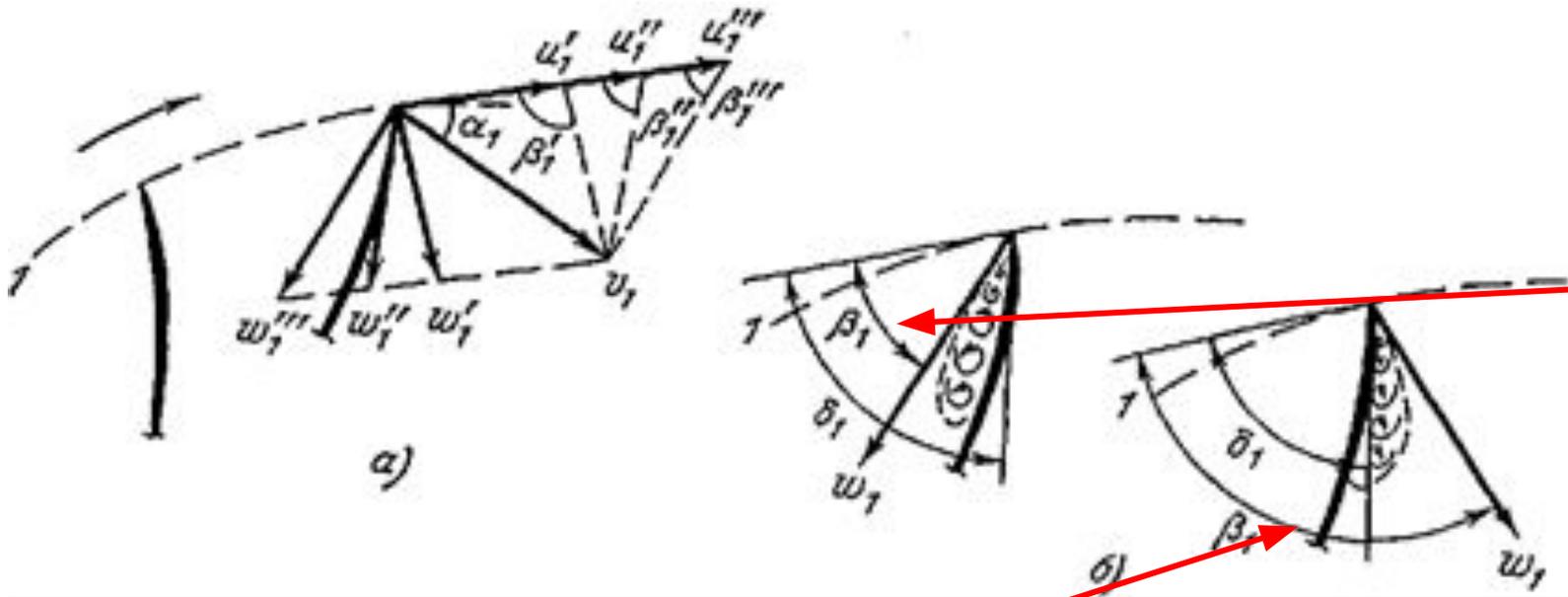


Лекция 3, б

Основное энергетическое уравнение турбины.

Кавитация в гидромашинах.

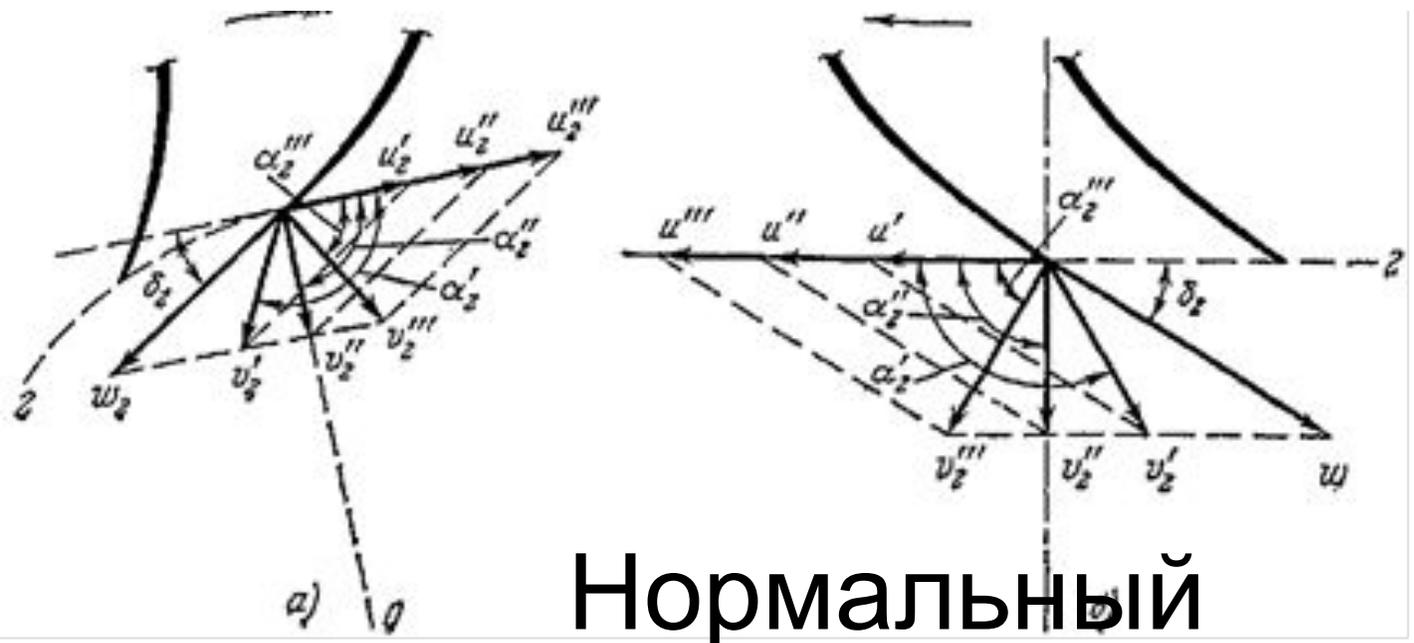
Режимы работы гидромашин и их регулирование. КПД гидромашин.



$$\beta_1'' < \delta_1$$

$$\Gamma_2 = 0, \alpha_2 = 90 \text{ град}$$

$$\beta_1' > \delta_1$$



$$\beta_1 = \delta_1 \text{ Безударный}$$

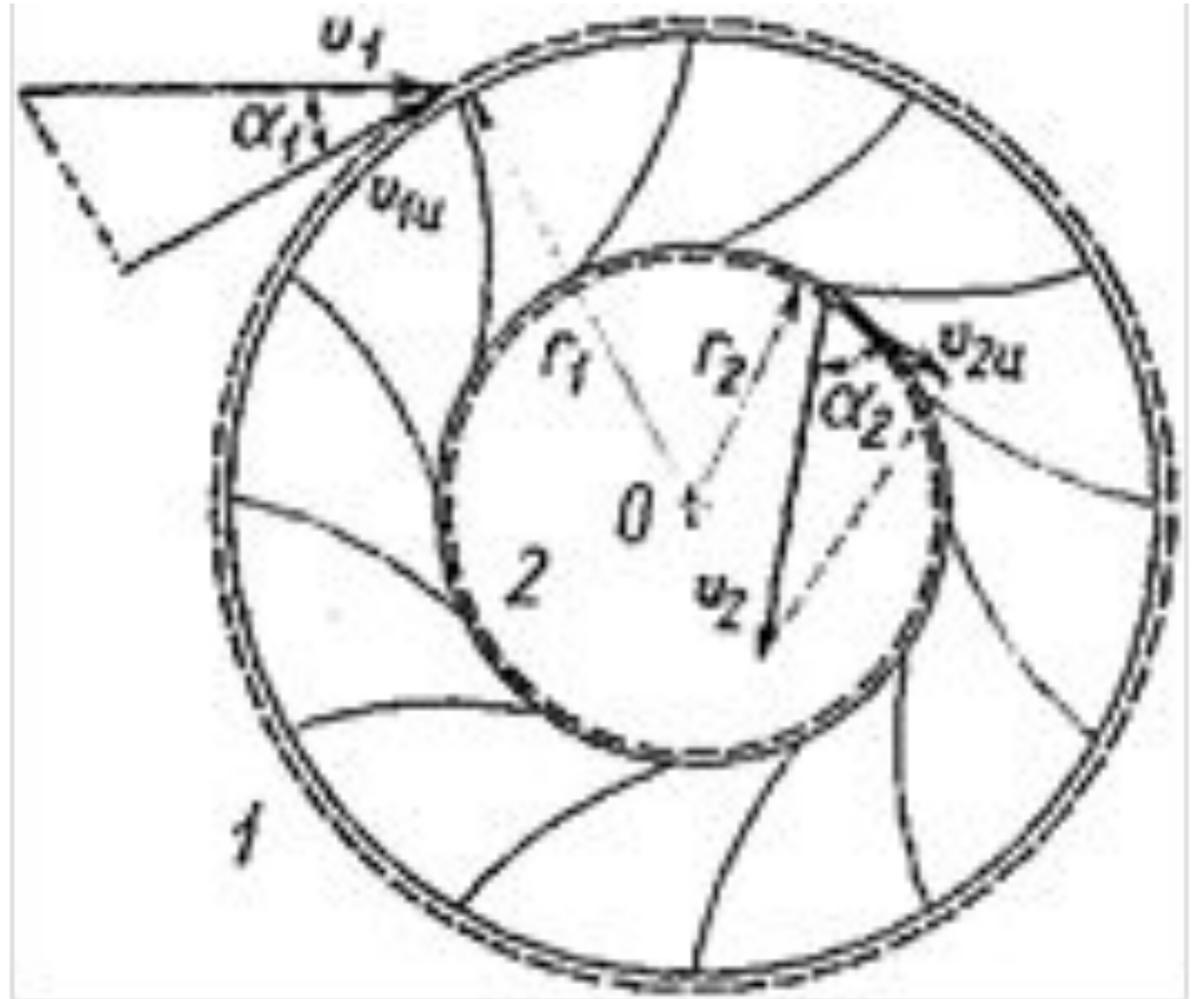
Нормальный

Основное энергетическое уравнение турбин

$$v_u r \quad \rho Q (v_{2u} r_2 - v_{1u} r_1) = \sum M_0$$

$$d(v_u r) = v_{1u} r_1 - v_{2u} r_2$$

$$m = \rho Q dt$$



$$\Sigma M_0 \quad M = pQ(0,5D_{1p} v_1 \cos \alpha_1 - 0,5D_{2p} v_2 \cos \alpha_2)$$

$$\Gamma_1 = \pi D_{1p} v_1 \cos \alpha_1 \quad \text{и} \quad \Gamma_2 = \pi D_{2p} v_2 \cos \alpha_2$$

$$M = \frac{pQ}{2\pi} (\Gamma_1 - \Gamma_2) \quad N_{p.k} = M\omega$$

$$M\omega = pgQH\eta_r$$

$$\omega_{0,5D_1=u_1} \quad \omega_{0,5D_2=u_2}$$

$$H\eta_{\Gamma} = \frac{1}{g} \left(u_1 v_1 \cos \alpha_1 - u_2 v_2 \cos \alpha_2 \right)$$

$$H\eta_{\Gamma} = \frac{w}{g2\pi} \left(\Gamma_1 - \Gamma_2 \right)$$

Таким образом, *основное уравнение дает связь между энергетическими и кинематическими параметрами в турбине.*

1. Наиболее благоприятный по КПД режим работы близок к условиям нормального выхода, когда циркуляция $\Gamma_2 = 0$ или мала. $\Gamma_1 = \Gamma_0$ — циркуляции, создаваемые направляющим аппаратом. Отсюда можно определить требуемое значение Γ_0 в зависимости от H и ω .

2. В процессе прохождения воды через рабочее колесо турбины циркуляция потока должна убывать. Следовательно, рабочее колесо «срабатывает» циркуляцию, созданную направляющим аппаратом. $\Gamma_1 = \Gamma_0$ $\Gamma_2 = 0$

Турбины одного типа и законы подобия режимов их работы

$$\delta_{11} = \delta_{12}, \delta_{21} = \delta_{22}, \delta_{i1} = \delta_{i2}$$

$$\frac{D_{11}}{D_{12}} = \frac{D_{21}}{D_{22}} = \frac{b_{01}}{b_{02}} = \text{const}$$

$$a_{i1} = a_{i2}; \beta_{i1} = \beta_{i2}$$

$$\frac{v_{i1}}{v_{i2}} = \frac{u_{i1}}{u_{i2}} = \frac{w_{i2}}{w_{i1}} = \text{const}$$

Задач

а

$$\frac{u_{11}}{u_{12}} = \frac{\pi D_1 n_1}{\pi D_2 n_2} = \frac{D_1 n_1}{D_2 n_2}$$

$$\frac{v_{1m1}}{v_{1m2}} = \frac{Q_1}{\pi D_1 b_{01}} \frac{\pi D_2 b_{02}}{Q_2}$$

$$\frac{v_{1m1}}{v_{1m2}} = \frac{Q_1 D_2^2}{Q_2 D_1^2}$$

$$\frac{D_1 n_1}{D_2 n_1} = \frac{Q_1 D_2^2}{Q_2 D_1^2} \text{ или } \frac{Q_1}{n_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{n_3 D_2^3}$$

$$\frac{Q}{n D^3} = \text{const}$$

$$g H_1 \eta_{\Gamma 1} = u_{11} v_{11} \cos a_{11} - u_{21} v_{21} \cos a_{21}$$

$$g H_2 \eta_{\Gamma 2} = u_{12} v_{12} \cos a_{12} - u_{22} v_{22} \cos a_{22}$$

$$a_{11} = a_{12}; a_{21} = a_{22} \text{ и } \frac{u_{11}}{u_{12}} = \frac{v_{11}}{v_{12}} = \frac{u_{21}}{u_{22}} = \frac{v_{21}}{v_{22}} = \frac{D_1 n_1}{D_2 n_2}$$

$$\cos a_{11} = \cos a_{12} \text{ И } \cos a_{21} = \cos a_{22}$$

$$u_{12} = u_{11} \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1}; v_{12} = v_{11} \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1}; u_{22} = u_{21} \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1}; v_{22} = v_{21} \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1}$$

$$gH_2 \eta_{r2} = \left(\frac{D_2 n_2}{D_1 n_1} \right)^2 (u_{11} v_{11} \cos a_{11} - u_{21} v_{21} \cos a_{21})$$

$$\frac{gH_1 \eta_{r1}}{gH_2 \eta_{r2}} = \left(\frac{D_1 n_1}{D_2 n_2} \right)^2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \sqrt{\frac{\eta_{\Gamma 1}}{\eta_{\Gamma 2}}}$$

$$\frac{Q_1}{n_1 D_1^3} = \frac{Q_2}{n_2 D_2^3}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \sqrt{\frac{\eta_{\Gamma 1}}{\eta_{\Gamma 2}}}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \frac{H_1}{H_2} \sqrt{\frac{H_1}{H_2}} \frac{\eta_{\Gamma 1}}{\eta_{\Gamma 2}} \sqrt{\frac{\eta_{\Gamma 1}}{\eta_{\Gamma 2}}}$$

Приведённые параметры
турбины $H=1\text{м}$ и $D=1\text{м}$

$$\frac{n'_I}{n} = \frac{D}{1} \sqrt{\frac{1}{H}}$$



$$n'_I = \frac{nD}{\sqrt{H}}$$

$$\frac{Q'_I}{Q} = \left(\frac{1}{D}\right)^2 \sqrt{\frac{1}{H}}$$

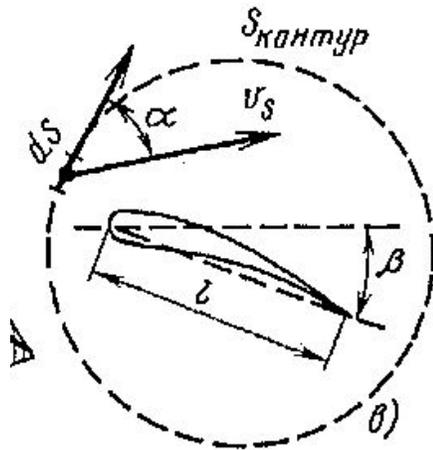
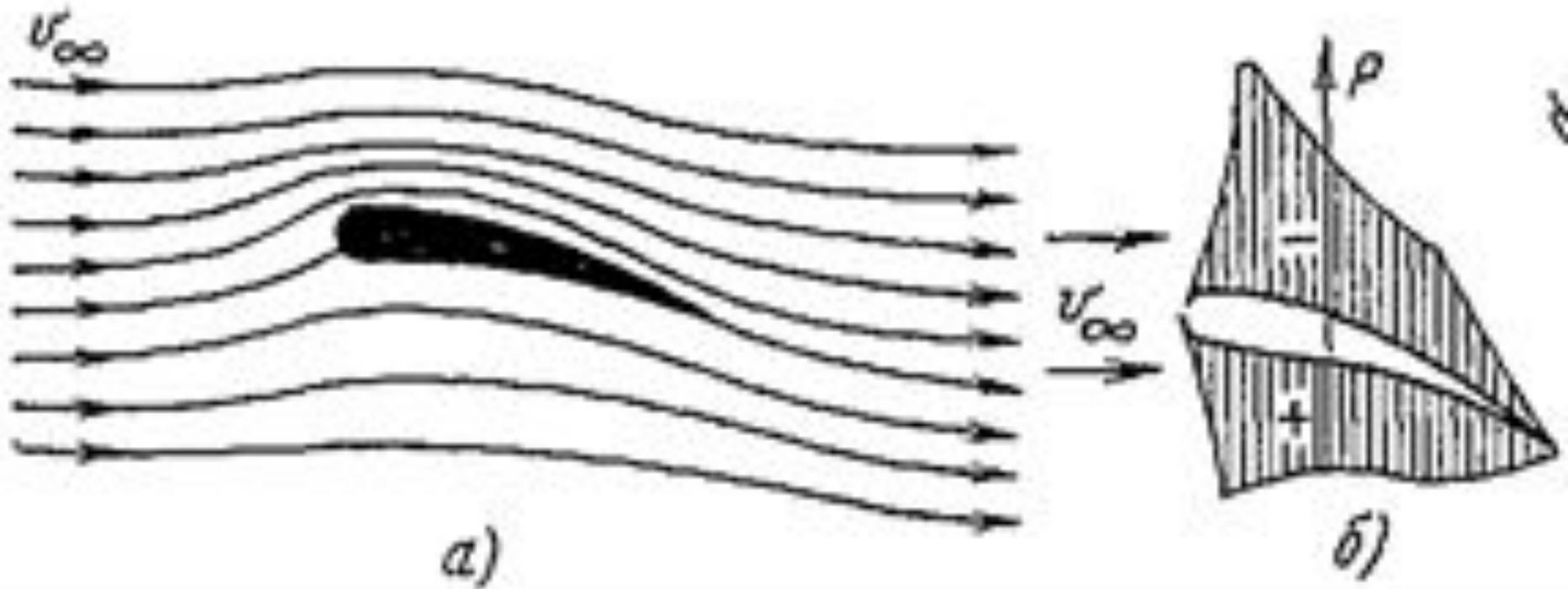


$$Q'_I = \frac{Q}{D^2 \sqrt{H}}$$

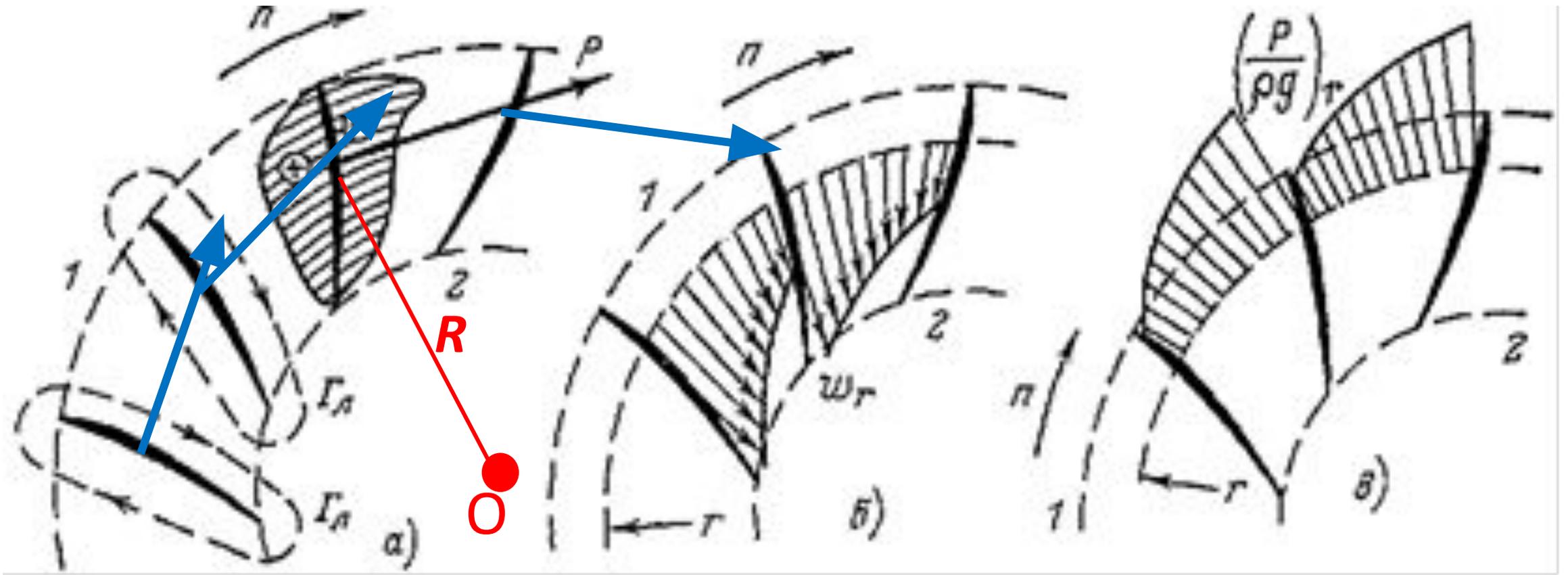
$$n = \frac{n'_I \sqrt{H}}{D}$$

$$Q = Q'_I D^2 \sqrt{H}$$

Реальная форма движения жидкости в рабочем колесе турбины



РО турбина



$$P = \rho v_\infty \Gamma$$

$$M_i = P_i R$$

Осевая турбина (ПЛ, капсульная)

