

# **ТРАКТОРЫ И АВТОМОБИЛИ**



# Уравновешивание двигателей

Двигатель называется уравновешенным, если во время установившегося режима работы на его опоры передаются постоянные по величине и направлению усилия.

## ▶ ▶ Причины неуравновешенности:

- 1) наличие периодически изменяющихся по величине и по знаку сил инерции возвратно—поступательно движущихся масс  $P_J$  и непрерывно меняющих направление центробежных сил вращающихся масс  $K_r$ . В многоцилиндровом двигателе силы  $P_J$  и  $K_r$  отдельных цилиндров частично уравновешиваются, но в совокупности могут вызвать появление неуравновешенных свободных сил инерции и моментов от них;



- 2) неравномерность (переменность) суммарного крутящего момента  $\Sigma M_j$ , и противоположно направленного опрокидывающего момента  $M_{опр}$ . Суммарный крутящий момент является периодической функцией угла поворота коленчатого вала, поэтому возможно меньшее изменение реакций опор достигается увеличением числа цилиндров и соблюдением равенства интервалов между рабочими ходами, что обеспечивает большую равномерность суммарного крутящего момента.



***Полностью уравновешенным поршневой двигатель быть не может***, так как неизбежная неравномерность крутящего момента всегда вызывает периодическое изменение нагрузки на опоры. Поэтому, говоря об уравновешенности двигателя, обычно имеют в виду соблюдение допустимой степени неуравновешенности в результате предпринятых конструктивных или производственных мероприятий, способствующих устранению в той или иной мере причин, вызывающих неуравновешенность.



***В процессе производства двигателя необходимо соблюсти следующие условия:***

- 1) равенство масс поршневых групп;
- 2) равенство масс шатунов и одинакового расположения их центров тяжести;
- 3) условие динамической уравновешенности коленчатого вала, достигаемое его балансировкой.



***Уравновешивание сил инерции  
вращающихся масс кривошипно—  
шатунного механизма двигателя  
достигают таким размещением  
вращающихся масс кривошипов или  
масс противовесов, при котором  
соблюдаются два условия:***

- 1) центр тяжести приведенной системы вала находится на оси вращения;
- 2) сумма моментов центробежных сил инерции вращающихся масс относительно любой точки оси вала равняется нулю.



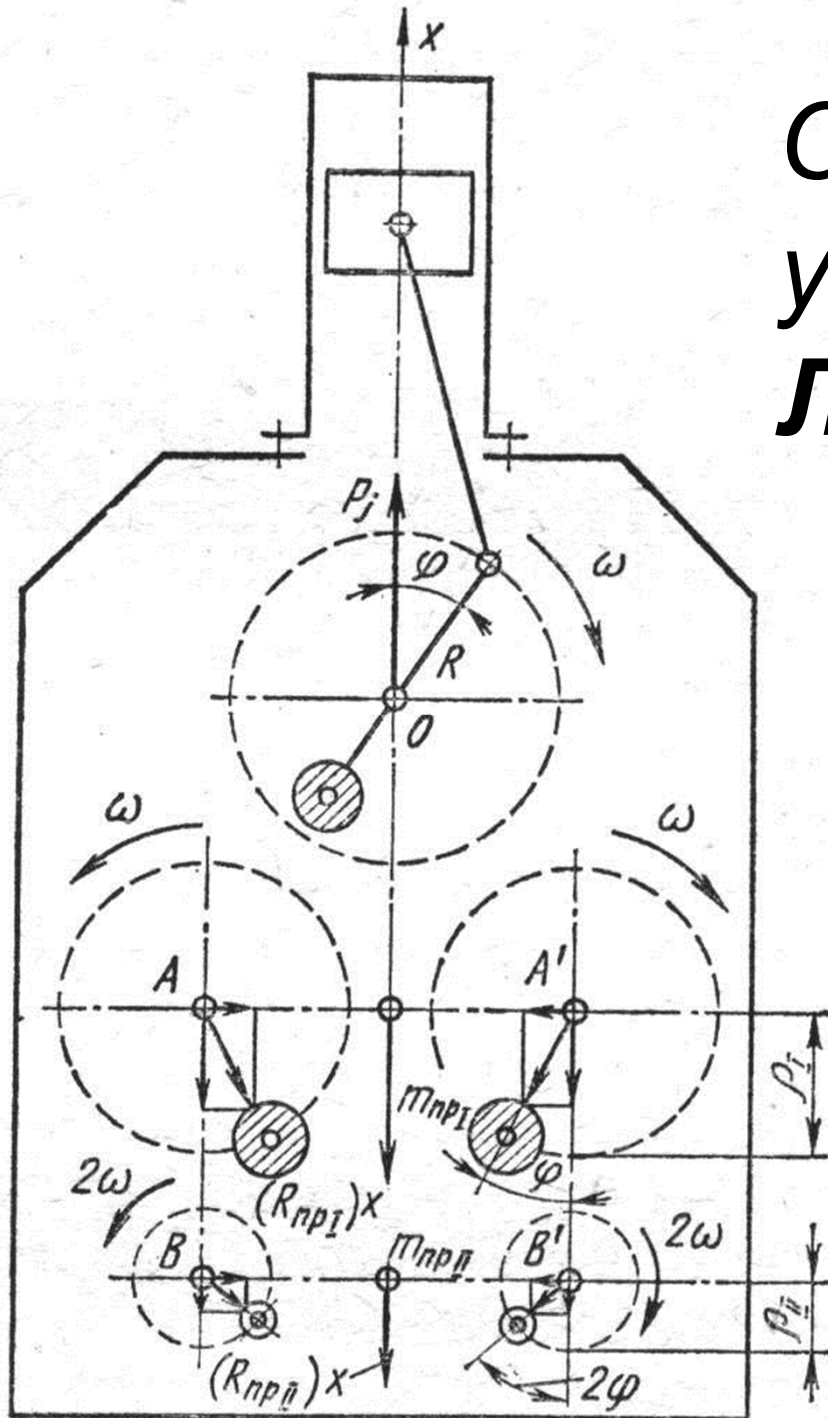
# **Уравновешивание двигателей**

## **1. Одноцилиндровый двигатель**

В таком двигателе сумма центробежных сил уравновешивается противовесами, устанавливаемыми на продолжении шеек колена; силы же инерции первого  $P_{J1}$  и второго  $P_{J2}$  порядка могут быть уравновешены только с помощью системы добавочных противовесов



# Система уравновешивания Ланчестера





- горизонтальные составляющие центробежных сил инерции этих противовесов равны по величине и направлены в разные стороны и, следовательно, взаимно уравновешены.
- равнодействующая вертикальных составляющих центробежных сил инерции противовесов расположена на оси цилиндра и направлена в сторону, противоположную силе инерции.

$$2 \left( R_{np1} \right)_x = 2 K_{np1} \cos \varphi =$$
$$= 2 m_{np1} \rho_1 \omega^2 \cos \varphi$$



$$2 m_{np1} \rho_1 = m_J R$$

$$m_{np1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{\rho_1} m_J$$

$$2 \left( R_{np2} \right)_x = 2 K_{np2} \cos 2\varphi =$$

$$= 2 m_{np2} \rho_2 (2 \omega)^2 \cos 2\varphi$$



$$2 m_{np2} \rho_2 (2 \omega)^2 = m_J \lambda R \omega^2$$

$$m_{np2} = \frac{1}{8} \lambda \frac{R}{\rho_2} m_J$$

В большинстве одноцилиндровых двигателей ограничиваются размещением на продолжении щек колена вала противовеса с увеличенной массой ( $m_{\text{пр}} + \Delta m_{\text{пр}}$ ). В результате этого так называемого ***избыточного уравнивания*** удается уменьшить абсолютную величину вертикальной составляющей неуравновешенной силы инерции первого порядка (при одновременном появлении неуравновешенной горизонтальной составляющей центробежной силы противовесов).

