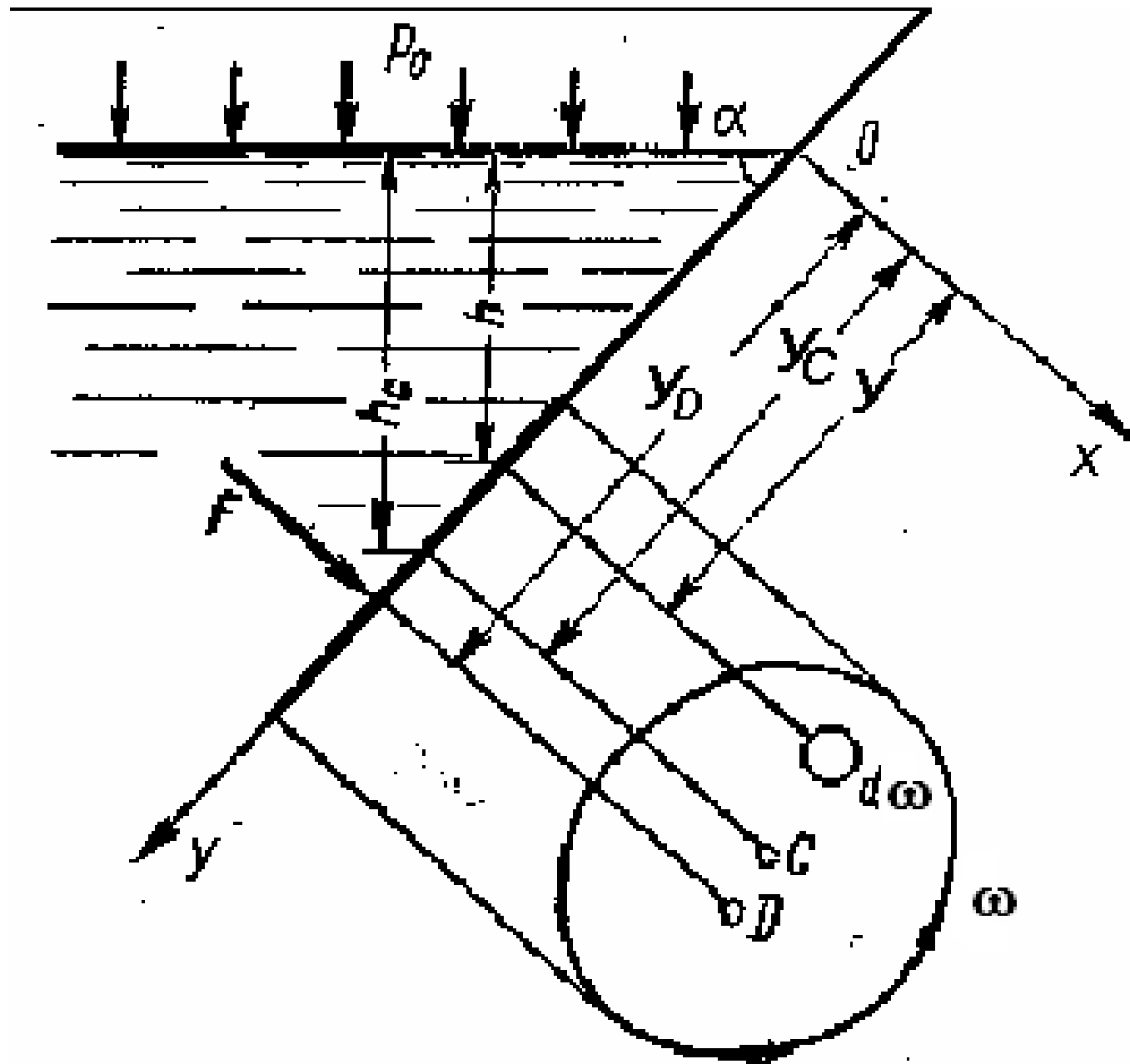
Сила давления жидкости на плоские поверхности



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

$$h = y \sin \alpha$$

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



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

$\int_{\omega} y \cdot d\omega = S$, 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 $F_{ж}$.

Определим сумму моментов сил гидростатического давления относительно ОХ

$$M = F_{ж} \cdot y_{Д} = \rho g h_C \omega \cdot y_{Д}$$

$$dM = dF \cdot y$$

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

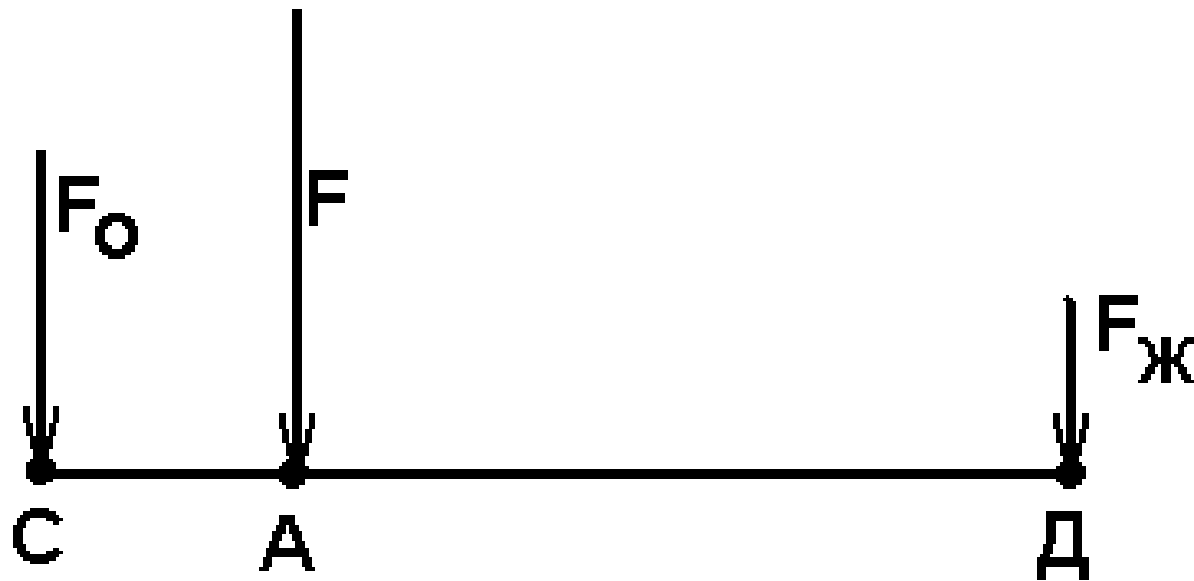
$$\int_{\omega} y^2 d\omega = I_{X} \text{ - момент инерции фигуры относительно оси ОХ}$$

$$\rho g h_C \omega \cdot y_{Д} = \rho g \sin \alpha \cdot I_{X}$$

$$y_{Д} = \frac{\sin \alpha \cdot I_{X}}{h_C \cdot \omega} = \frac{I_{X}}{y_C \cdot \omega}$$

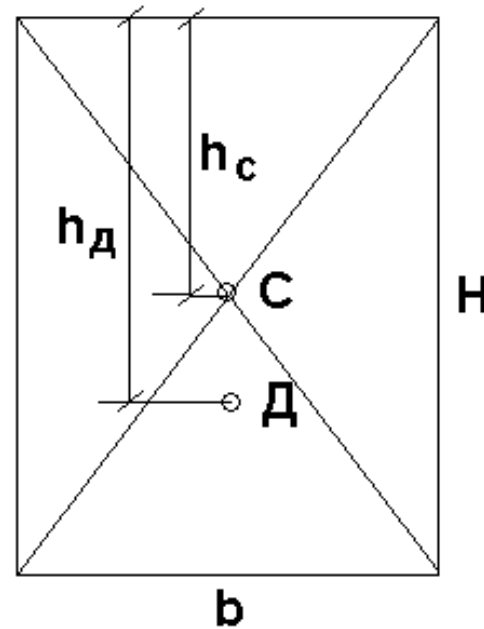
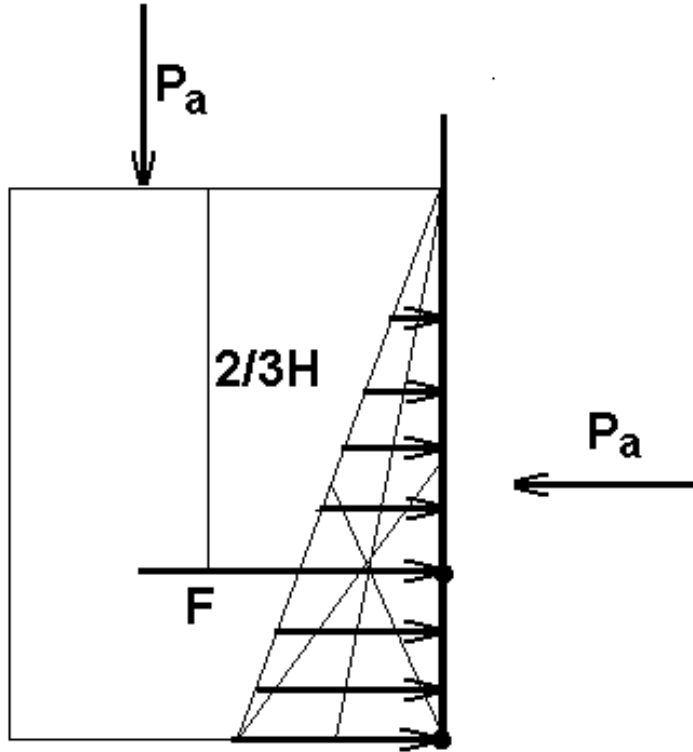
$$I_X = I_0 + y_C^2 \cdot \omega$$

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



ЗАДАЧА

Определить силу давления воды на стенку аквариума и точку ее приложения



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

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

$$\omega = H \cdot b$$

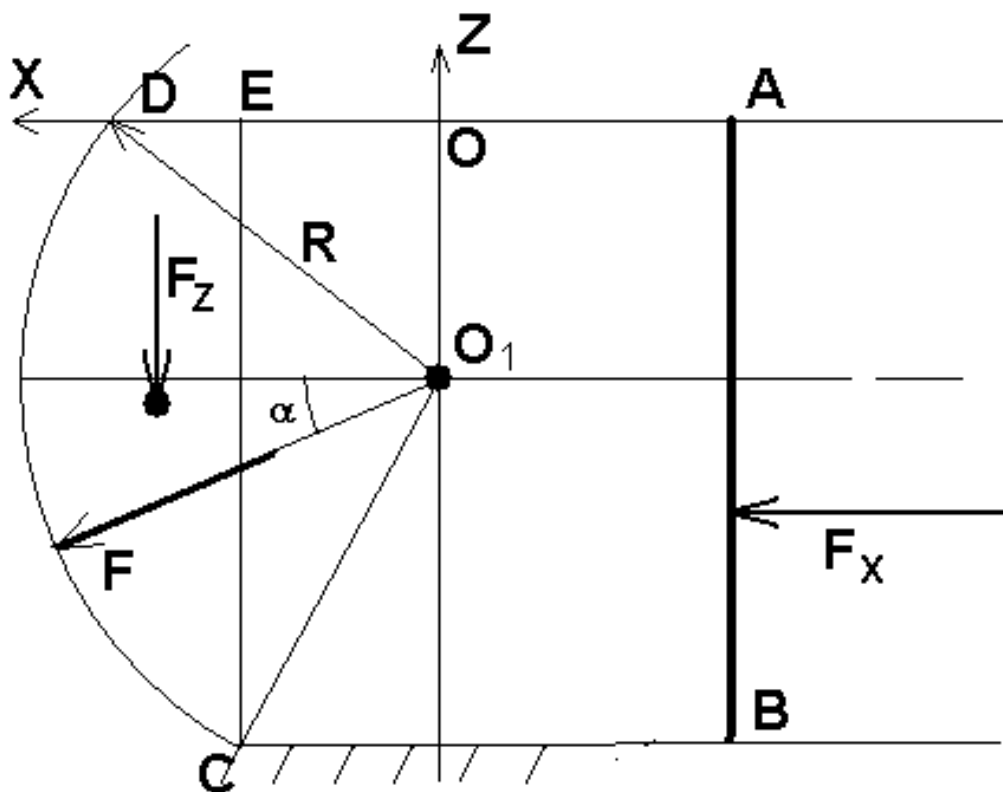
$$F_{\text{Ж}} = \rho g \frac{H^2 b}{2}$$

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

$$F = F_{\text{Ж}}$$

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.

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

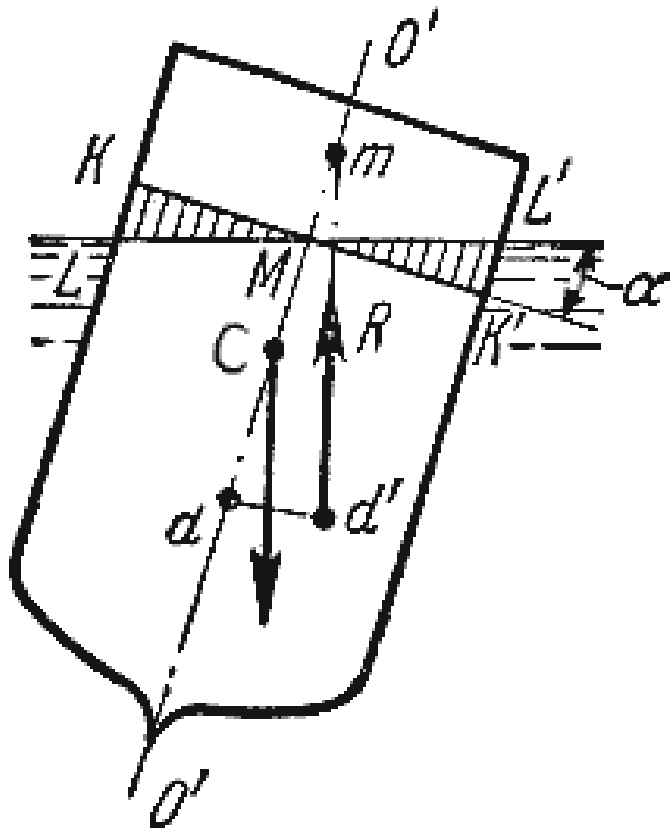
Закон Архимеда

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 α , 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.