



Силовые агрегаты

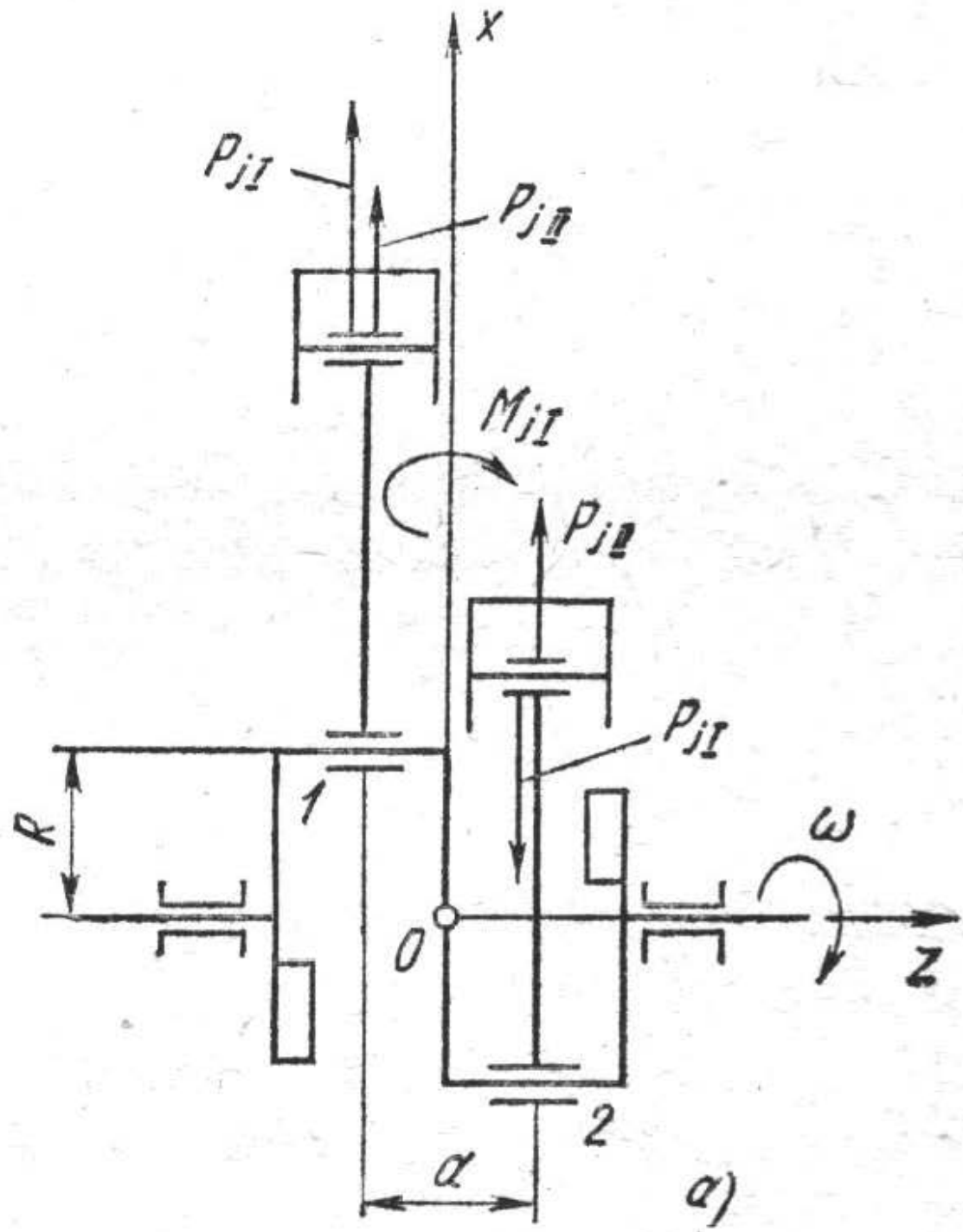
Лекция 18



Уравновешивание двигателей

2. Однорядный двухцилиндровый двигатель

Коленчатый вал этого двигателя имеет колена, расположенные под углом 180° , уравновешенные противовесами.



Силы инерции первого порядка для первого и второго цилиндров уравновешиваются, так как они равны и противоположны.

Однако они дают неуравновешенный момент, действующую в плоскости осей цилиндров.

$$M_{J_1} = -a m_J R \omega^2 \cos \varphi$$

Силы инерции второго порядка для первого и второго цилиндров P_{J2} равны, одинаково направлены и имеют равнодействующую

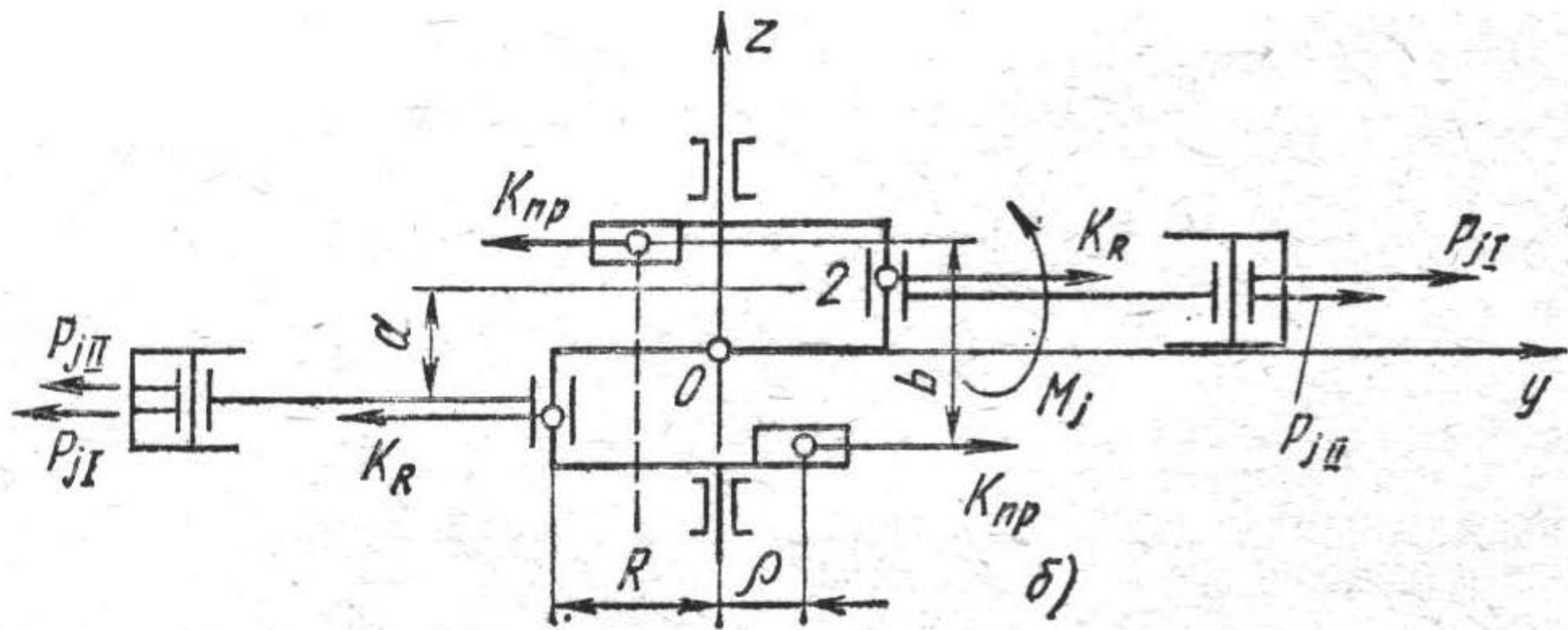
$$\Sigma P_{J2} = 2 \lambda m_J R \omega^2 \cos 2\varphi$$

Момент от сил инерции второго порядка равен нулю.



3. Двухцилиндровый четырёхтактный двигатель с противолежащими цилиндрами

В таком двигателе применяется двухколенный вал с углом между коленами 180° , уравновешенный противовесами.



Силы инерции первого и второго порядков для первого цилиндра равны соответствующим силам инерции второго цилиндра, но направлены всегда в противоположную сторону. Следовательно, результирующие их равны нулю. Так как оси цилиндров параллельны, то силы дают пару, действующую в плоскости осей цилиндров, момент которой не уравновешен:

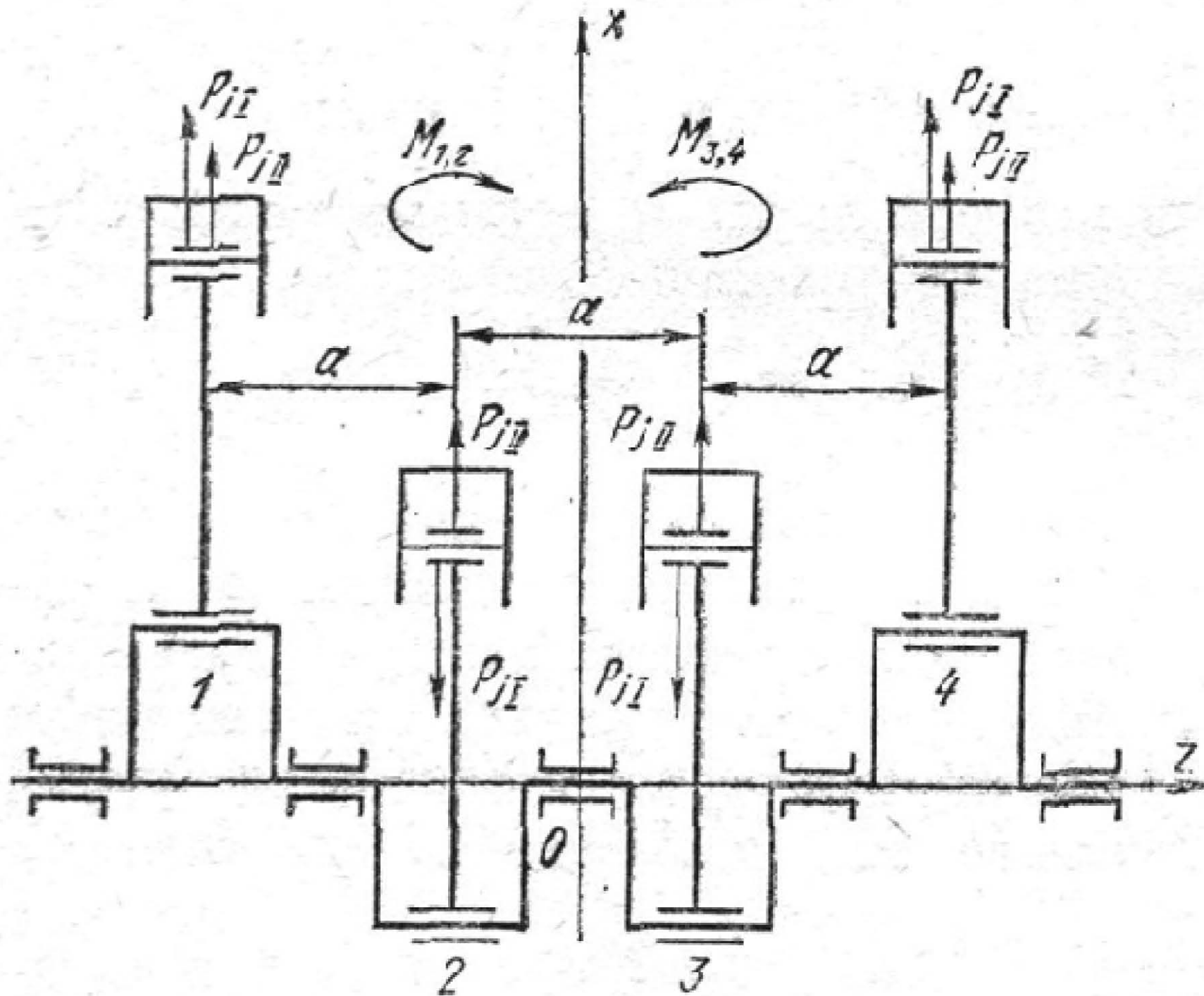
$$M_J = M_{J_1} + M_{J_2} =$$

$$= a m_J R \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$$



4. Однорядный четырёхцилиндровый четырёхтактный двигатель

Коленчатый вал такого двигателя имеет колена, расположенные под углом 180° . Вал уравновешен, т.е. $K_R = 0$ и $M_R = 0$.



Силы инерции первого порядка для первого и четвертого цилиндров:

$$P_{J_1} = m_J R \omega^2 \cos \varphi$$

а для второго и третьего цилиндров:

$$\begin{aligned} P_{J_1} &= m_J R \omega^2 \cos(180 + \varphi) = \\ &= -m_J R \omega^2 \cos \varphi \end{aligned}$$

Следовательно их равнодействующая равна нулю. Вследствие симметричного действия этих сил относительно середины вала, момент $M_{J_1} = 0$.

Силы инерции второго порядка для первого и четвертого цилиндров:

$$P_{J_2} = \lambda m_J R \omega^2 \cos 2\varphi$$

а для второго и третьего цилиндров:

$$\begin{aligned} P_{J_2} &= \lambda m_J R \omega^2 \cos 2(180 + \varphi) = \\ &= \lambda m_J R \omega^2 \cos 2\varphi \end{aligned}$$

Следовательно, все эти силы равны и всегда направлены одинаково. Их равнодействующая:

$$\Sigma P_{J_2} = 4 \lambda m_J R \omega^2 \cos 2\varphi$$

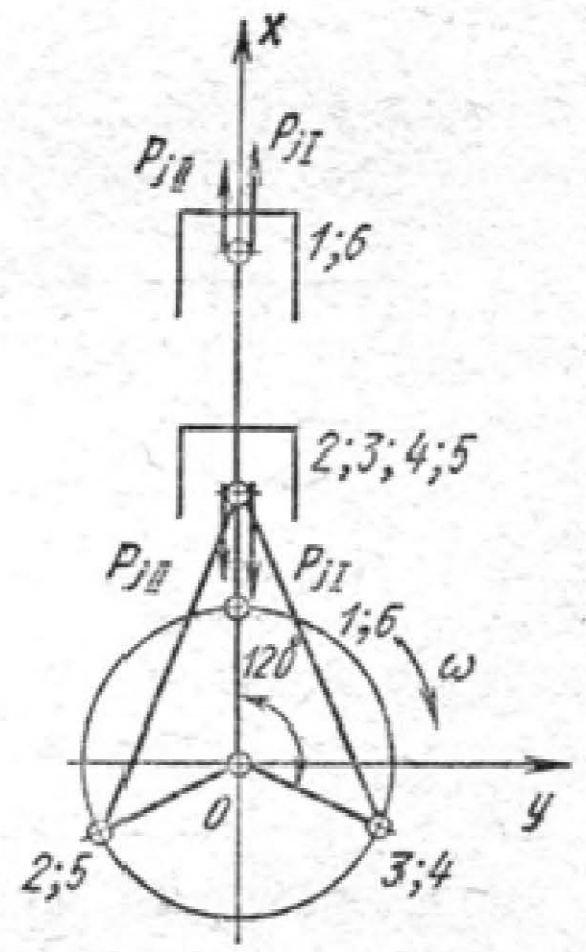
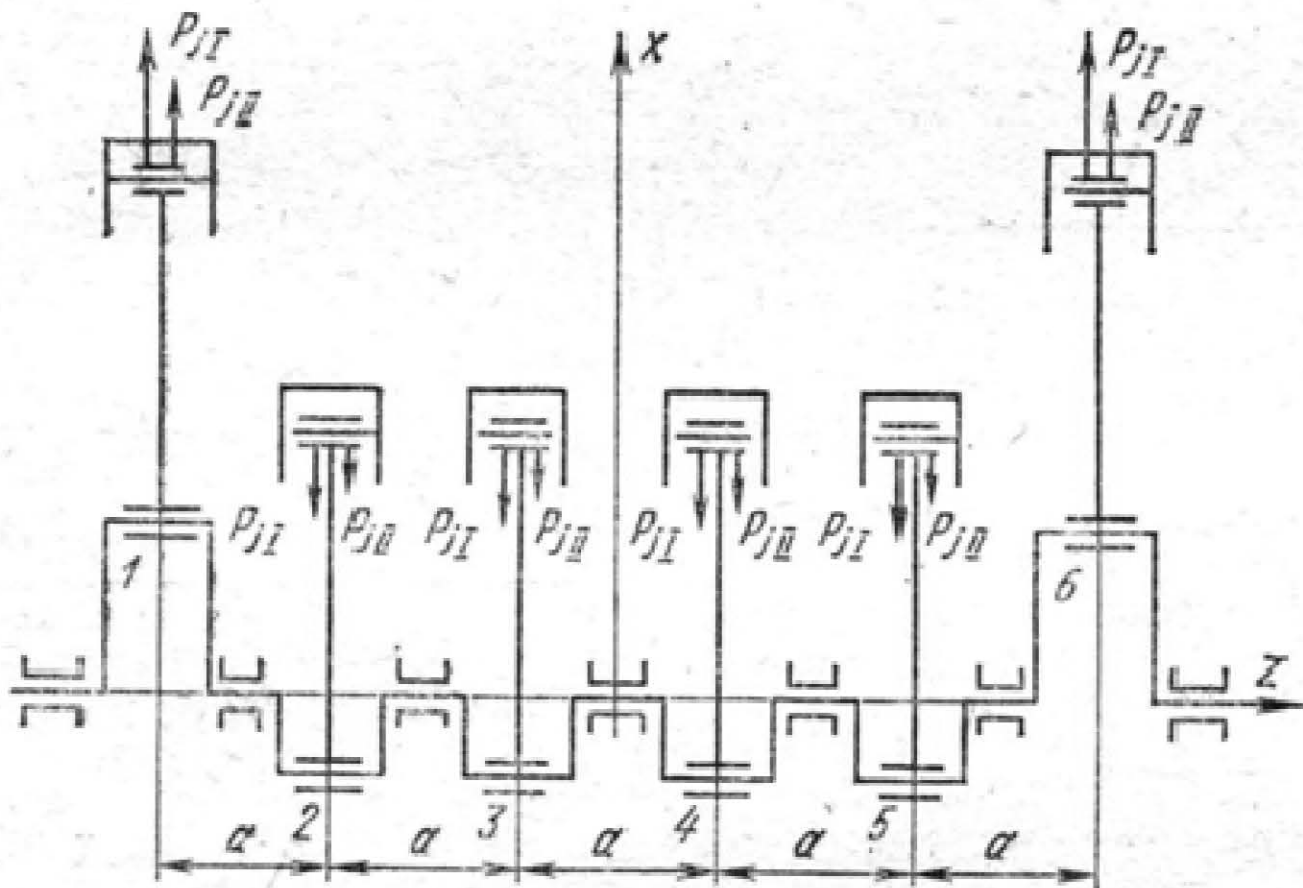
Момент сил инерции второго порядка
 $M_{J_2} = 0$.

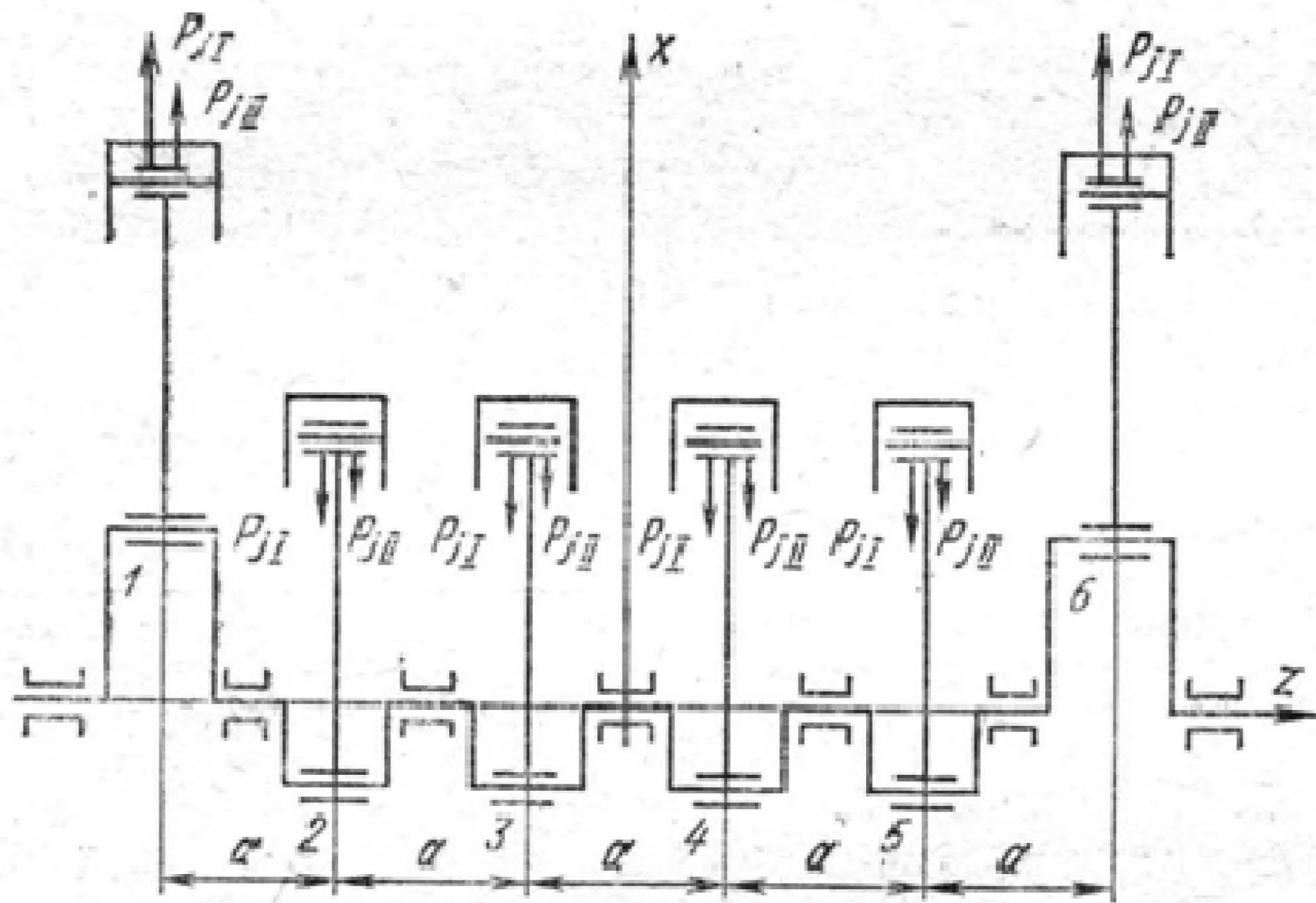


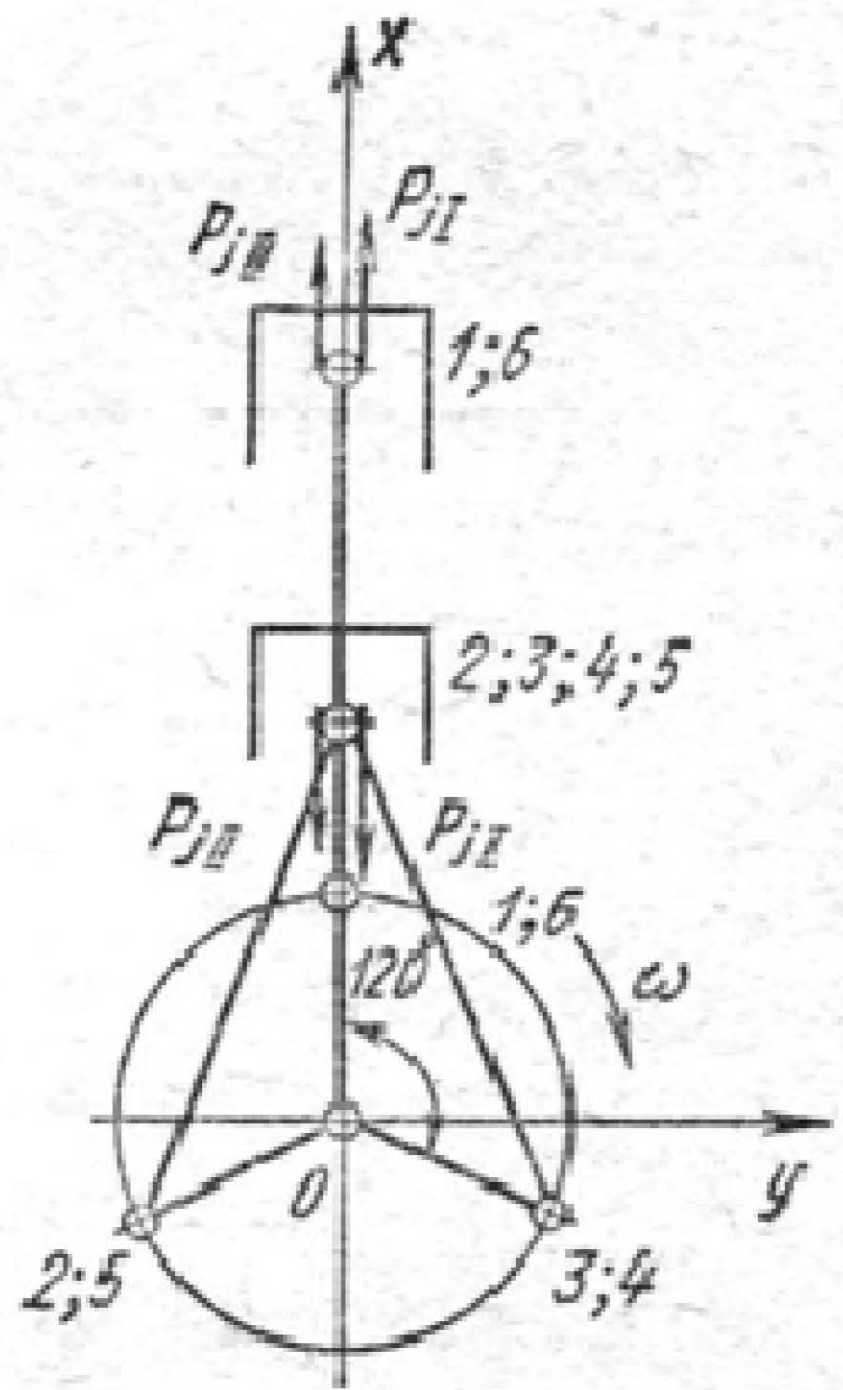
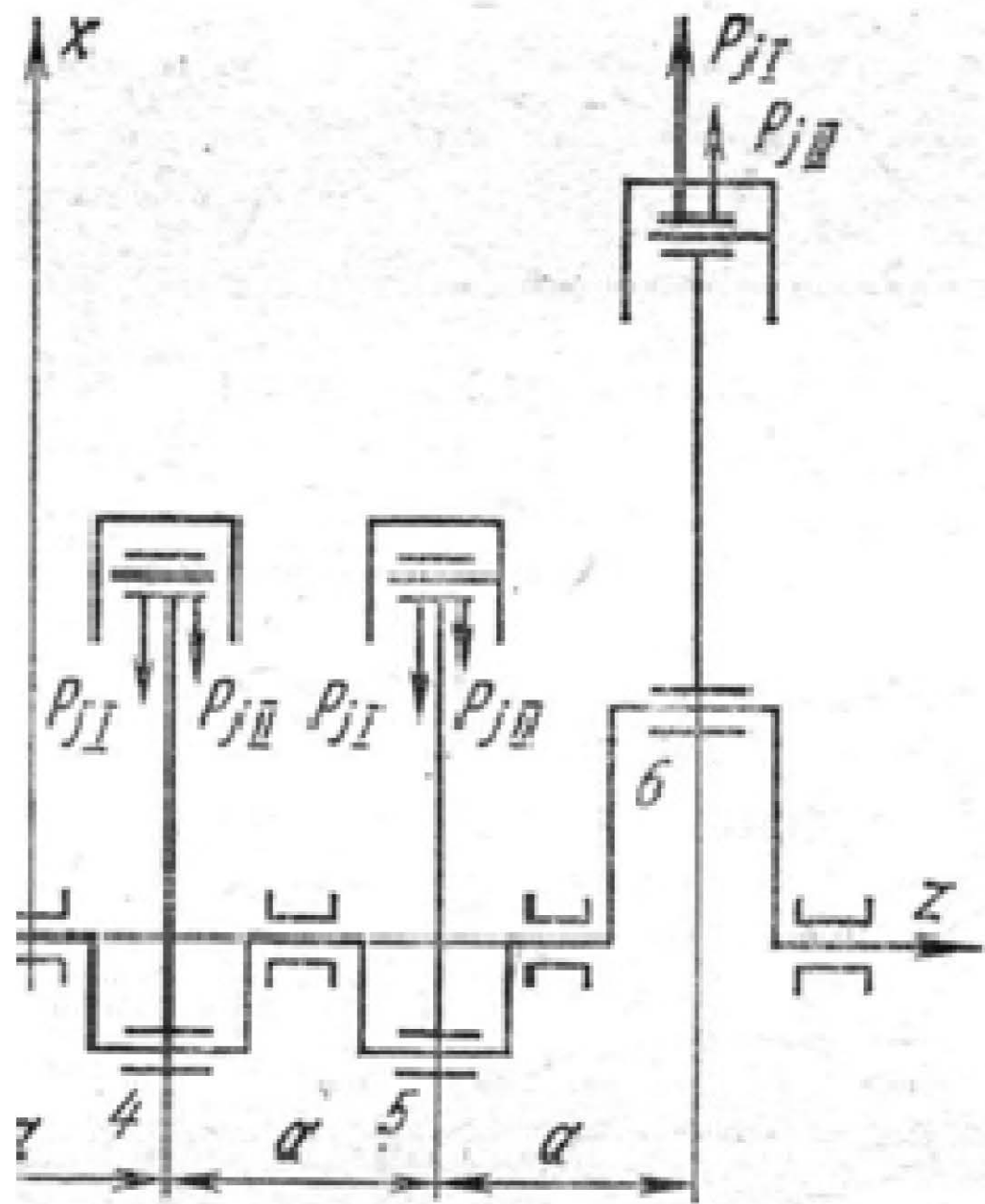
5. Однорядный шестицилиндровый четырехтактный двигатель

Коленчатый вал двигателя имеет колена, расположенные под углом 120° . Вал уравновешен.

Равнодействующие сил инерции первого и второго порядков равны нулю.







Вследствие зеркального расположения колен вала силы инерции не будут создавать никаких продольных моментов,

т. е. $M_{J1} = 0$ и $M_{J2} = 0$.

▶ ▶ **Неравномерность хода двигателя**

Даже при установившемся режиме работы двигателя угловая скорость вала не остается постоянной, а периодически изменяется.

Основной причиной периодического изменения угловой скорости вала является неравномерность крутящего момента, обусловленная периодичностью рабочего процесса и кинематическими свойствами кривошипно-шатунного механизма.

Неравномерный крутящий момент при постоянном среднем моменте сопротивления (постоянной полезной нагрузке) вызывает соответствующую неравномерность хода (вращения вала) двигателя.

Для суждения о степени равномерности изменения суммарного крутящего момента двигателя обычно пользуются коэффициентом неравномерности крутящего момента:

$$\mu = \frac{M_{i \max} - M_{i \min}}{M_{i \text{ср}}}$$

Коэффициент μ меняется для одного и того же двигателя с изменением режима его работы. Неравномерность крутящего момента уменьшается с увеличением числа цилиндров двигателя

Колебание угловой скорости при установившемся режиме, т. е. равномерность вращения коленчатого вала двигателя, характеризуется коэффициентом неравномерности хода:

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{cp}}$$

Момент инерции маховика должен быть таким, чтобы обеспечивалась работа двигателя при минимальной устойчивой частоте вращения холостого хода, что и предопределяет допустимое наибольшее значение неравномерности хода.

Для автомобильных двигателей ориентировочно $\delta = 0,02 \dots 0,03$.



Расчетная скоростная характеристика двигателя

$$N_e = N_{\max} \frac{n}{n_{\max}} \left[A + C \frac{n}{n_{\max}} - \left(\frac{n}{n_{\max}} \right)^2 \right]$$

$$M_{\partial} = 9550 \frac{N_e}{n}$$

		A	C
Карбюраторный двигатель		1,00	1,00
Дизель	с неразделенной камерой сгорания	0,87	1,13
	с предкамерой	0,60	1,40
	с вихревой камерой	0,70	1,30

