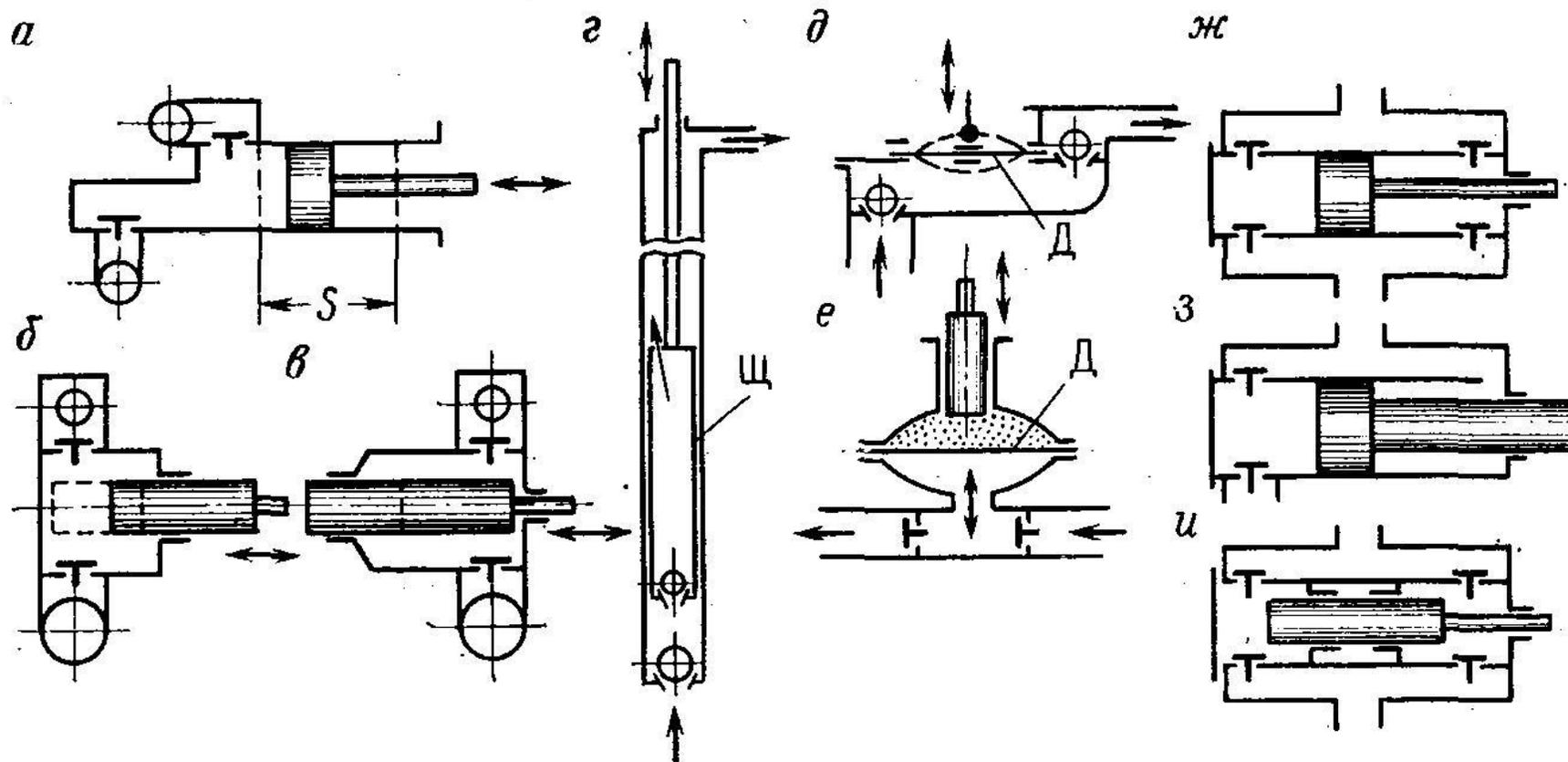
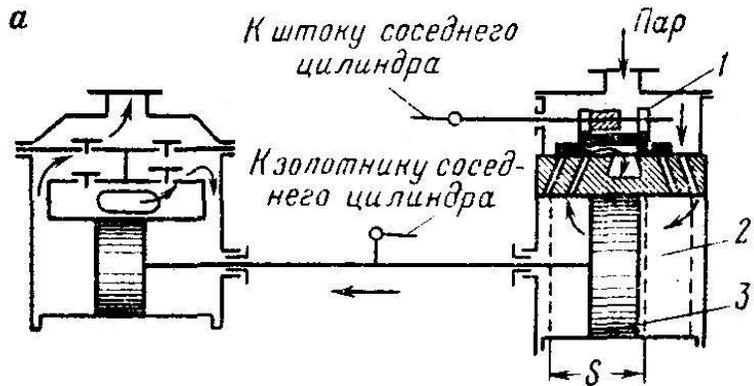


Гидромашины и компрессоры

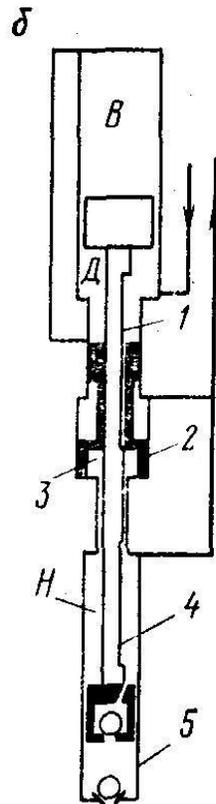
Лекция 8,9 Поршневой насос.



Схемы гидравлической части возвратно-поступательных насосов



Схемы прямодействующих насосов



Схемы валных насосов

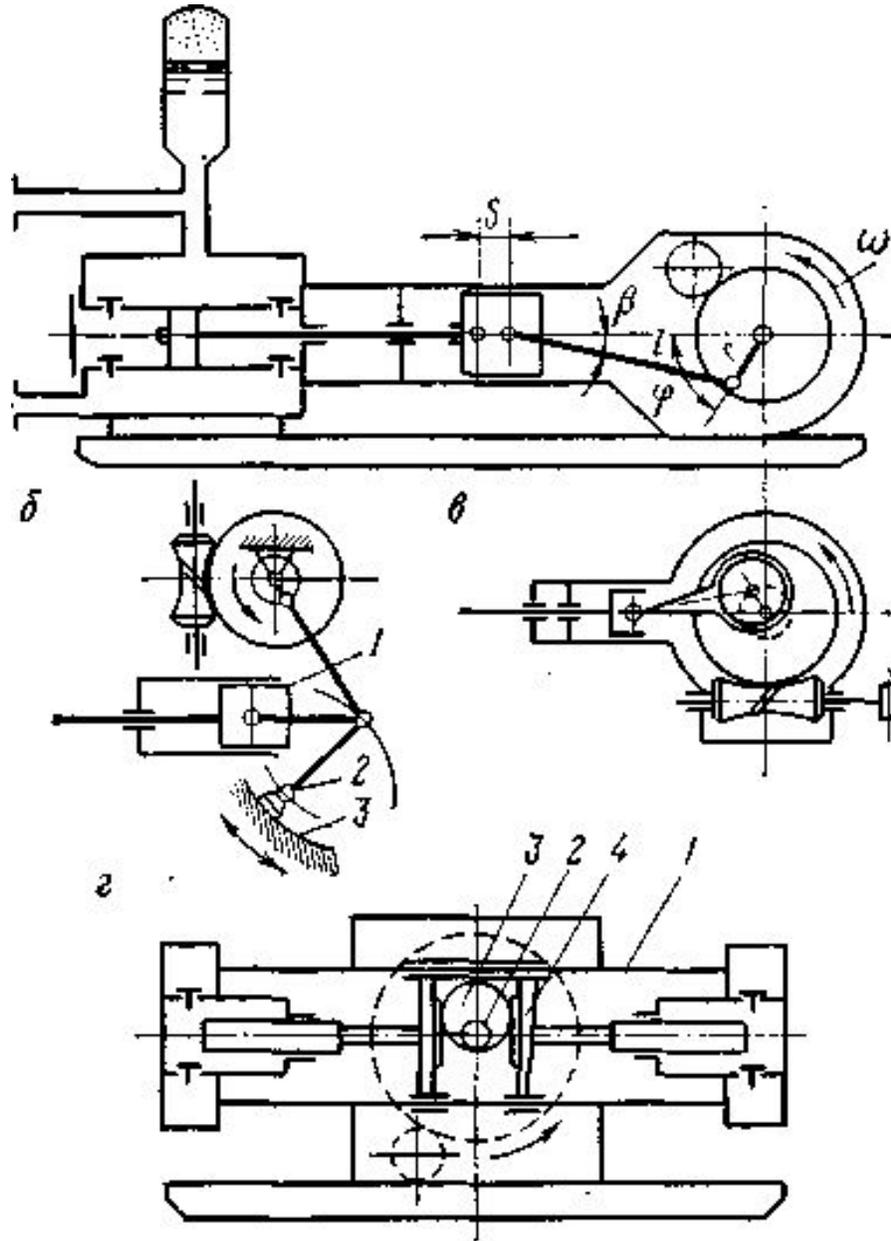
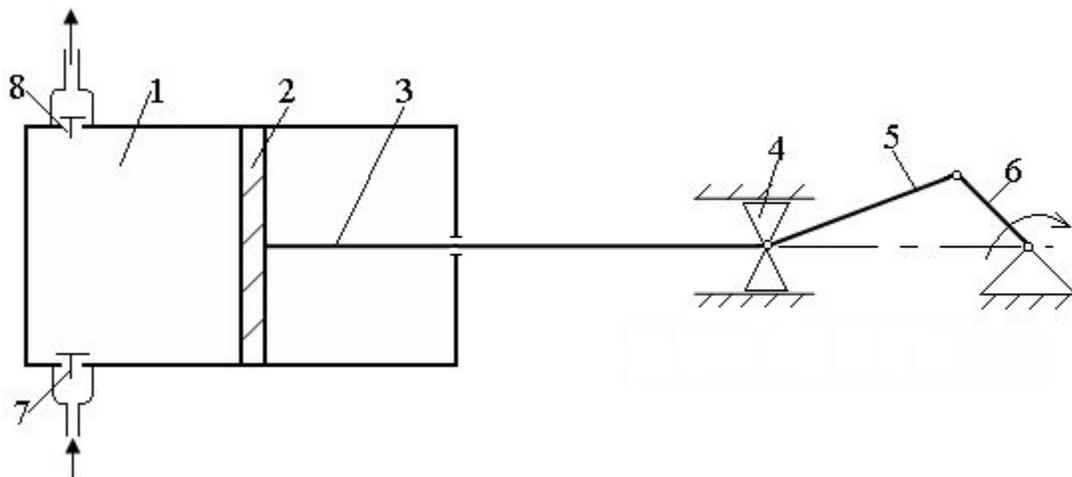
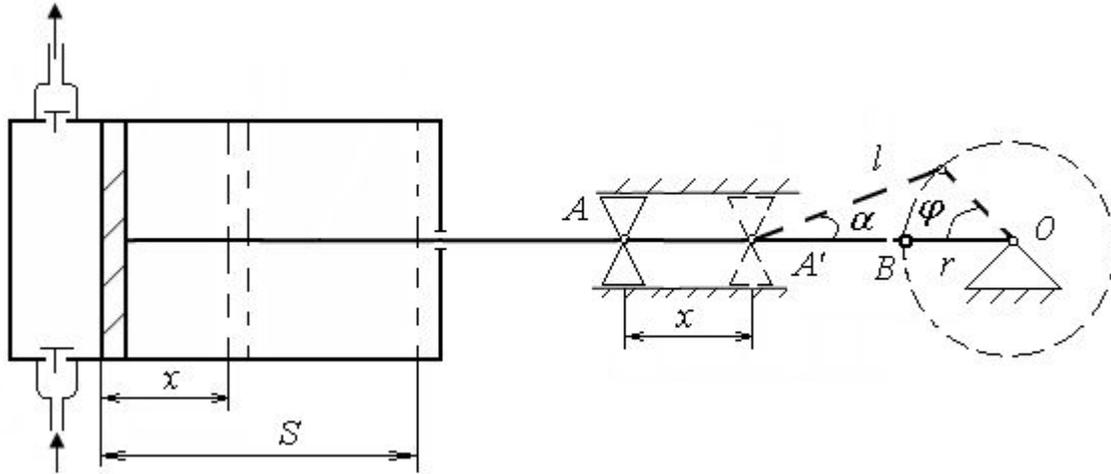


Схема поршневого насоса



- 1 - рабочий цилиндр;
- 2 - поршень (вытеснитель);
- 3 - шток;
- 4 - (ползун) крейцкопф;
- 5 - шатун;
- 6 - кривошип или коленчатый вал;
- 7 - всасывающий клапан;
- 8 - нагнетательный клапан

Параметры насоса



$$x = \overline{AO} - \overline{A'O}$$

$$x = r + l - (r \cdot \cos \alpha + l \cdot \cos \varphi)$$

$$l \gg r \quad \alpha \approx 0$$

$$x = r(1 - \cos \varphi)$$

Закон движения поршня

Скорость движения поршня
Ускорение поршня
Мгновенная подача насоса

$$\frac{dx}{dt} = r \cdot \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \cdot r \cdot \sin \varphi = u$$

$$w = \frac{du}{dt} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos \varphi = w$$

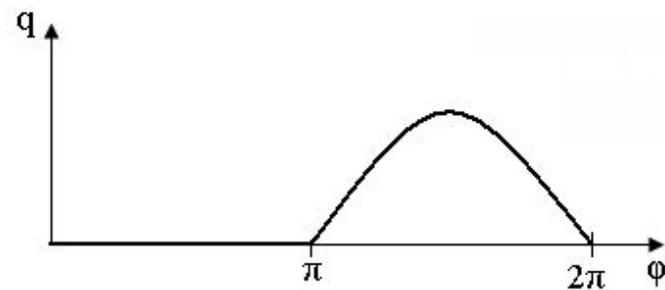
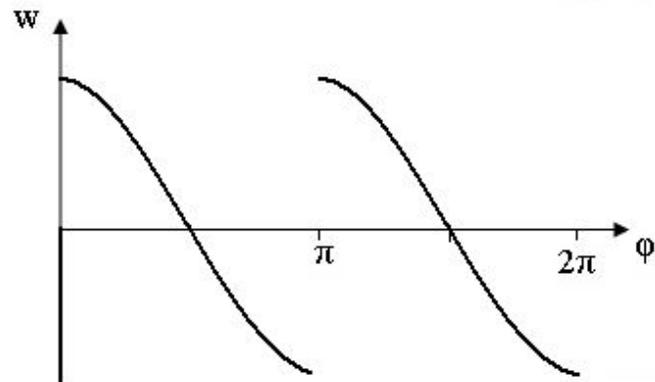
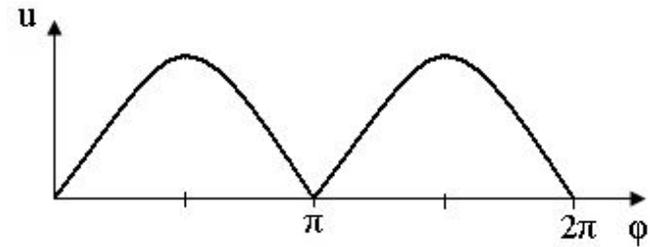
$$q = u \cdot F = F \cdot \omega \cdot r \cdot \sin \varphi$$

Зависимость параметров поршневого насоса от угла поворота кривошипа

$$\frac{dx}{dt} = r \cdot \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega \cdot r \cdot \sin \varphi = u$$

$$w = \frac{du}{dt} = \omega^2 \cdot r \cdot \cos \varphi = w$$

$$q = u \cdot F = F \cdot \omega \cdot r \cdot \sin \varphi$$



Степень неравномерности подачи одноцилиндрового насоса простого действия

- Теоретическая подача насоса

$$Q_m = F \cdot S \cdot n$$

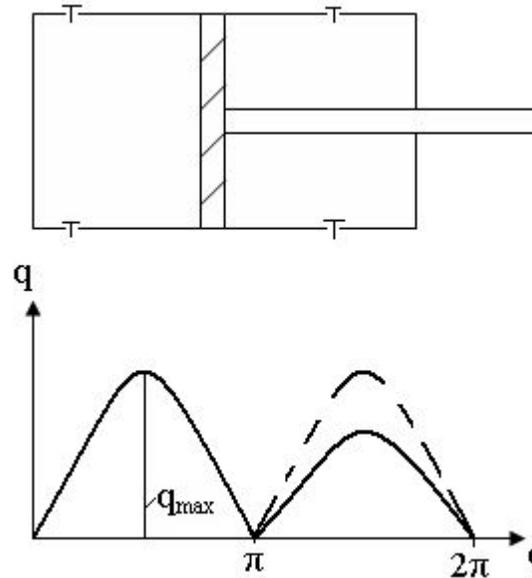
- Мгновенная подача насоса

$$q = \omega \cdot r \cdot \sin \varphi \cdot F$$

- Степень неравномерности подачи

$$\delta = \frac{q_{max}}{Q_m} = \frac{\omega \cdot r \cdot \sin 90 \cdot F}{F \cdot S \cdot n} = \frac{\omega \cdot r \cdot 1 \cdot F}{F \cdot 2 \cdot r \cdot \frac{\omega}{2\pi}} = \pi = 3,14$$

Степень неравномерности подачи одноцилиндрового насоса двойного действия



Теоретическая подача насоса

$$Q_T = F \cdot S \cdot n + (F - f_{шт}) \cdot S \cdot n = (2F - f_{шт}) \cdot S \cdot n$$

Степень неравномерности подачи

$$\delta = \frac{q_{\max}}{Q_m} = \frac{\omega \cdot r \cdot \sin 90 \cdot F}{(2F - f_{шт}) \cdot S \cdot n} \langle 3,14$$

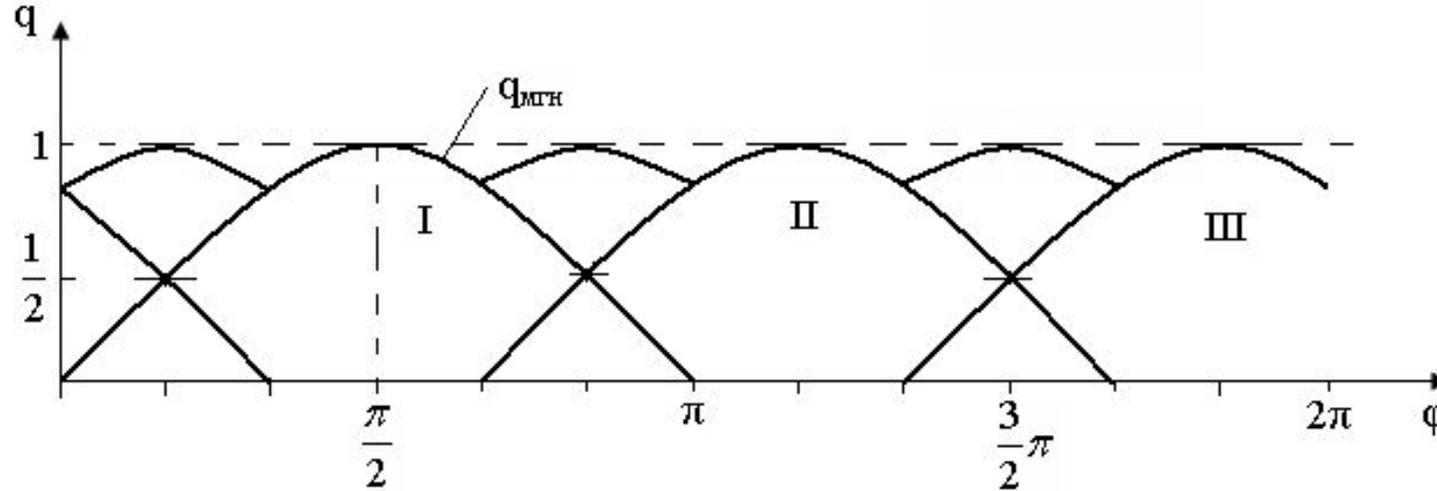
Степень неравномерности подачи двухцилиндрового насоса простого действия

- Теоретическая подача насоса $Q_m = 2 \cdot F \cdot S \cdot n$

Степень неравномерности
подачи

$$\delta = \frac{\omega \cdot r \cdot \sin 90 \cdot F}{2 \cdot F \cdot S \cdot n} = \frac{\pi}{2} = 1,57$$

Степень неравномерности подачи трехцилиндрового насоса простого действия



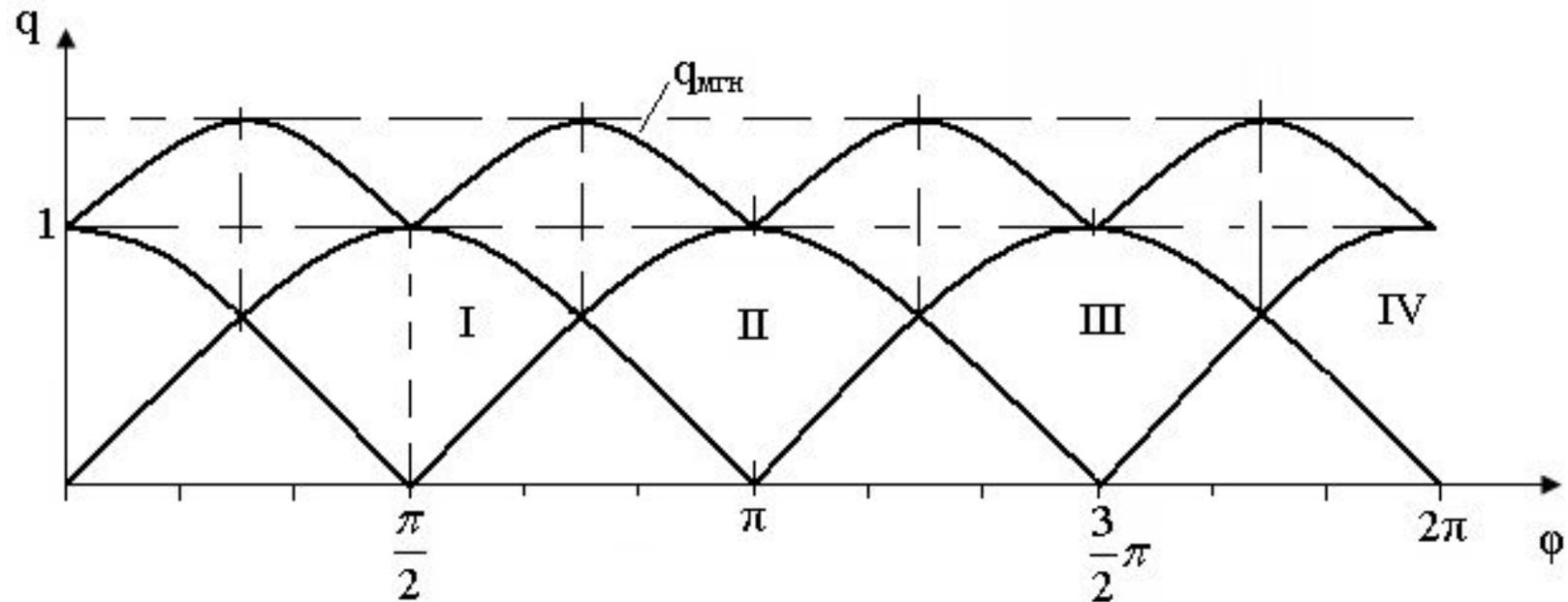
Теоретическая подача насоса

- Степень неравномерности подачи

$$Q_m = 3F \cdot S \cdot n$$

$$\delta = \frac{\omega \cdot r \cdot \sin 90 \cdot F}{3 \cdot F \cdot S \cdot n} = \frac{\pi}{3} = 1,047$$

Степень неравномерности подачи четырехцилиндрового насоса простого действия



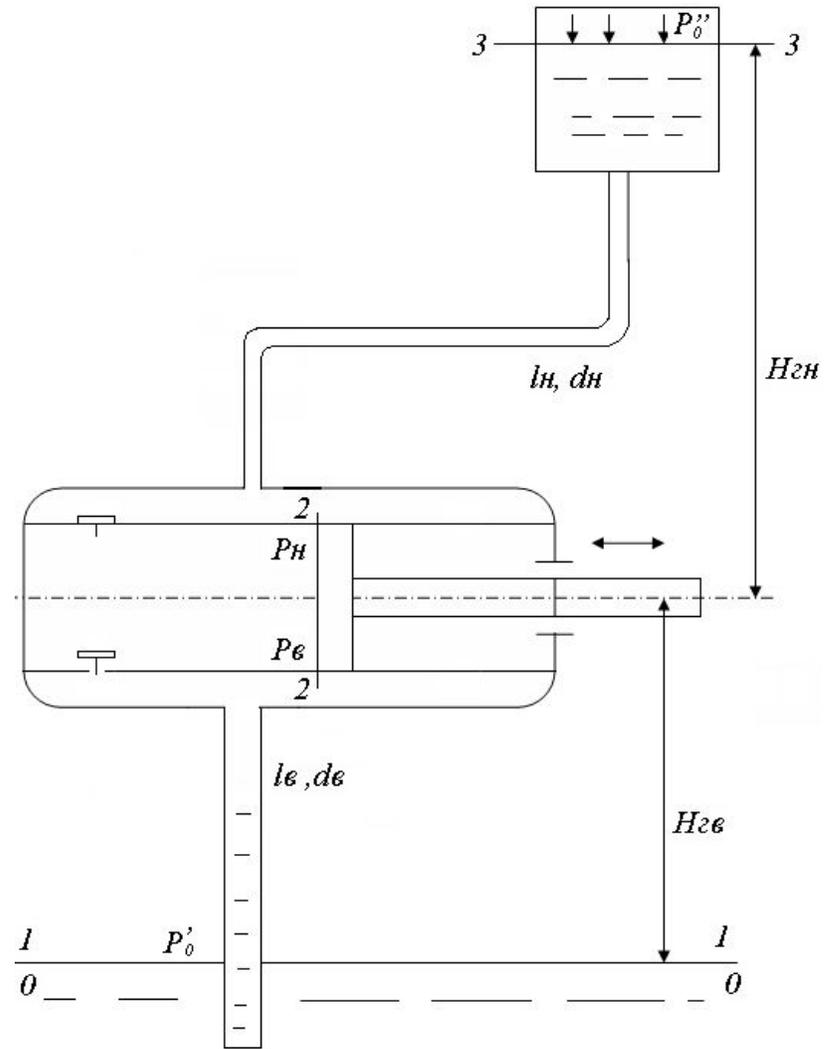
Теоретическая подача
насоса

$$Q_m = 4 \cdot F \cdot S \cdot n$$

Степень неравномерности
подачи

$$\delta = \frac{q_{\max}}{Q_m} = \frac{2F \cdot \omega \cdot r \cdot \sin 45}{4F \cdot S \cdot n} = \frac{2F \cdot 2\pi n \cdot r \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{4F \cdot 2 \cdot r \cdot n} = 1,11$$

Схема для расчета поршневого насоса



Процесс всасывания поршневого насоса

- Уравнение Бернулли для сечений 1-2

$$0 + \frac{p'_0}{\rho g} + 0 = H_{ГВ} + \frac{p_B}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + h_{B.кл} + \sum h_B + h_{ин.в}$$

$$\frac{p_B}{\rho g} = \frac{p'_0}{\rho g} - H_{ГВ} - \frac{u^2}{2g} - h_{B.кл} - \sum h_B - h_{ин.в}$$

$$\frac{p_B}{\rho g} = \frac{p'_0}{\rho g} - H_{ГВ} - h_{B.кл} - \frac{u^2}{2g} - \left(\sum \zeta_{iB} + \lambda_B \cdot \frac{\ell_B}{d_B} \right) \cdot \frac{v_B^2}{2g} - \frac{a_B}{g} \cdot \ell_B$$

$$\frac{p_B}{\rho g} = \frac{p'_0}{\rho g} - H_{ГВ} - h_{B.кл} - \left[\left(1 + \left(\sum \zeta_{iB} + \lambda_B \frac{\ell_B}{d_B} \right) \frac{F^2}{F_B^2} \right) \cdot \frac{U^2}{2g} + \frac{\ell_B}{g} \cdot \frac{F}{F_B} \cdot W \right]$$

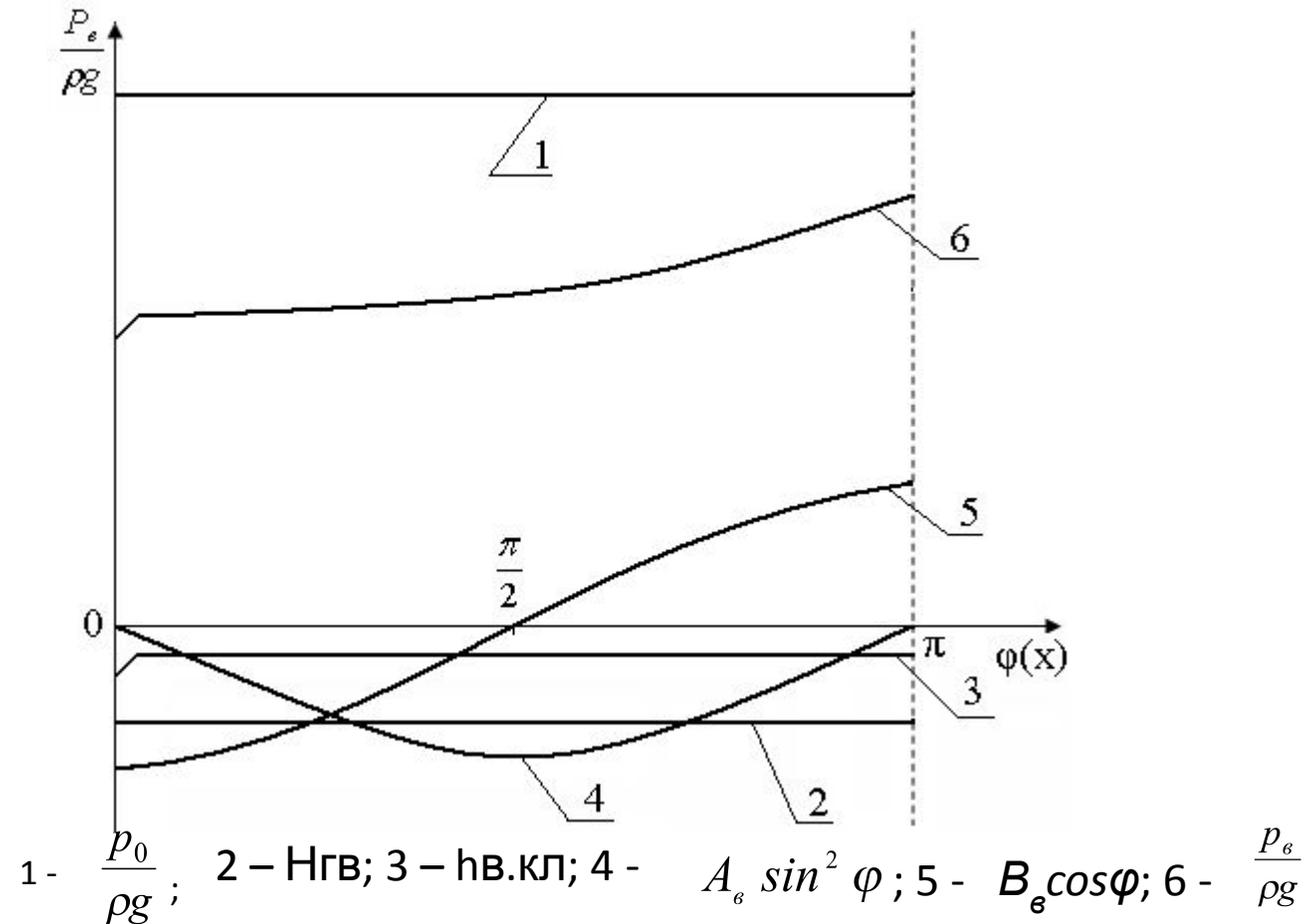
$$\frac{p_B}{\rho g} = \frac{p'_0}{\rho g} - H_{ГВ} - h_{B.кл} - \left(1 + \left(\sum \zeta_{iB} + \lambda_B \frac{\ell_B}{d_B} \right) \frac{F^2}{F_B^2} \right) \cdot \frac{1 \cdot \omega^2 \cdot r^2 \cdot \sin^2 \varphi}{2g} - \frac{\ell_B}{g} \cdot \frac{F}{F_B} \omega^2 r \cdot \cos \varphi$$

$$UF = v_B \cdot F_{mp.в}$$

$$v_B = U \frac{F}{F_B}$$

$$a_B = W \frac{F}{F_B}$$

Процесс всасывания поршневого насоса



$$\frac{P_B}{\rho g} = \frac{P_0}{\rho g} - H_{ГВ} - h_{в.кл} - A_B \sin^2 \varphi - B_B \cos \varphi$$

Процесс нагнетания поршневого насоса

- Уравнение Бернулли для сечений 2-3

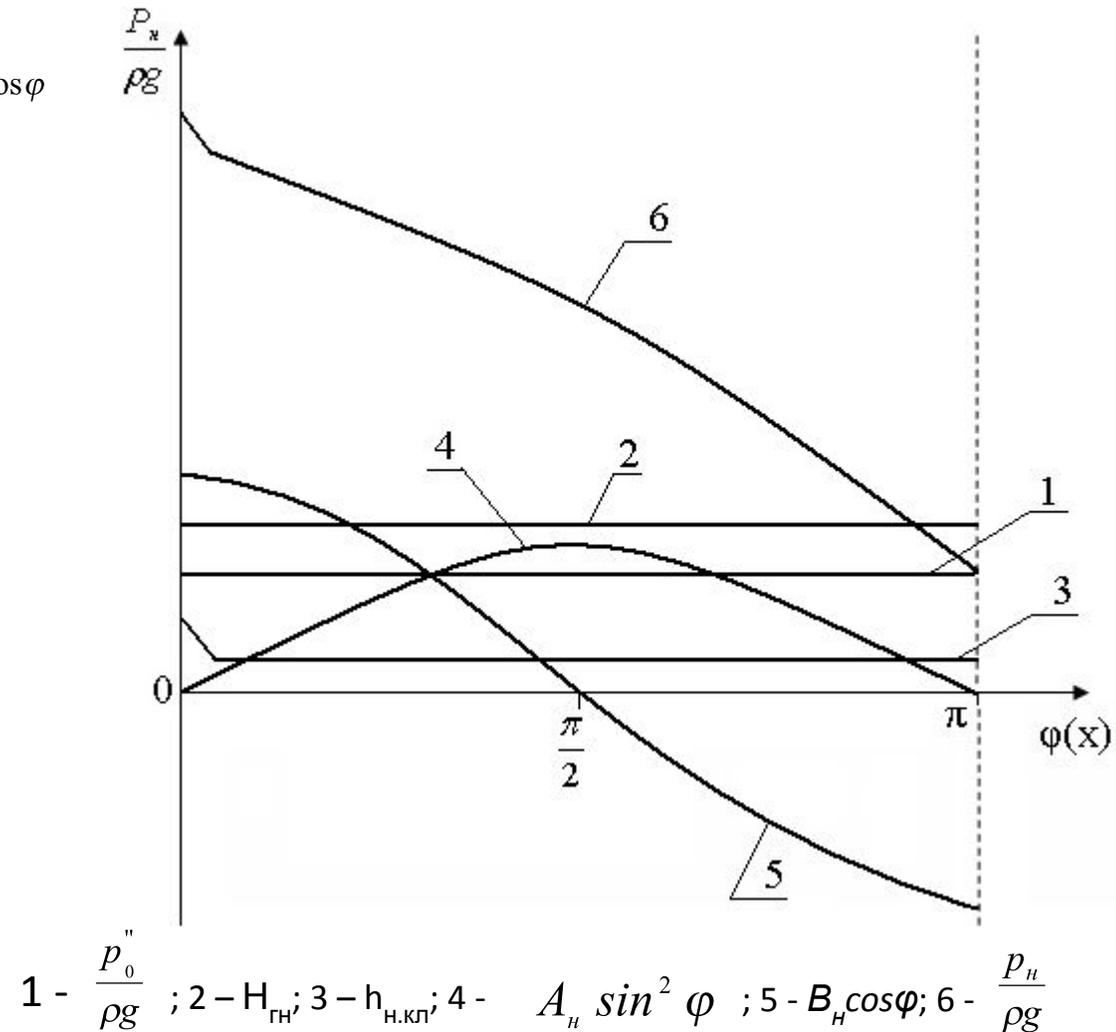
$$H_{ГВ} + \frac{p_H}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} = H_{ГВ} + H_{ГН} + \frac{p_0''}{\rho g} + h_{н.кл} + \sum h_n + h_{ин.н}$$

$$\frac{p_H}{\rho g} = \frac{p_0''}{\rho g} + H_{ГН} + h_{н.кл} - \frac{u^2}{2g} + \sum h_n + h_{ин.н}$$

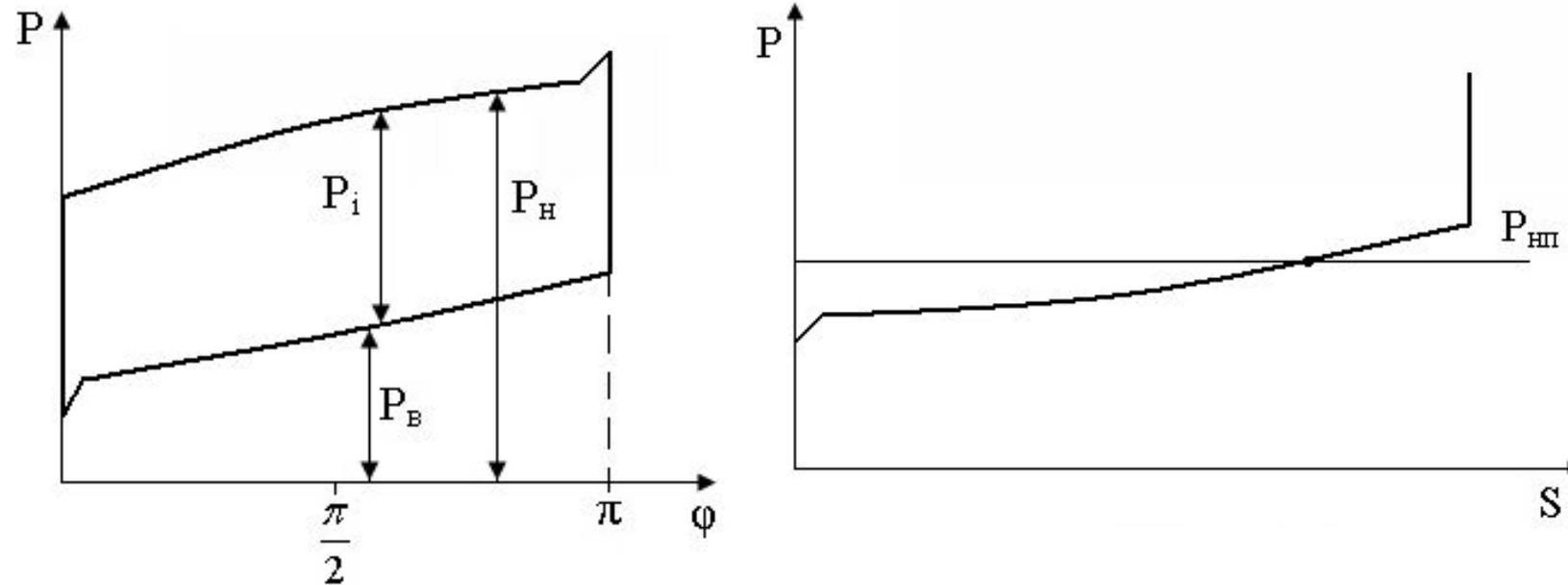
$$\frac{p_H}{\rho g} = \frac{p_0''}{\rho g} + H_{ГН} + h_{н.кл} + A_H \sin^2 \varphi + B_H \cos \varphi$$

Процесс нагнетания поршневого насоса

$$\frac{P_H}{\rho g} = \frac{P_0''}{\rho g} + H_{ГН} + h_{н.кп} + A_H \sin^2 \varphi + B_H \cos \varphi$$



Индикаторное давление поршневого насоса



Для нормальной работы поршневого насоса необходимо, чтобы на любой части хода поршня давление было выше давления насыщенных паров.

$$P_{\min_B} \quad \text{при } \phi=0^\circ \quad P_{\min_B} > P_{HP}$$

$$P_{\min_H} \quad \text{при } \phi=180^\circ \quad P_{\min_H} > P_{HP}$$

$$\frac{P_{B \min}}{\rho g} = \frac{P'_0}{\rho g} - H_{\Gamma B} - h_{\text{в.кл}} - B \cdot \cos \varphi$$

$$\frac{P_{B \min}}{\rho g} = \frac{P'_0}{\rho g} - H_{\Gamma B} - h_{\text{в.кл}} - \frac{\lambda_B}{g} \cdot \frac{F}{F_B} \cos \theta \cdot \omega^2 \cdot r$$

при заданном n

$$H_{\Gamma B}^{\text{доп}} = \frac{P'_0 - P_{\text{НП}}}{\rho g} - h_{\text{в.кл}} - \frac{\lambda_B}{g} \cdot \frac{F}{F_B} \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$H_{\Gamma B} < H_{\Gamma B}^{\text{доп}}$$

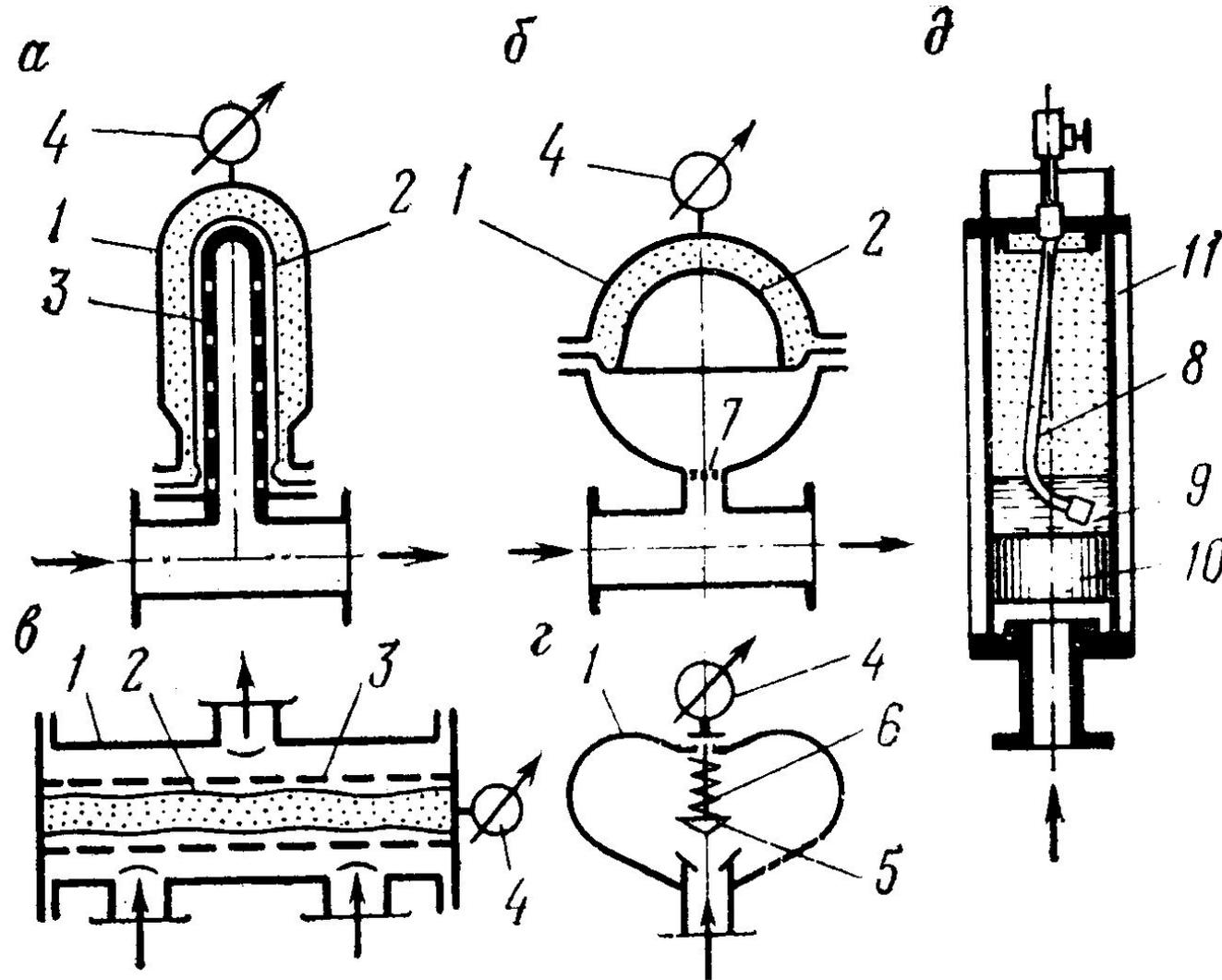
При заданной $H_{\Gamma B}$ нужно найти $\omega_{\text{доп}}$ или $n_{\text{доп}}$

$$\omega_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{P'_0 - P_{\text{НП}}}{\rho g} - H_{\Gamma B} - h_{\text{в.кл}}\right) \cdot g \cdot F_B}{\lambda_B \cdot F \cdot r}}$$

$$n_{\text{доп}} = \frac{\omega_{\text{доп}}}{2 \cdot \pi}$$

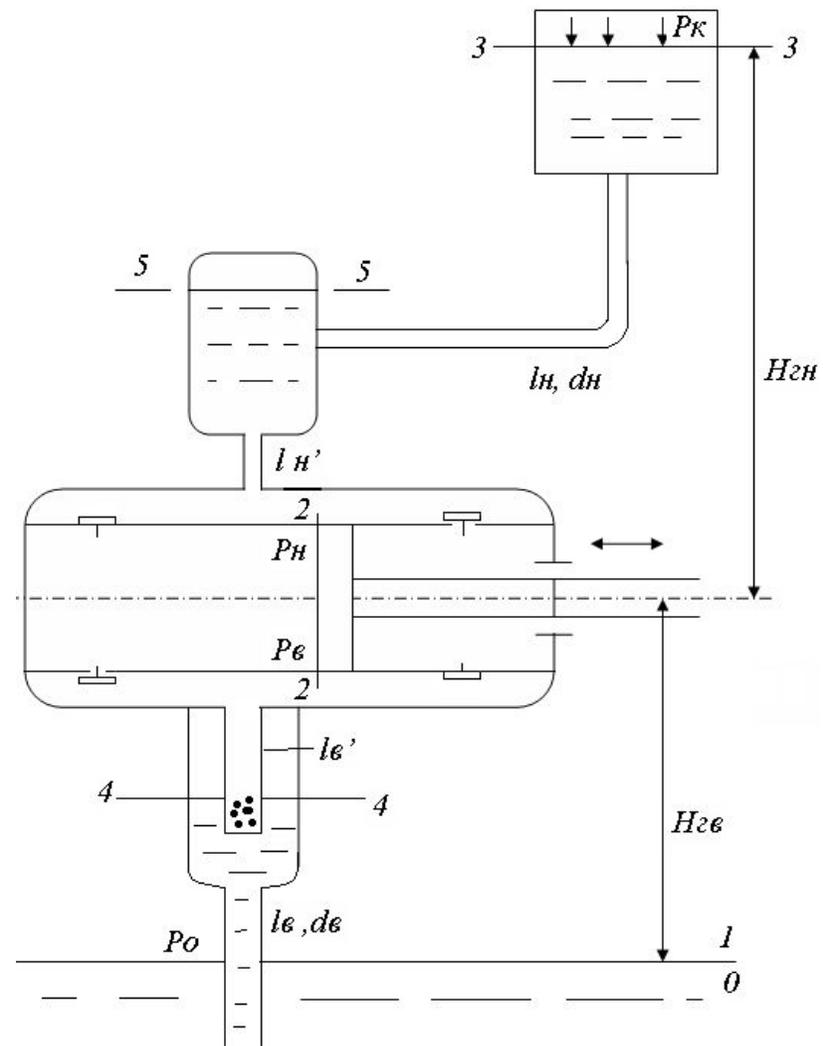
$$n < n_{\text{доп}}$$

Работа поршневого насоса с пневмокомпенсаторами



- 1 – корпус;
- 2 – диафрагма;
- 3 – перфорированная труба;
- 4 – манометр;
- 5 - клапан;
- 6 – пружина;
- 7 – решетка;
- 8 – трубка гидрозатвора;
- 9 – масло;
- 10 - поршень;
- 11 - втулка

Работа поршневого насоса с пневмокомпенсаторами



Работа поршневого насоса с пневмокомпенсаторами

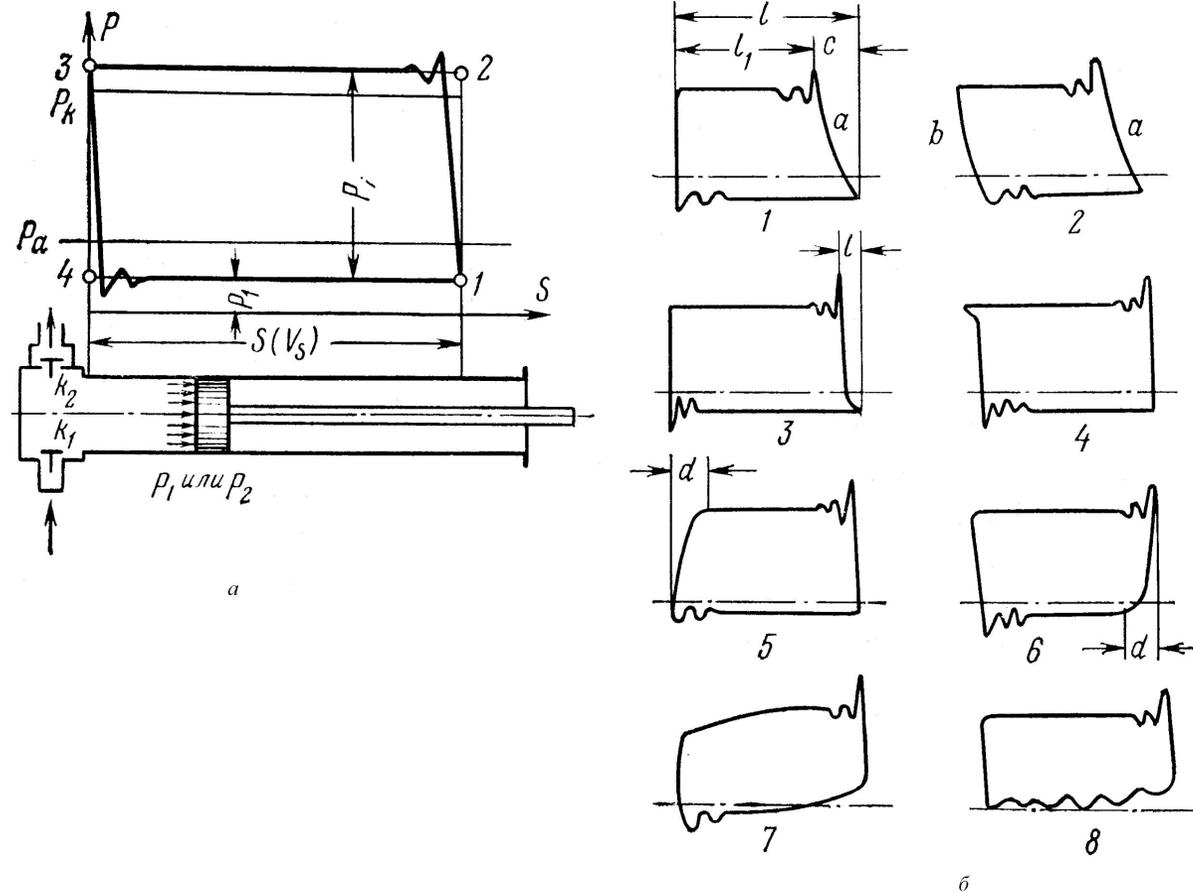
- Давление всасывания насоса

$$\frac{p_B}{\rho g} = \frac{p'_0}{\rho g} - H_{ГВ} - h_{в.кл} - \left(\sum \zeta_B + \lambda_B \frac{\boxtimes_B}{d_B} \right) \cdot \frac{v_B^2}{2g}$$

$$v_B = \frac{4Q}{\pi d_B^2} \quad Q = \eta_0 \cdot i \cdot F_{эф} \cdot S \cdot n$$

$H_{ГВ}^{доп}$ или $n^{доп}$ находим из условия, что $P_B = P_{НП}$.

Индикаторные диаграммы поршневого насоса



Баланс мощности поршневого насоса

- Полезная мощность $N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H = Q \cdot \Delta p$ $\Delta P = P_{наг} - P_{всас}$

Мощность, передаваемая поршнем

$$N_i = p_i \cdot Q_T$$

Индикаторный или внутренний КПД насоса

$$\eta_i = \frac{N_{\Pi}}{N_i}$$

Объемный КПД насоса

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q_T}$$

Гидравлический КПД насоса

$$\eta_{\Gamma} = \frac{\Delta p}{p_i}$$

Мощность на валу насоса

$$N = N_i + \Delta N_{мех}$$

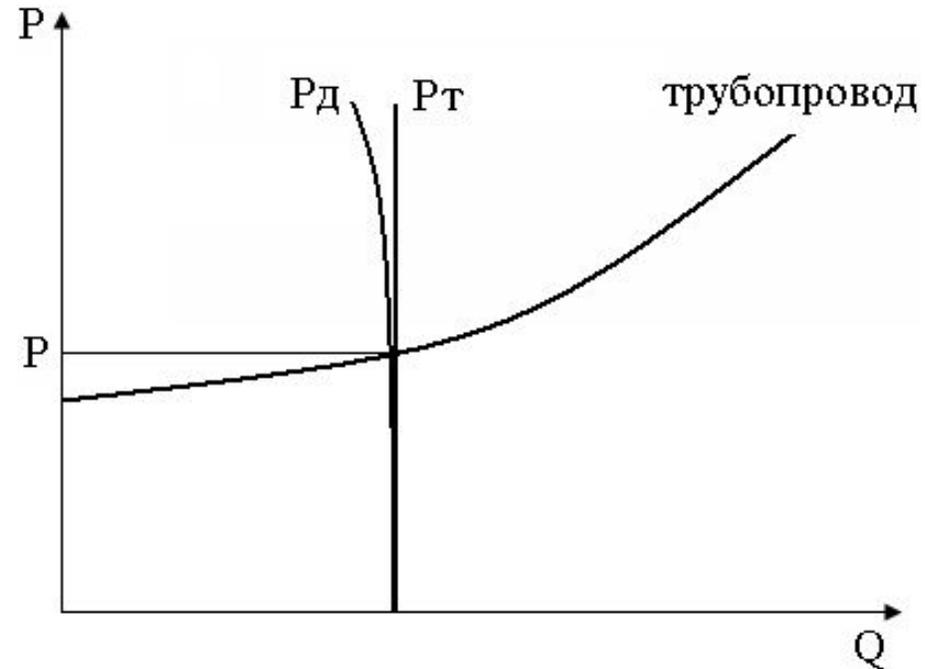
Полный КПД насоса

$$\eta = \frac{N_{\Pi}}{N} = \frac{N_{\Pi}}{N_i} \cdot \frac{N_i}{N} = \eta_0 \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{мех} = \eta$$

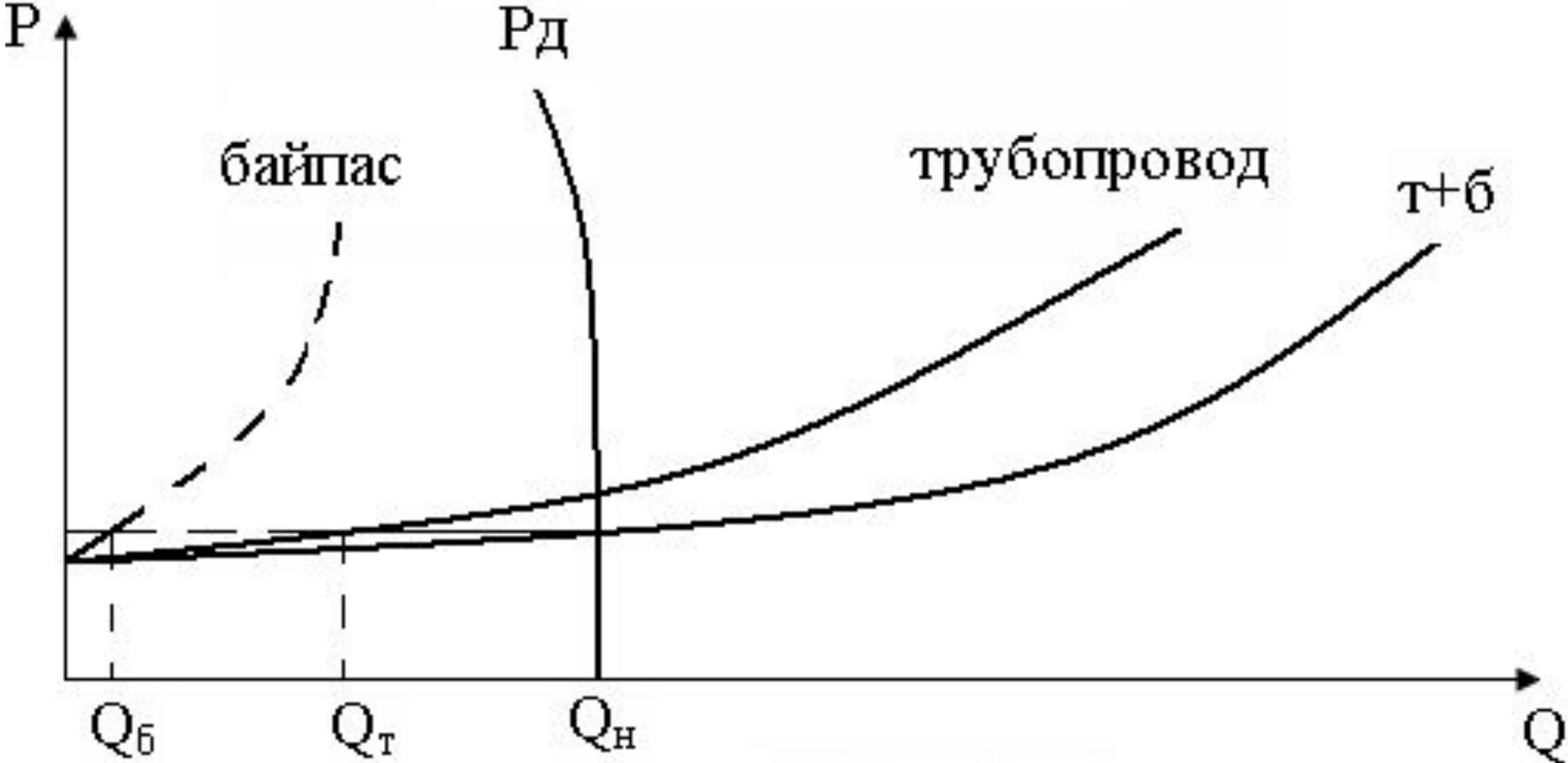
Регулирование подач в поршневых насосах

- Подача насоса $Q_T = i \cdot F_{\text{эф}} \cdot S \cdot n$ $Q = \eta_0 \cdot i \cdot F_{\text{эф}} \cdot S \cdot n$

Совмещенная характеристика поршневого насоса



Применение байпаса



Подключение газового мешка

