

Уравновешивание сил инерции
с помощью противовеса

КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННЫЙ МЕХАНИЗМ - кривошипный механизм, в состав которого входит ползун - звено, образующее со стойкой (неподвижным звеном) поступательную кинематическую пару. Кривошипно-ползунный механизм преобразует вращательное движение в прямолинейно-поступательное или наоборот.

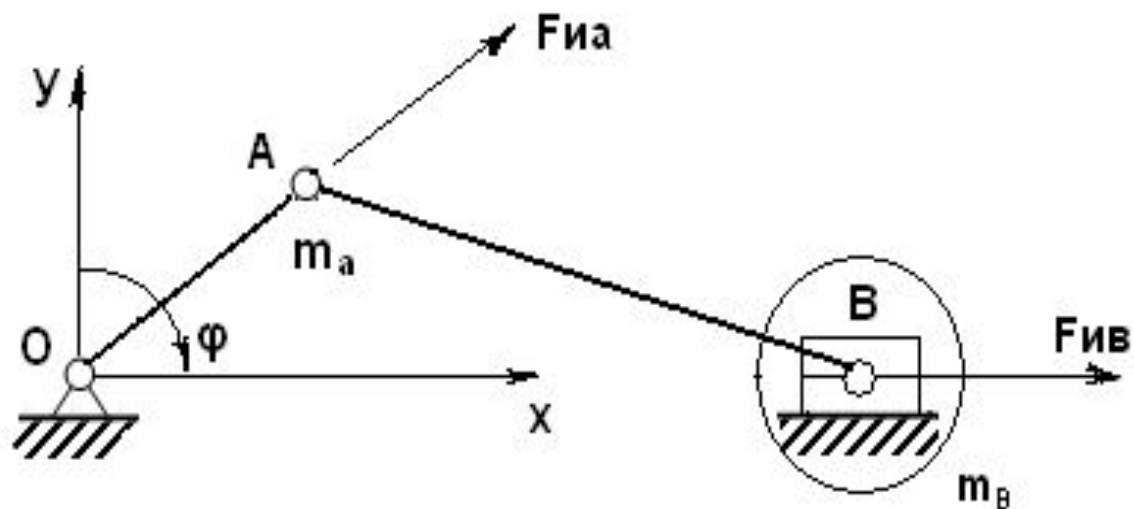
При движении и вращении деталей кривошипно-ползунного механизма возникают инерционные силы поступательно движущихся масс и центробежные силы вращающихся масс.

Уравновешивание двигателя заключается в создании такой системы сил при установившемся режиме работы, в которой равнодействующие сил и моментов были бы постоянны по значению и направлению или равны нулю.

На практике наиболее часто статическое уравновешивание проводят :

- 1)выбирая симметричные схемы механизма
- 2)устанавливая на звеньях механизма дополнительные движущие массы - противовесы

Схема сил инерции кривошипно-ползунного механизма без противовеса



$F_{иА}$ – сила инерции в точке A
 $F_{иВ}$ – сила инерции в точке B

$$\mathbf{F}_{\text{ио}} = \mathbf{F}_{\text{иа}} + \mathbf{F}_{\text{ив}}$$

Спроецируем силы инерции на ось OX

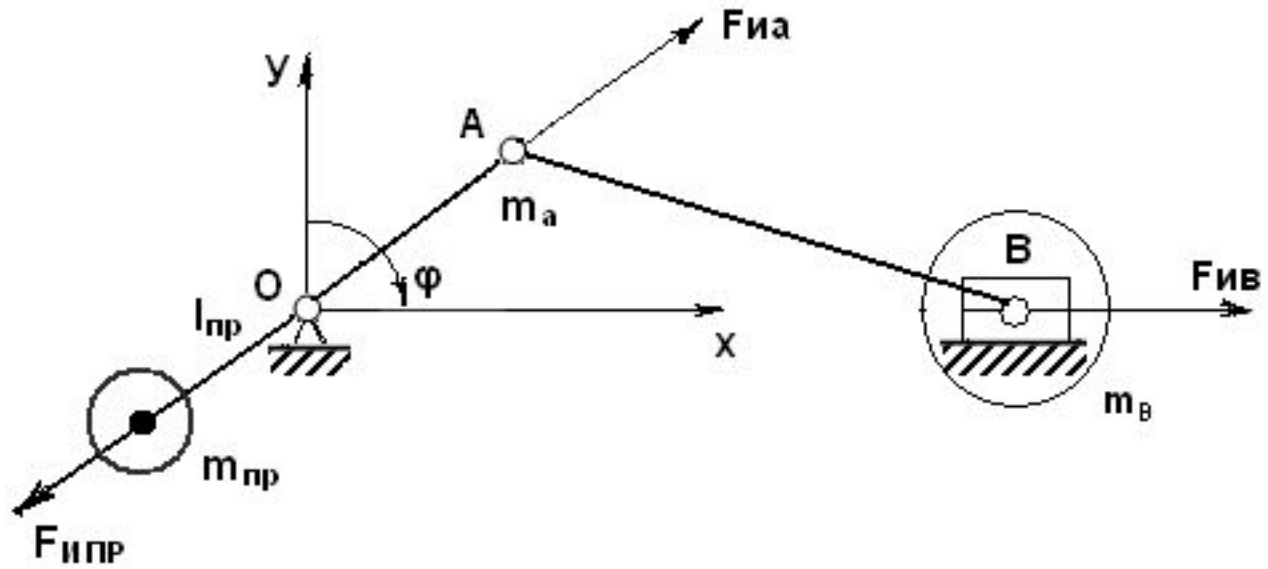
$$\mathbf{F}_{\text{ио}}^x = \mathbf{F}_{\text{иа}} * \cos\varphi + \mathbf{F}_{\text{ив}} =$$
$$m_a * \omega_1^2 * r * \cos\varphi + m_b * \omega_1^2 * r * \cos\varphi + m_b * \omega_1^2 * r * \lambda * \cos 2\varphi$$

Спроецируем силы инерции на ось OY

$$\mathbf{F}_{\text{ио}}^y = \mathbf{F}_{\text{иа}} * \sin\varphi = m_a * \omega_1^2 * r * \sin\varphi$$

$$\mathbf{F}_{\text{ио}} = \sqrt{(\mathbf{F}_{\text{ио}}^x)^2 + (\mathbf{F}_{\text{ио}}^y)^2}$$

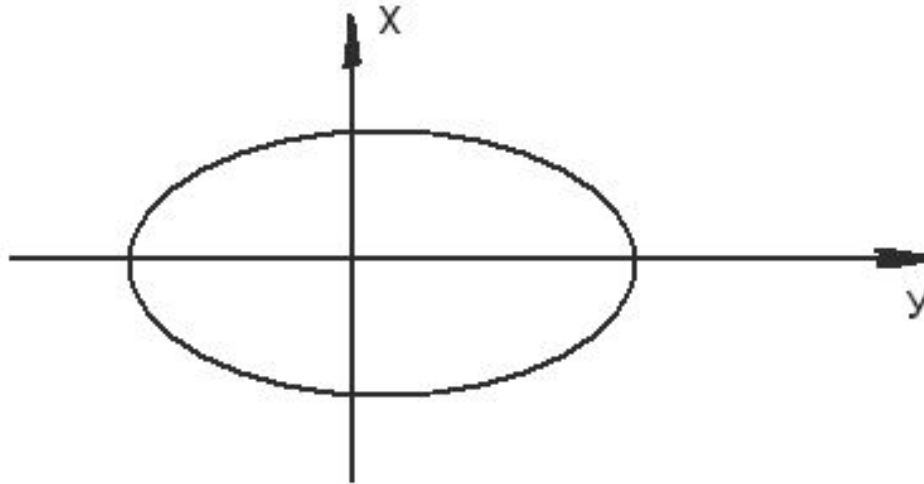
Схема сил инерции механизма с противовесом



$F_{и пр}$ – сила инерции
противовеса

$$F_{и о}^x пр = F_{и а} * \cos \varphi + F_{и в} - F_{и пр} * \cos \varphi = m_a * \omega_1^2 * r * \cos \varphi + m_b * \omega_1^2 * r * \cos \varphi + m_b * \omega_1^2 * r * \lambda * \cos 2\varphi - m_{пр} * L_{пр} * \omega_1^2 * \cos \varphi$$

Годограф сил инерции



При $\varphi=0$ и при $\varphi =180^\circ$ значения будут max

Механизм воздействует на стойку в т. О с силой, переменной по величине и направлению

При уравнивании сил инерции ставится задача уменьшить равнодействующую сил инерции, действующую на стойку.

Самым простым и экономичным способом является установка противовеса, центр масс которого расположен на продолжении кривошипа, за точкой O . Он вращается вместе с кривошипом.

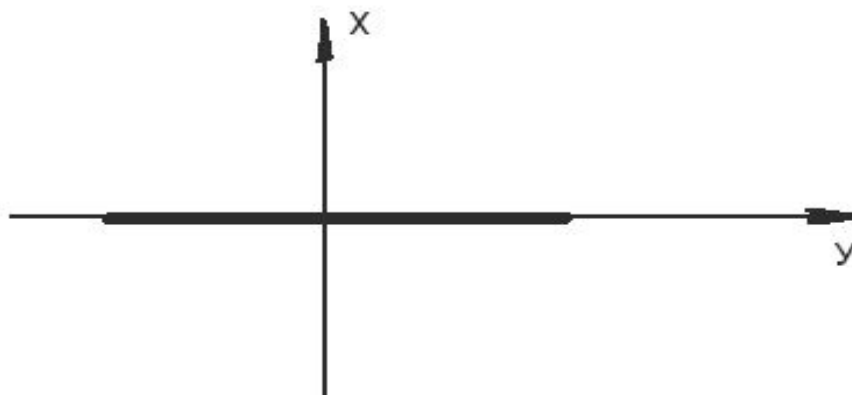
Обычно устанавливают два типа противовесов – **основной и избыточный**

1. Установка основного противовеса

$$m_a * r = m_{пр} * L_{пр} \rightarrow m_{пр} = m_a * r / L_{пр}$$

$$F_{ио}^x_{пр} = m_b * \omega_1^2 * r * \cos\varphi + m_b * \omega_1^2 * r * \lambda * \cos 2\varphi$$

$$F_{ио}^y = 0$$



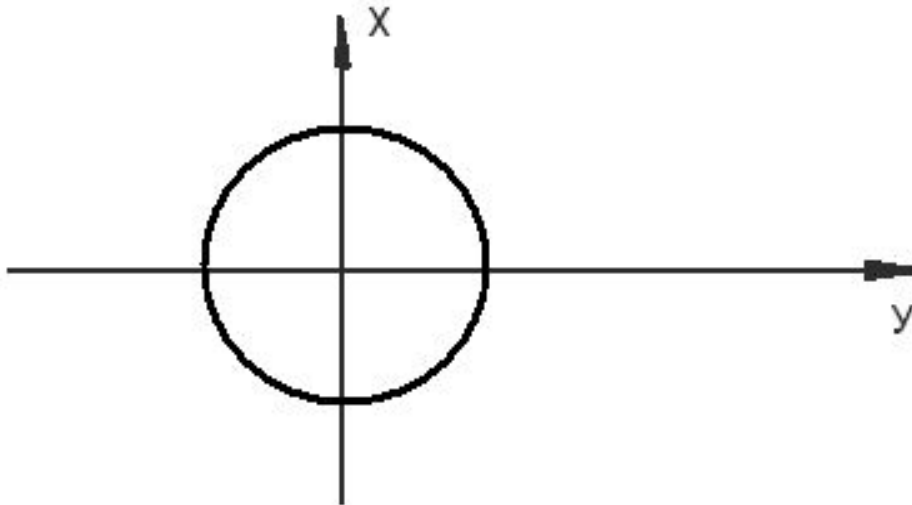
Годограф сил инерции превратится в линию

II. Установка избыточного противовеса

$$(m_a + k \cdot m_b) \cdot r = m_{\text{пр}} \cdot L_{\text{пр}}$$

$$F_{\text{ио}}^x = m_b \cdot \omega_1^2 \cdot r \cdot \lambda \cdot \cos 2\varphi$$

$$F_{\text{ио}}^y = -m_b \cdot \omega_1^2 \cdot r \cdot \sin \varphi$$



Оптимальный годограф получается близким к окружности