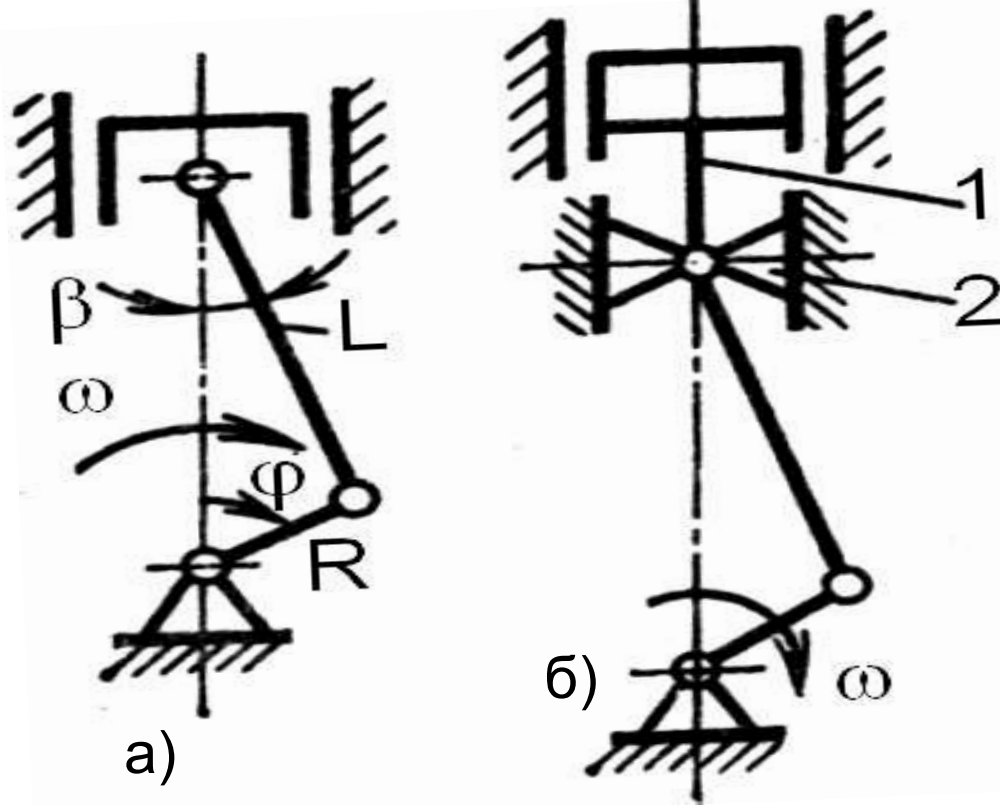


Кинематика и динамика КШМ

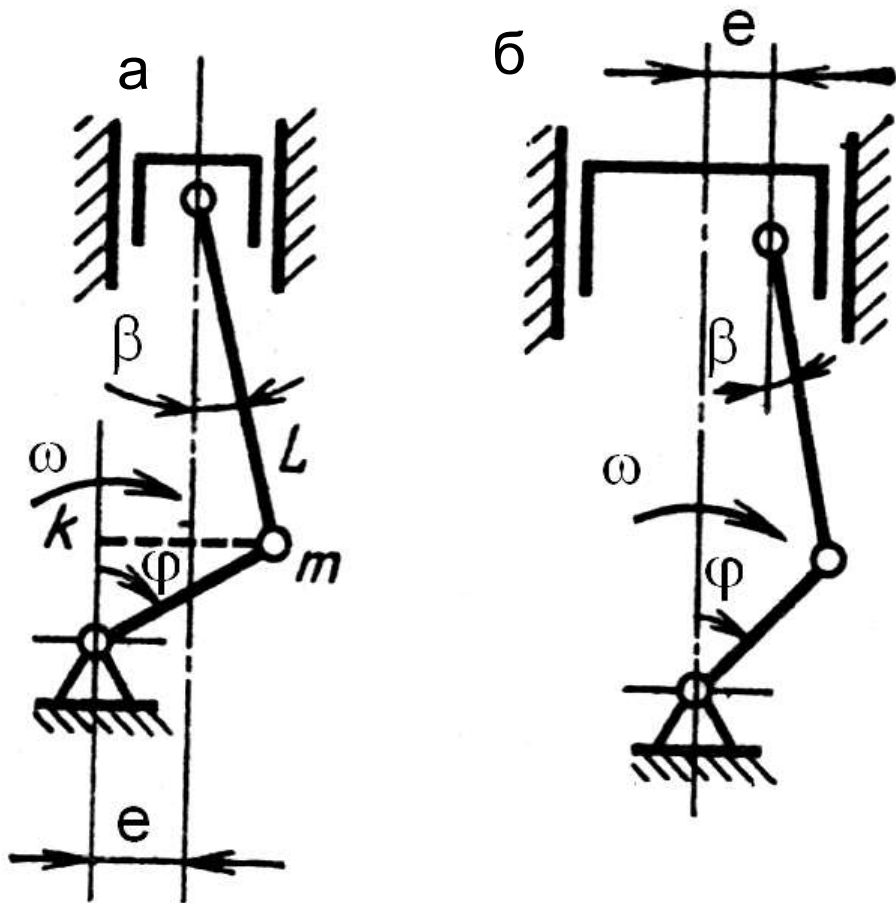
КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА



Аксиальный кривошипно-шатунный механизм: а — цент-ральный; б — с крейцкопфом и штоком: 1 — шток; 2 - крейцкопф

КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА

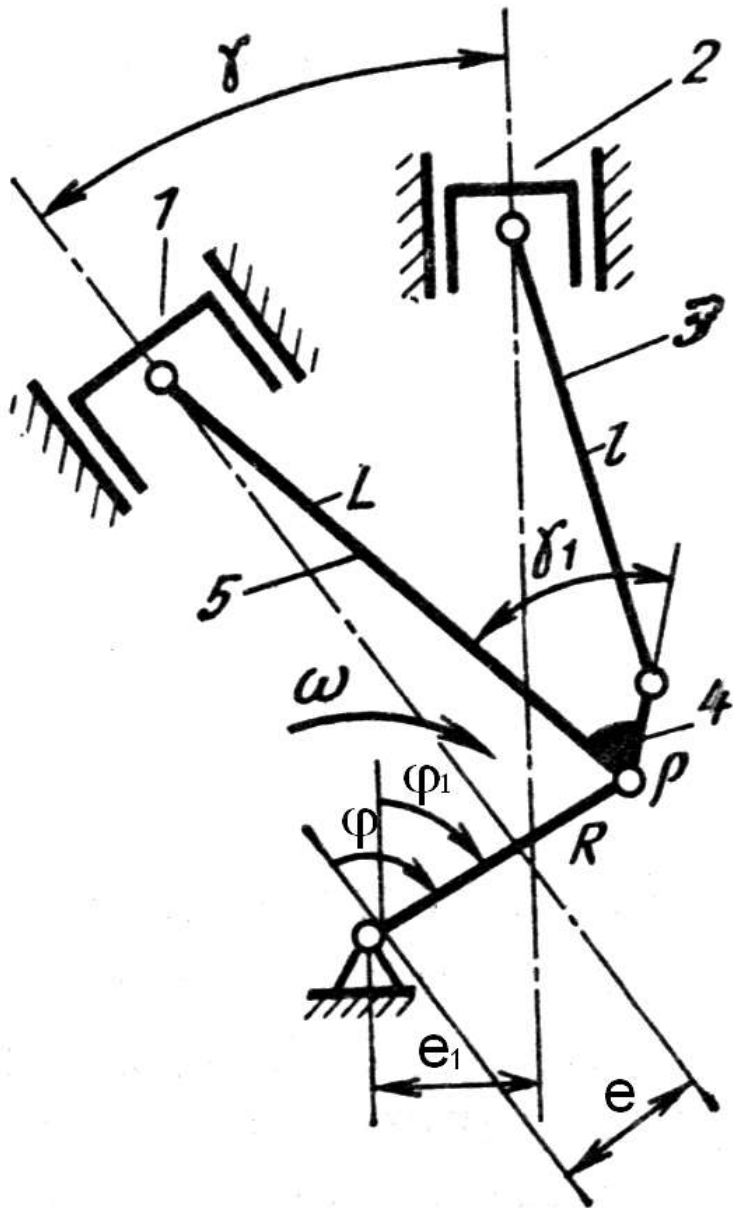
Если ось коленчатого вала смещена на некоторое расстояние e относительно оси верхней головки шатуна, механизм называется дезаксиальным



Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм:
а) — со смещением оси коленчатого вала;
б) — со смещением оси верхней головки

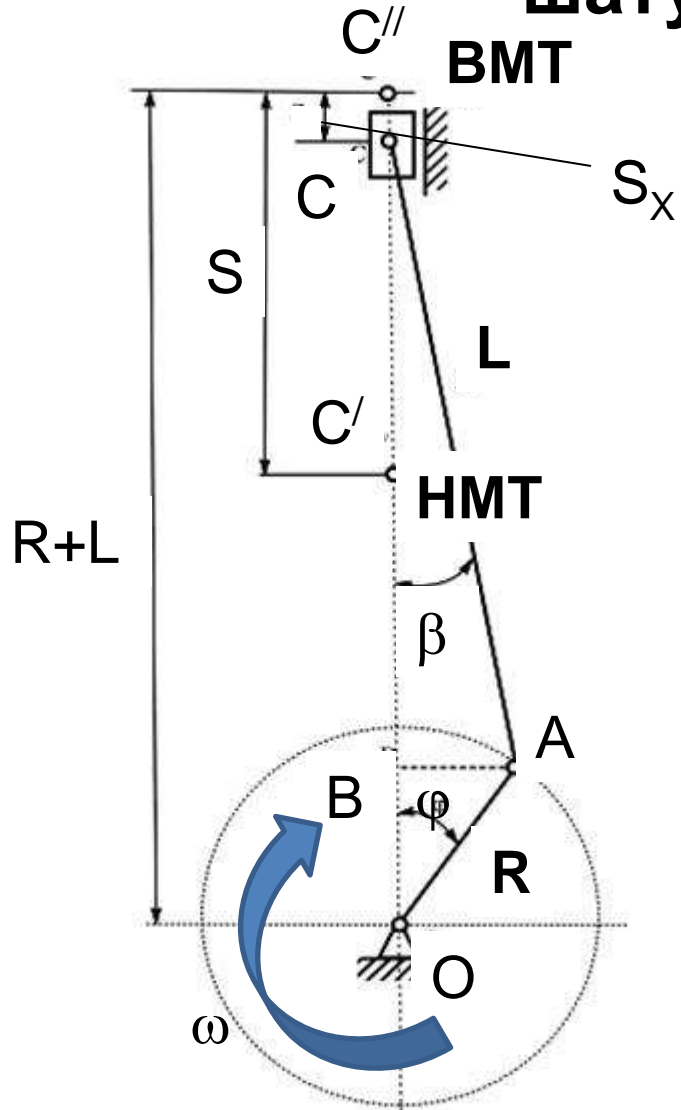
$$e \leq 0,1S$$

КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА



Кривошипно-шатунный механизм с прицепным шатуном:
1 — главный цилиндр; 2 — боковой цилиндр; 3 — прицепной шатун; 4 — прицеп; 5 — главный шатун; γ — угол развала цилиндров; γ_1 — угол ответвления прицепного шатуна; φ — текущее значение угла поворота кривошипа, отсчитываемого от оси главного цилиндра; φ_1 — текущее значение угла поворота кривошипа относительно оси цилиндра прицепного шатуна, r — расстояние от оси шатунной головки кривошипа до оси пальца прицепного шатуна.

Кинематика центрального кривошипно-шатунного механизма



φ — угол поворота кривошипа коленчатого вала, отсчитываемый от оси цилиндра в направлении вращения коленчатого вала по часовой стрелке

β — угол отклонения стержня шатуна от оси цилиндра в плоскости его качания.

ω — угловая скорость вращения коленчатого вала

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

Радиус кривошипа R и длина шатуна L связаны между собой безразмерным параметром — постоянной кривошипно-шатунного механизма

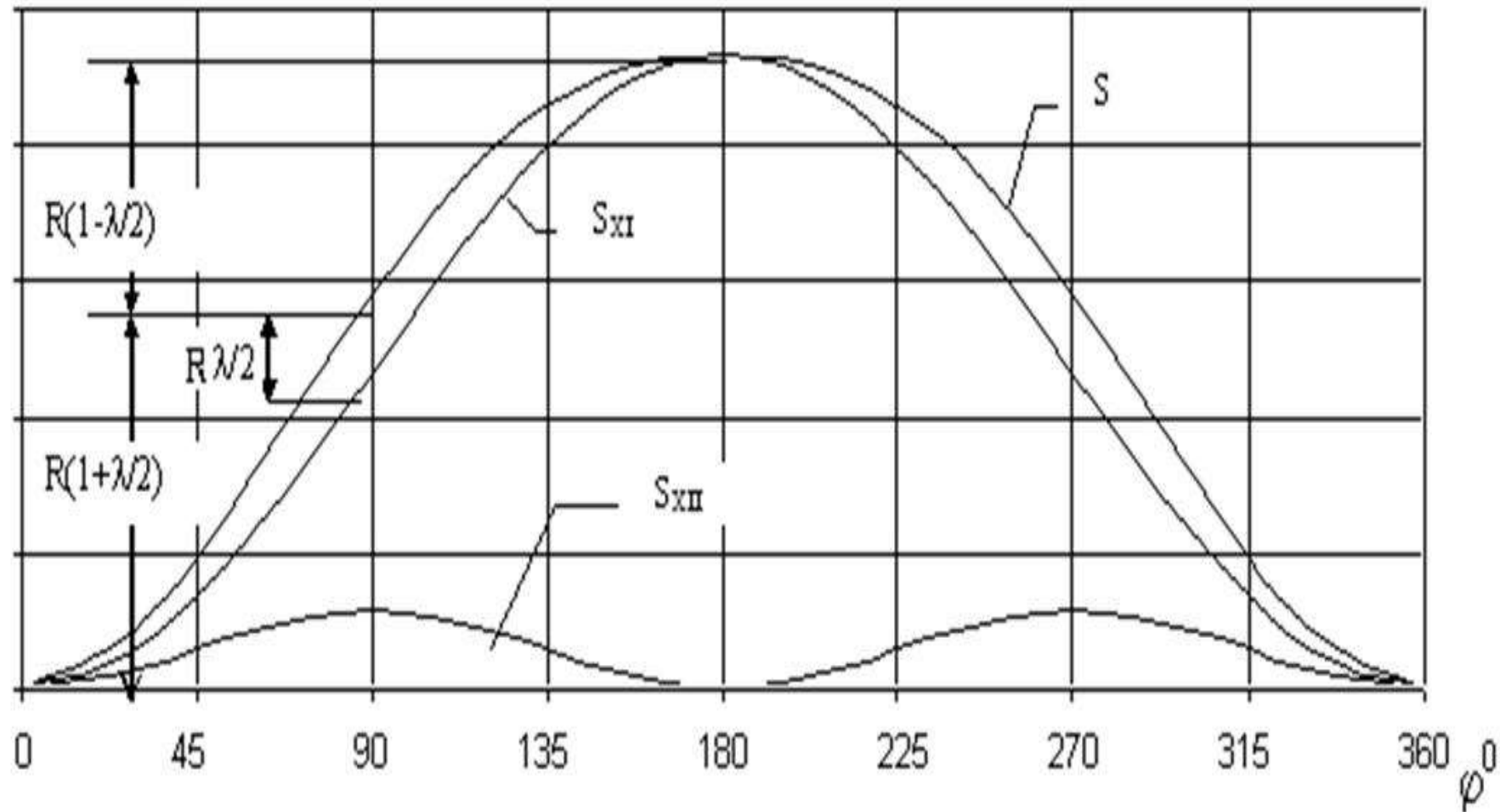
$$\lambda = \frac{R}{L} = 0,238 \dots 0,313$$

График перемещения поршня:

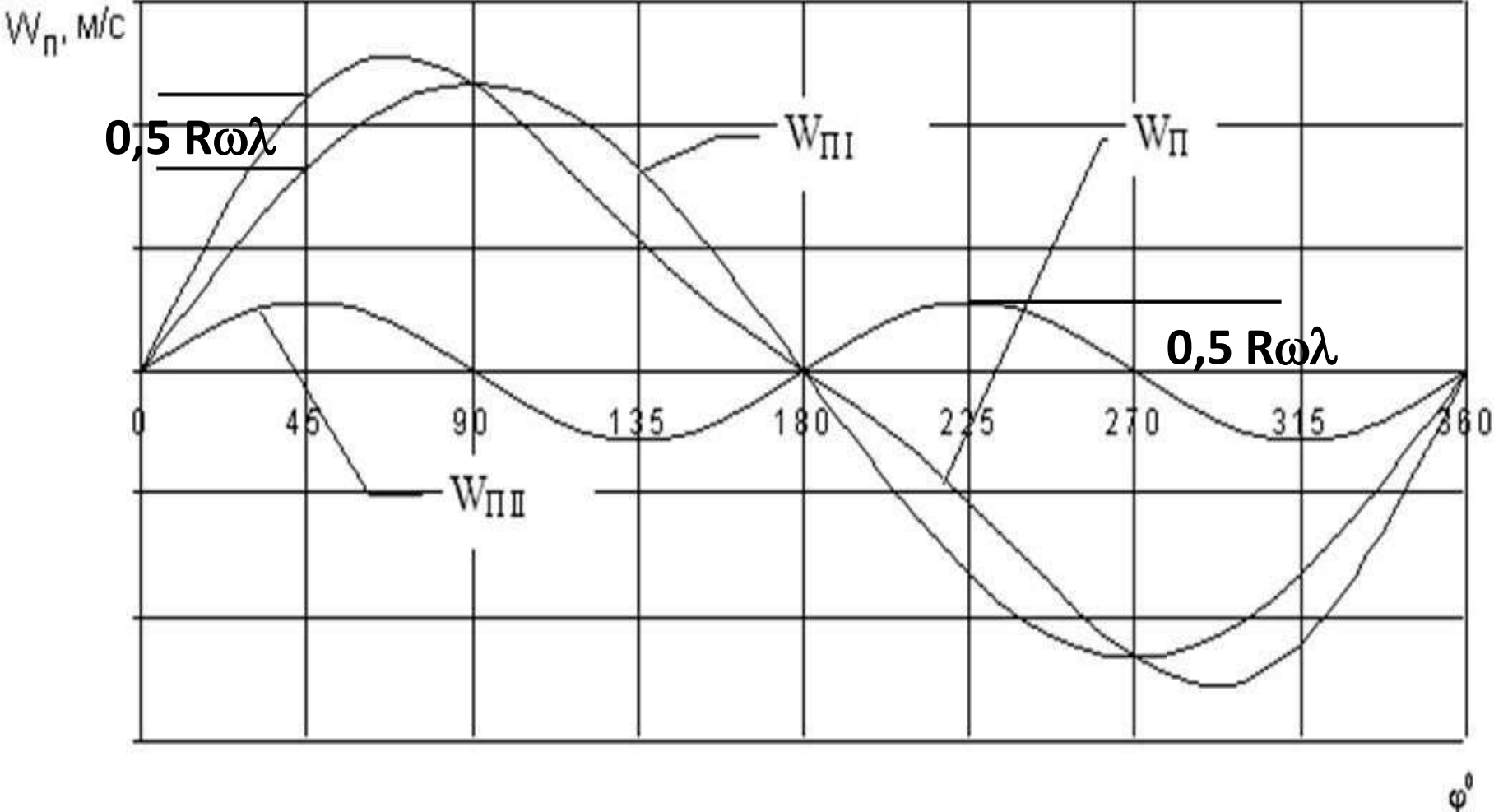
S_{xI} — перемещение поршня первого порядка;

S_{xII} — перемещение поршня второго порядка

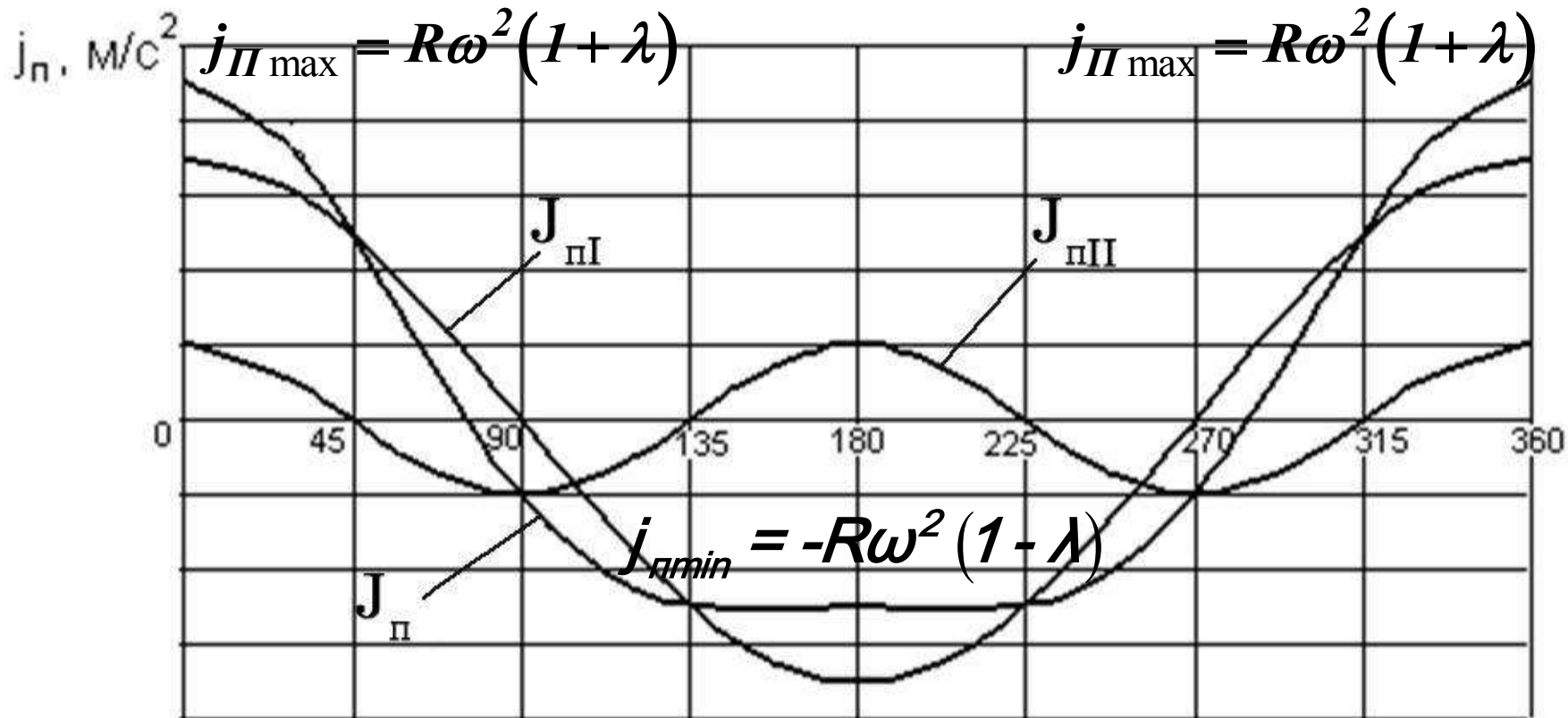
$$S_{xI} = R(1 - \cos \varphi) \quad S_{xII} = R \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\varphi)$$



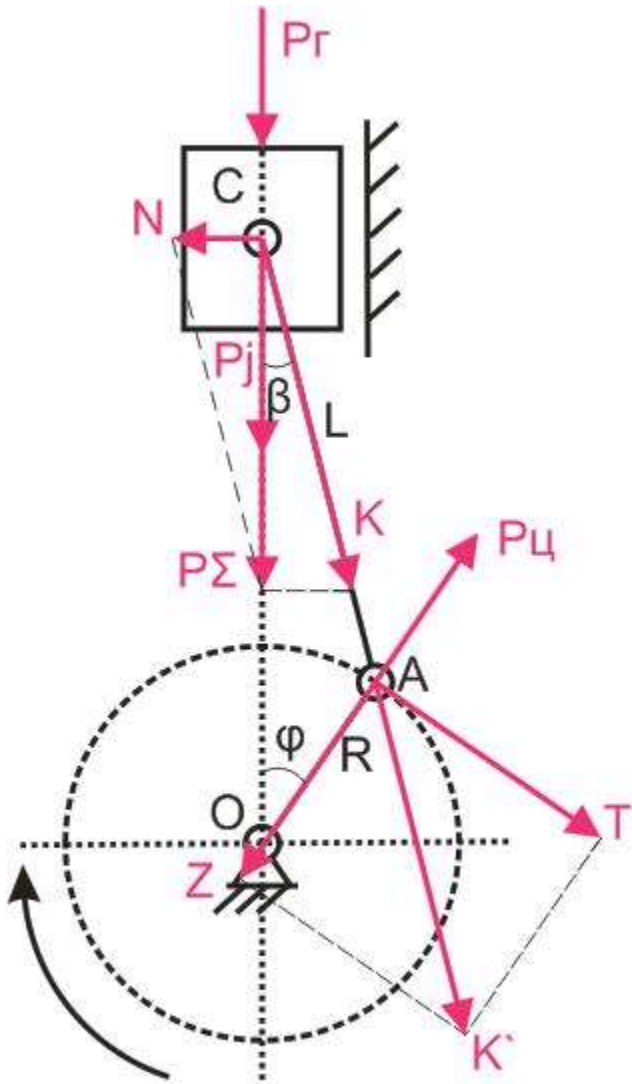
Скорость поршня



Ускорение поршня



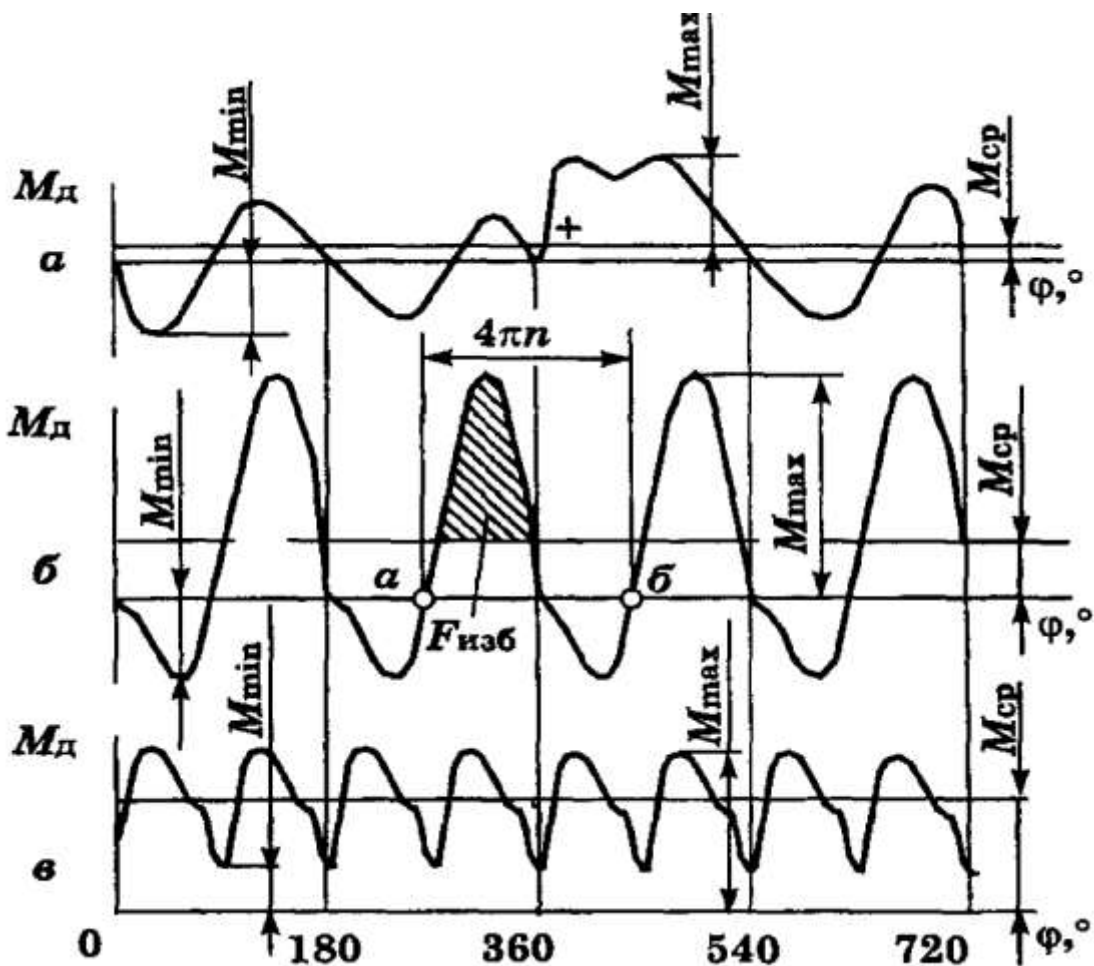
Силы, действующие в КШМ



Неравномерность крутящего момента и частоты вращения двигателя.

Коэффициент неравномерности крутящего момента

$$\mu = \frac{M_{K_i \max} - M_{K_i \min}}{M_{K_{CP}}}$$



Изменение крутящего момента в зависимости от угла поворота коленчатого вала для двигателей с различным числом цилиндров: а – $i=1$; б – $i=4$; в – $i=8$

$$M_{K_{CP}} = m_m F / l$$

m_m – масштаб момента.

Неравномерность крутящего момента и частоты вращения двигателя.

Коэффициент неравномерности крутящего момента

$$\mu = \frac{M_{K_i \max} - M_{K_i \min}}{M_{K_{CP}}}$$

$$M_{K_{CP}} = \frac{1}{\Theta} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M_{K_i} d\varphi$$

Среднее значение суммарного индикаторного крутящего момента многоцилиндрового двигателя

$$\sum M_{K_{iCP}} = iM_{K_{CP}}$$

В одноцилиндровом двигателе $\mu=11,8$, при $i=12$ – $\mu=0,275$.

Уравновешивание двигателей

Условие полной уравновешенности ДВС

$$\sum P_{jI} = \sum_{i=1}^n m_j R \omega^2 \cos \varphi = 0$$

$$\sum P_{jII} = \sum_{i=1}^n m_j R \omega^2 \lambda \cos 2\varphi = 0$$

$$\sum P_{\psi} = \sum_{i=1}^n m_{\psi} R \omega^2 = 0$$

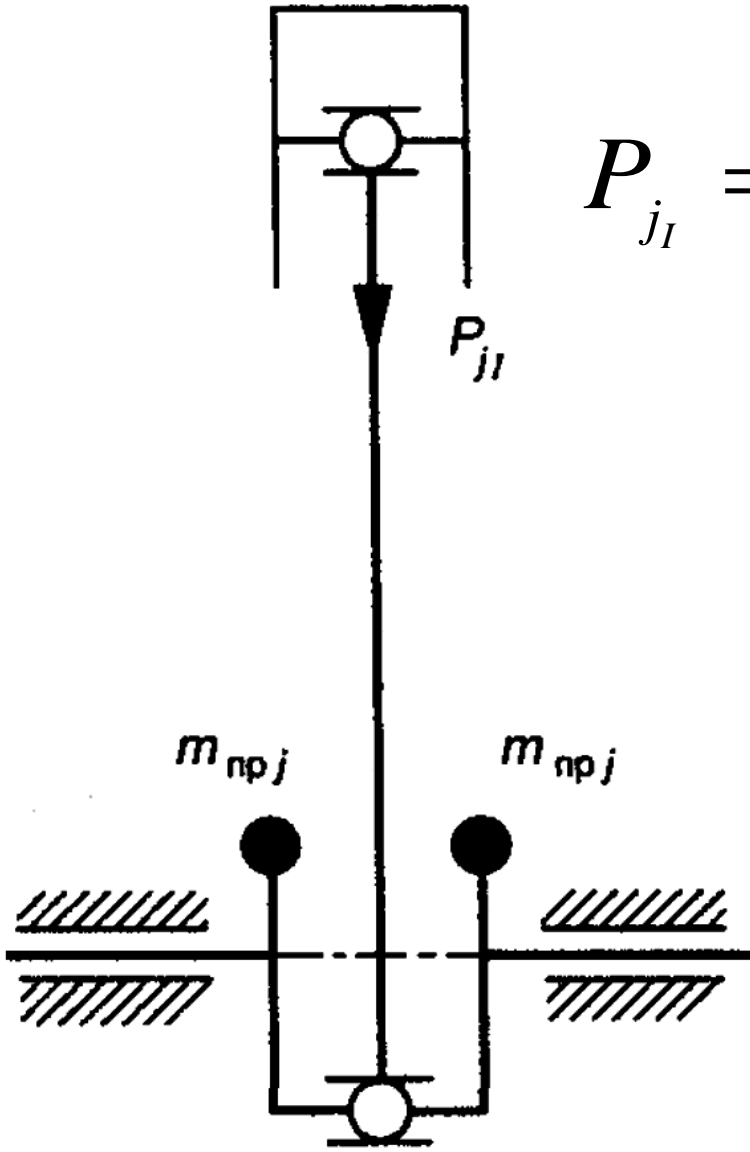
$$\sum M_{jI} = \sum P_{jI} L_{\psi}$$

$$\sum M_{jII} = \sum P_{jII} L_{\psi}$$

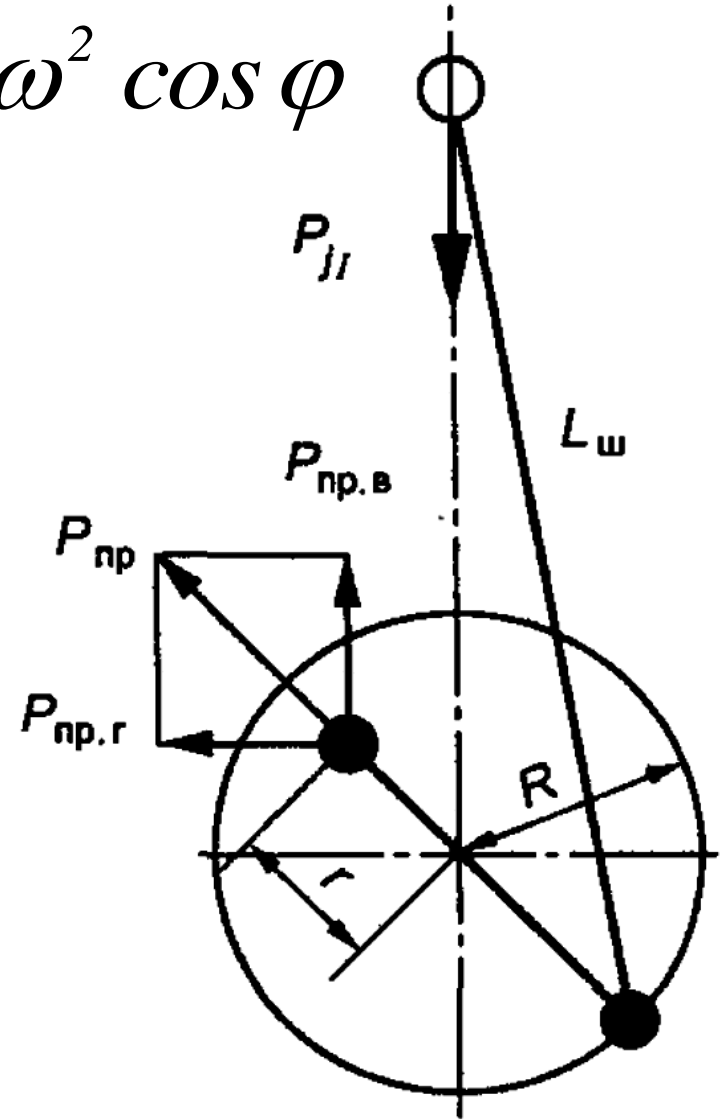
$$\sum M_{\psi} = \sum P_{\psi} L_{\psi}$$

где L_{ψ} — расстояние между осями цилиндров,
 $i=1 \dots n$ — число цилиндров,
 m_j и m_R — неуравновешанные массы поступательно движущихся и вращающихся частей КШМ одного цилиндра.

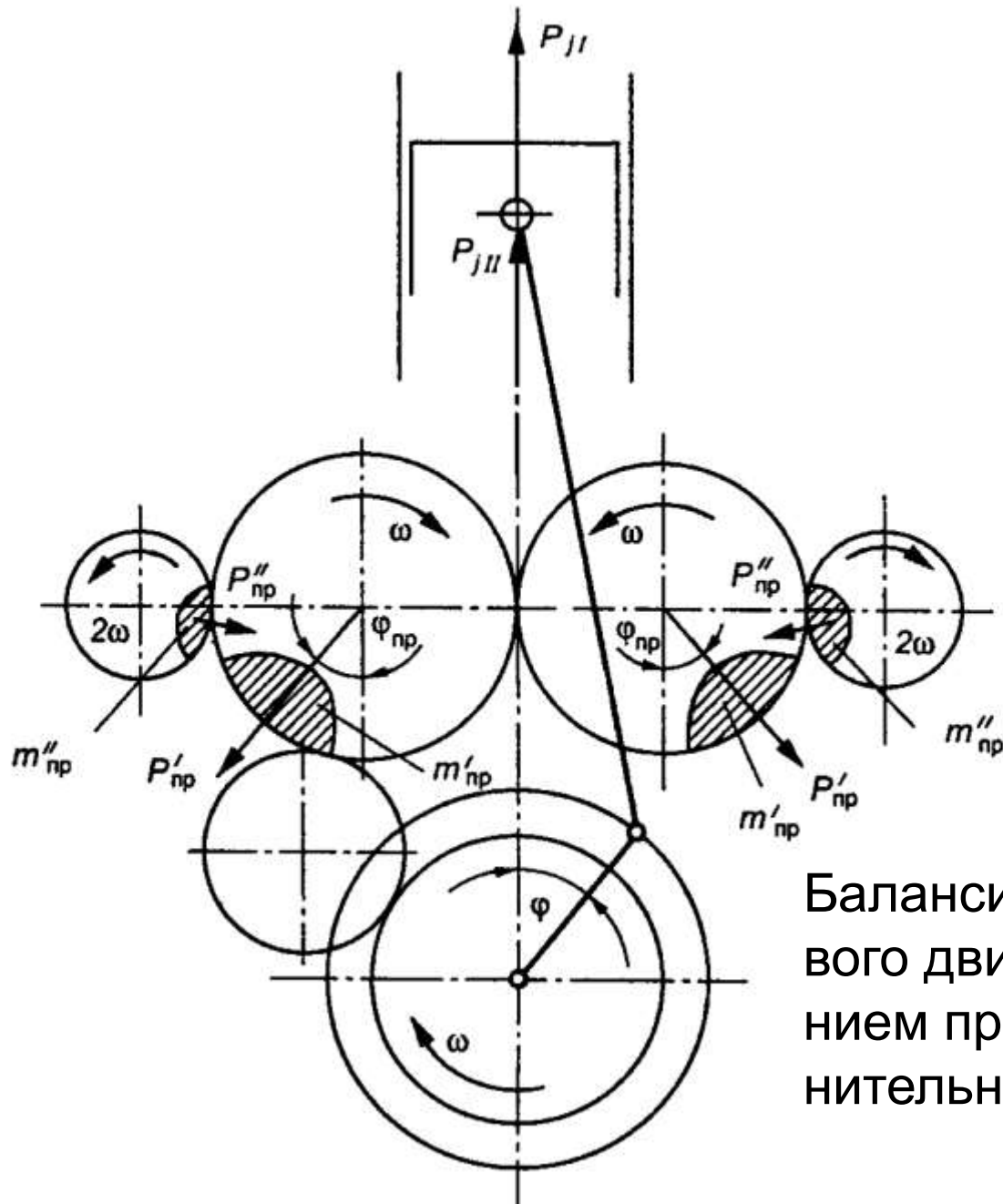
Уравновешивание одноцилиндрового двигателя



$$P_{jI} = -m_j R \omega^2 \cos \varphi$$

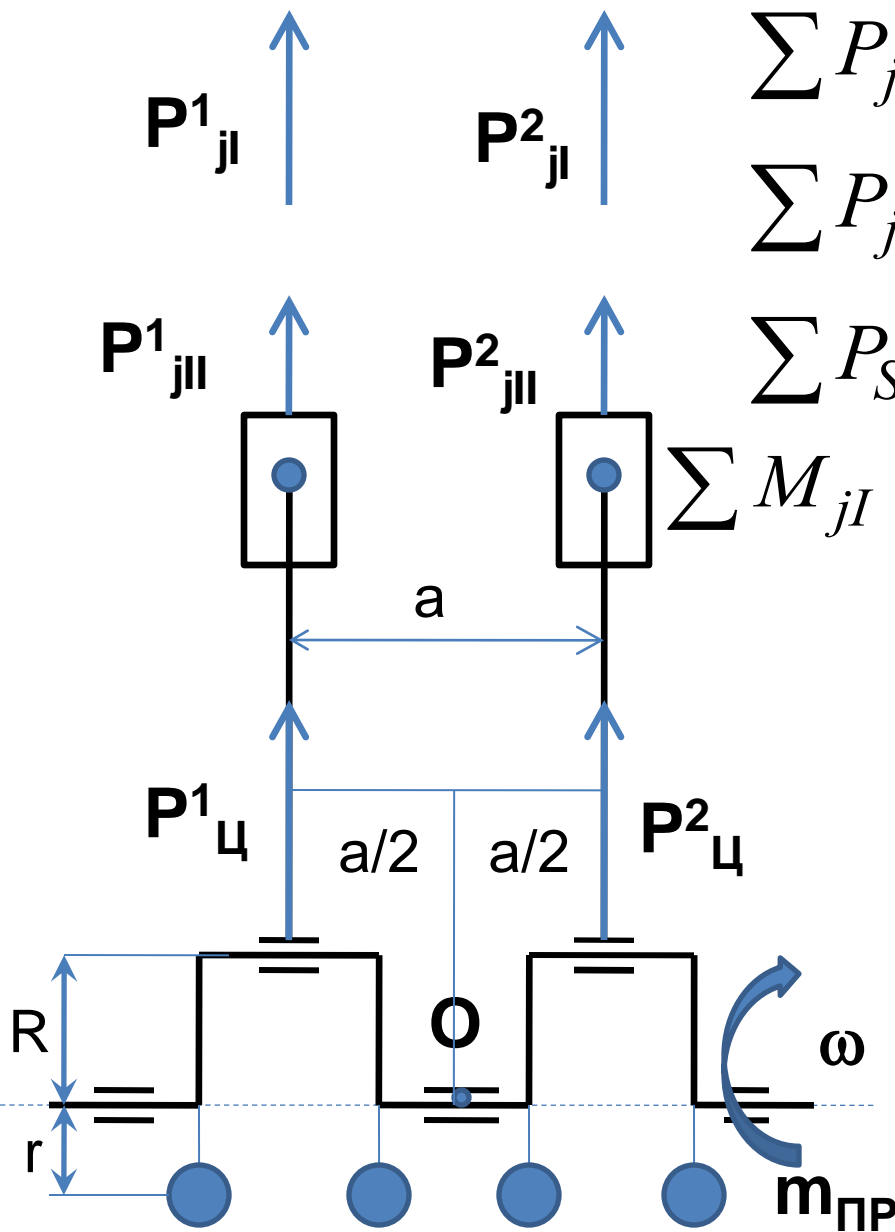


Уравновешивание одноцилиндрового двигателя



Балансировка одноцилиндрового двигателя с использованием противовесов на дополнительных валах

Уравновешивание однорядного двухцилиндрового двигателя



$$\sum P_{jI} = 2P_{jI} = 2m_j R \omega^2 \cos \varphi$$

$$\sum P_{jII} = 2P_{jII} = -2m_j R \omega^2 \lambda \cos 2\varphi$$

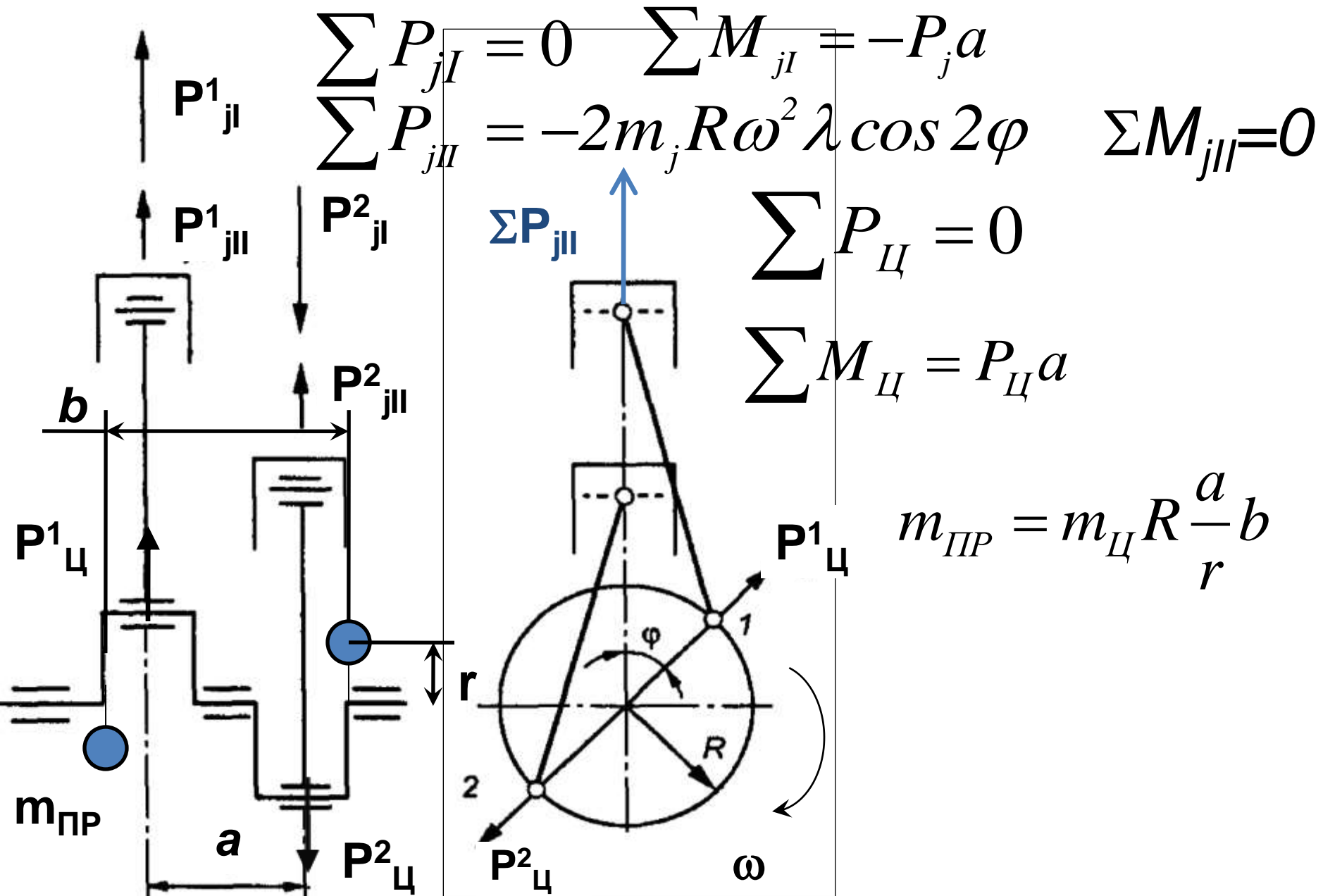
$$\sum P_S = 2P_S = 2m_S R \omega^2$$

$$\sum M_{jI} = 0; \quad \sum M_{jII} = 0; \quad \sum M_S = 0$$

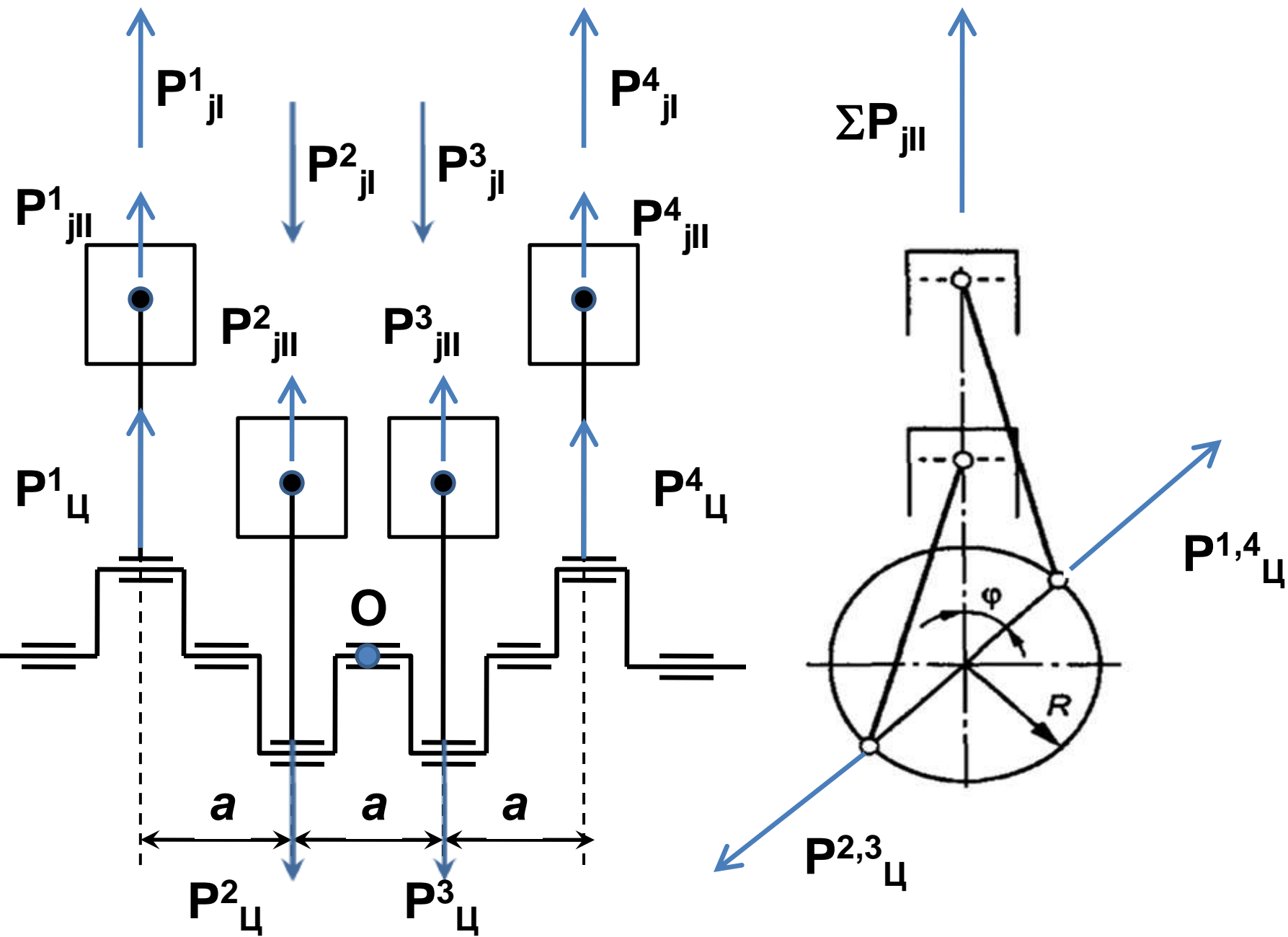
$$4m_{np} r \omega^2 = -2m_{ц} R \omega^2,$$

$$m_{np} = \frac{1}{2} m_{ц} \frac{R}{r}$$

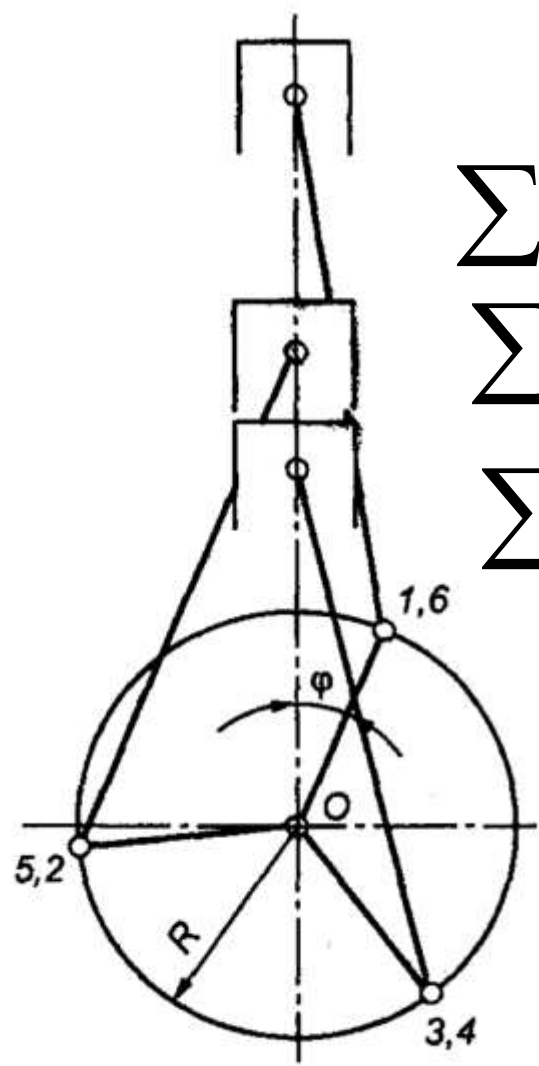
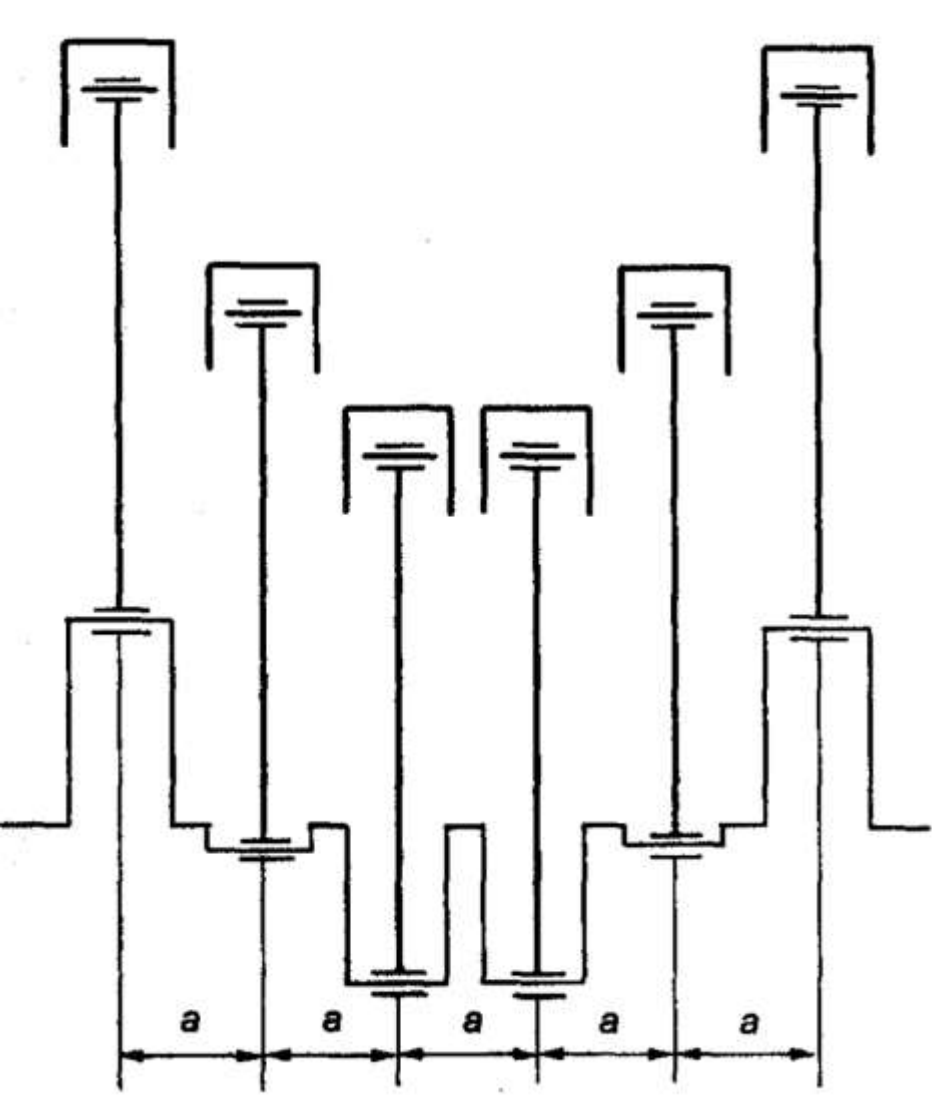
Уравновешивание однорядного двухцилиндрового двигателя



Уравновешивание рядного 4-х цилиндрового ДВС



Уравновешивание четырехтактного рядного шестицилиндрового двигателя



1-5-3-6-2-4

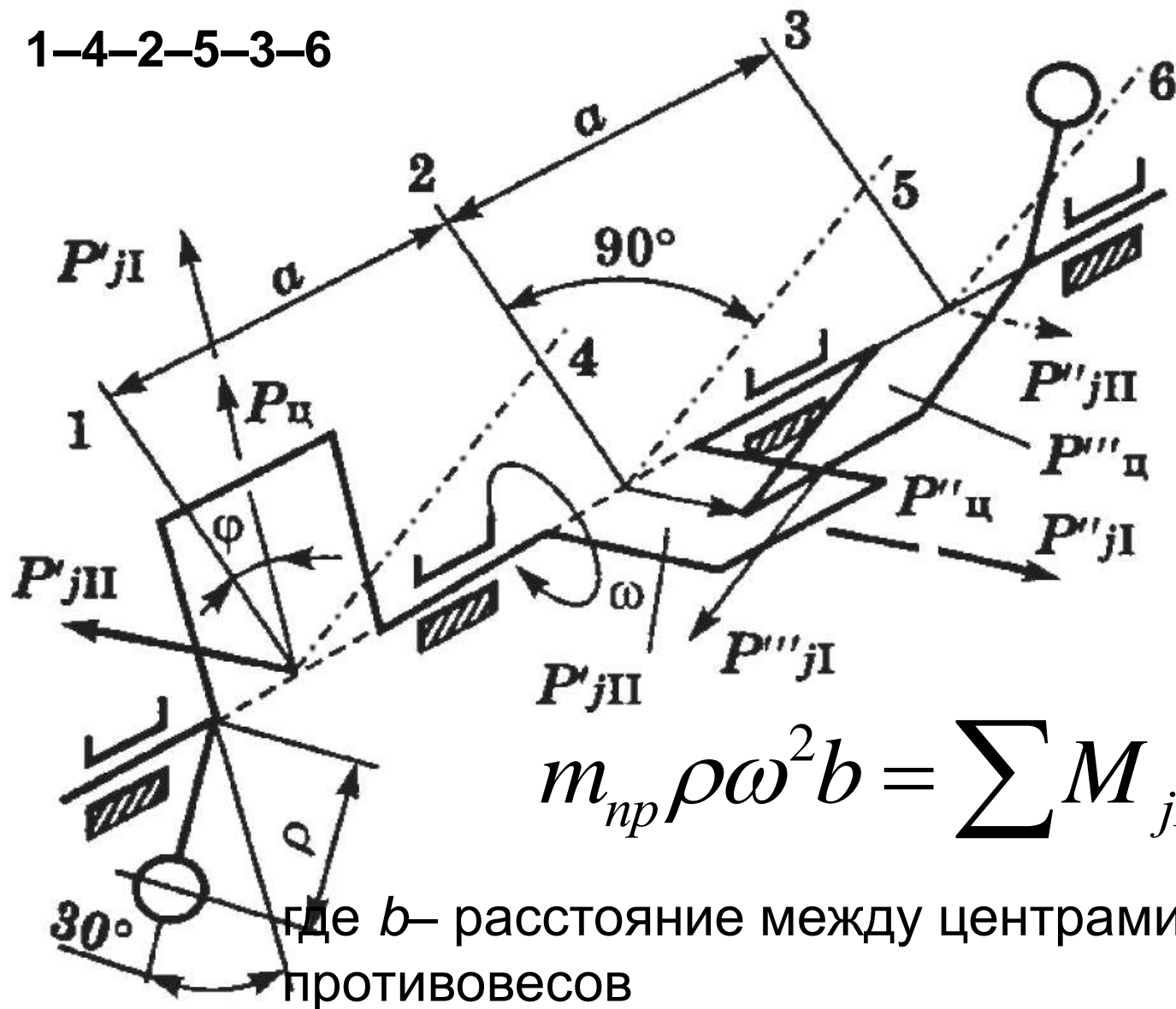
$$\sum P_{jI} = 0$$

$$\sum P_{jII} = 0$$

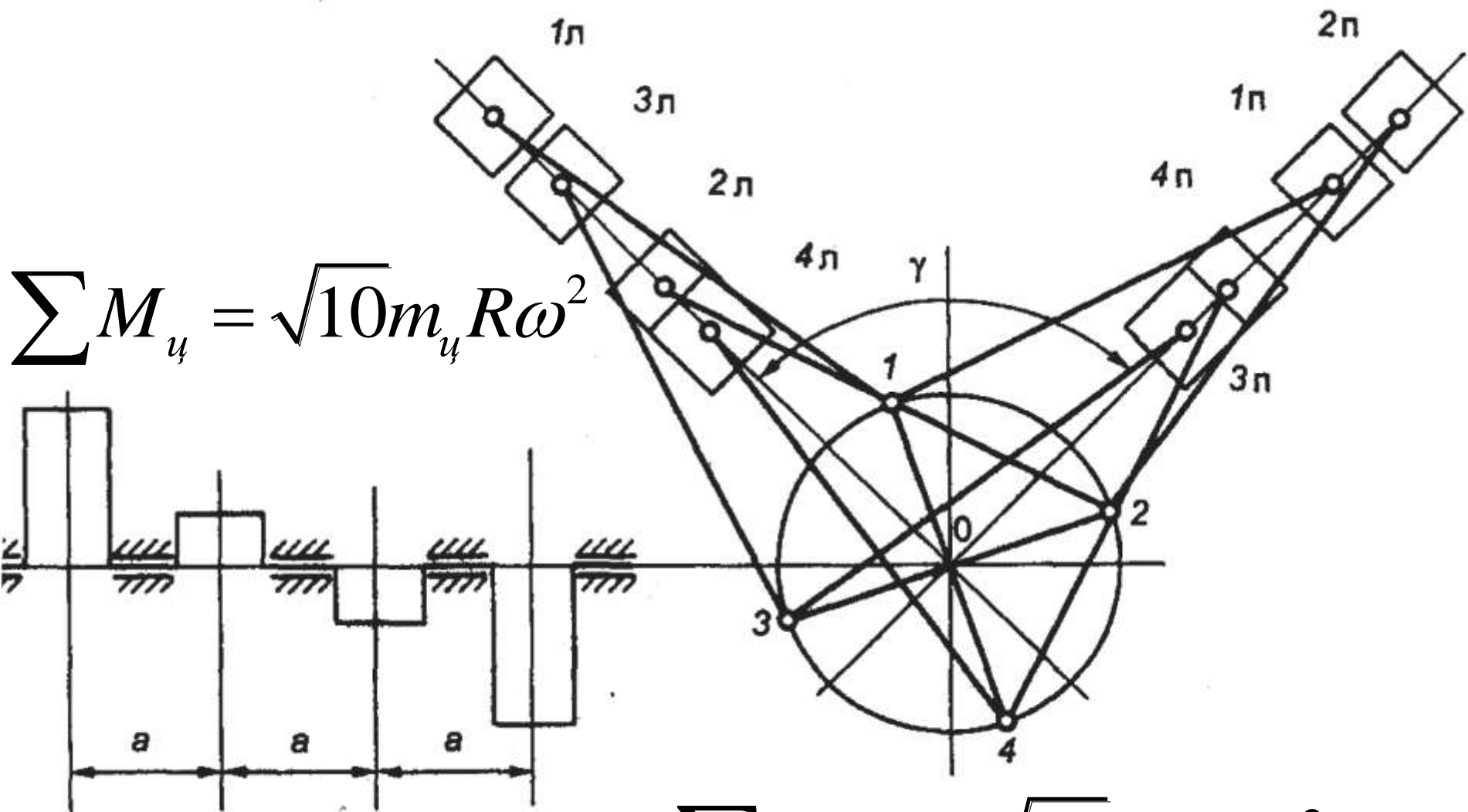
$$\sum P_{II} = 0$$

$$\sum M_{jI} = 0; \quad \sum M_{jII} = 0; \quad \sum M_S = 0$$

Уравновешивание четырехтактного V-образного шестицилиндрового двигателя



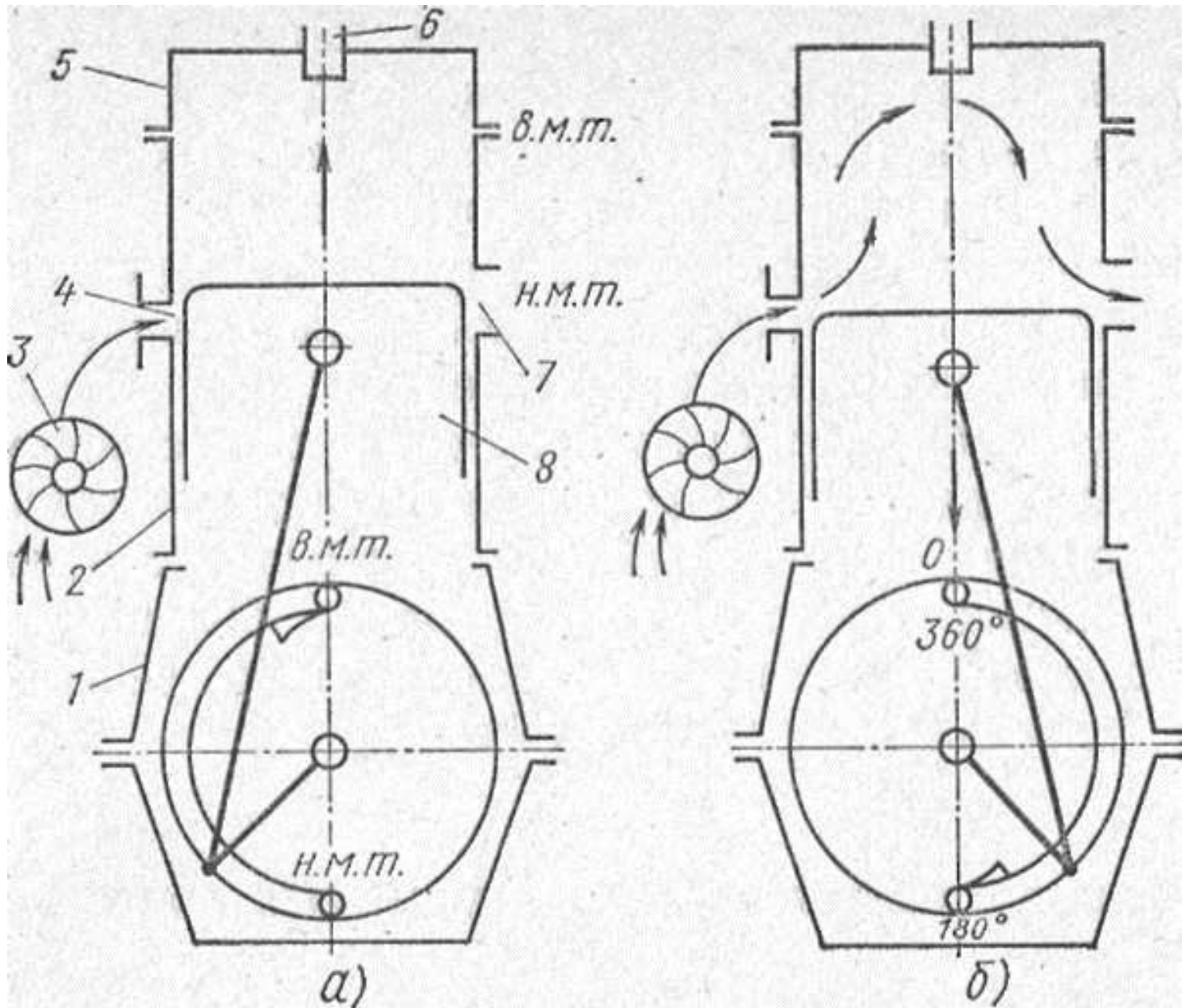
Уравновешивание четырехтактного V-образного восьмицилиндрового двигателя

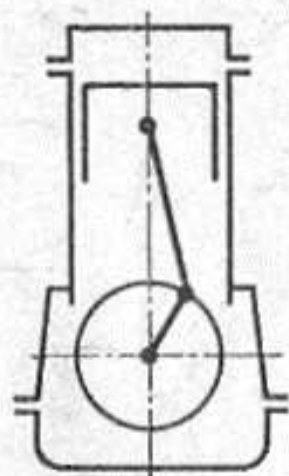


$$\sum M_{ц} = \sqrt{10} m_{ц} R \omega^2$$

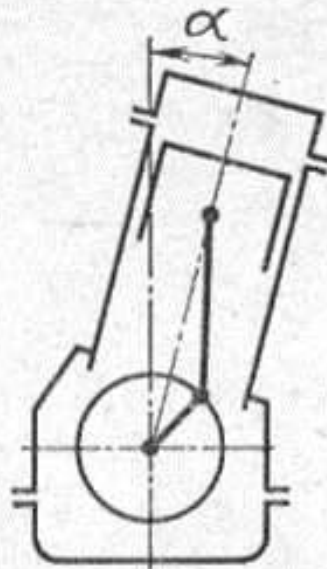
$$\sum M_{jI} = \sqrt{10} m_j R \omega^2$$

Анализ работы и основы расчета механизмов двигателя

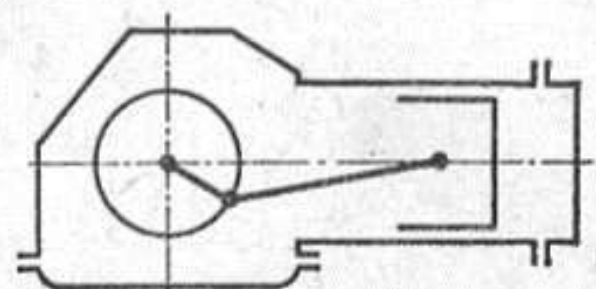




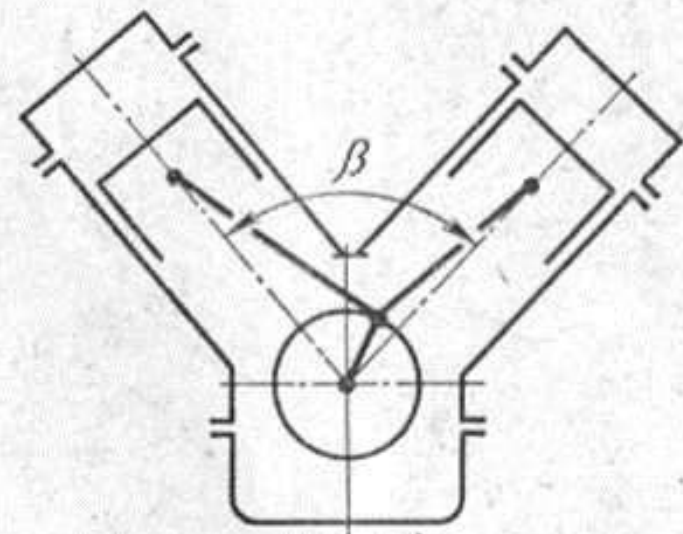
a)



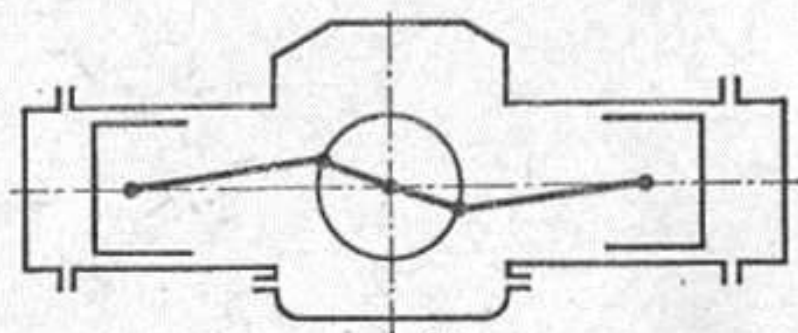
b)



b)



2)



d)

