



Силовые агрегаты

Лекция 15

◀ ▶ **Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме**

В кривошипно-шатунном механизме двигателя рассматривают нагрузки *от силы давления газов в цилиндре и сил инерции движущихся масс*; силами трения пренебрегают.

Картер двигателя считается неподвижным, а коленчатый вал вращающимся с постоянной угловой скоростью. Силы инерции движущихся масс кривошипно-шатунного механизма делят на силы инерции масс, движущихся возвратно-поступательно (индекс j), и силы инерции вращательно-движущихся масс (индекс R).

Сила давления газов на поршень

$$P_2 = (p_2 - p_0) F$$

Все движущиеся детали по характеру их движения делят на три группы:

- 1) Детали, совершающие возвратно-поступательное движение вдоль оси цилиндра (поршневая группа). Масса поршня с кольцами и пальцем считается сосредоточенной на оси поршневого пальца и обозначается m_n .



2) Части коленчатого вала, совершающие вращательное движение (масса $m_{шш}$ шатунной шейки с прилежащими частями щек). Массы этих частей заменяют массой, приведенной к радиусу кривошипа r и обозначаемой m_k ; приведение проводят с соблюдением условия равенства центробежных сил инерции действительных масс и приведенной массы.



3) Детали, совершающие сложное плоско-параллельное движение (шатунная группа). Шатун приближенно заменяют системой двух статически замещающих масс — массы $m_{шп}$, сосредоточенной на оси поршневого пальца, и массы $m_{шк}$, сосредоточенной на оси шатунной шейки вала.

Для получения динамически замещающей системы должны быть соблюдены три условия: **1) неизменность массы;**
2) неизменность положения центра масс; **3) неизменность момента инерции относительно центра масс.**

◀ ▶ В практических расчетах обычно массу шатуна $m_{ш}$ делят в соотношении:

$$m_{шп} = \frac{1}{3} m_{ш} \quad m_{шк} = \frac{2}{3} m_{ш}$$

Таким образом, весь КШМ приближенно заменяют системой двух сосредоточенных масс, связанных жесткими невесомыми звеньями:

массой в точке А, имеющей возвратно—
поступательное движение:

$$m_J = m_n + m_{шп}$$

◀ ▶ массой в точке В, совершающей вращательное движение:

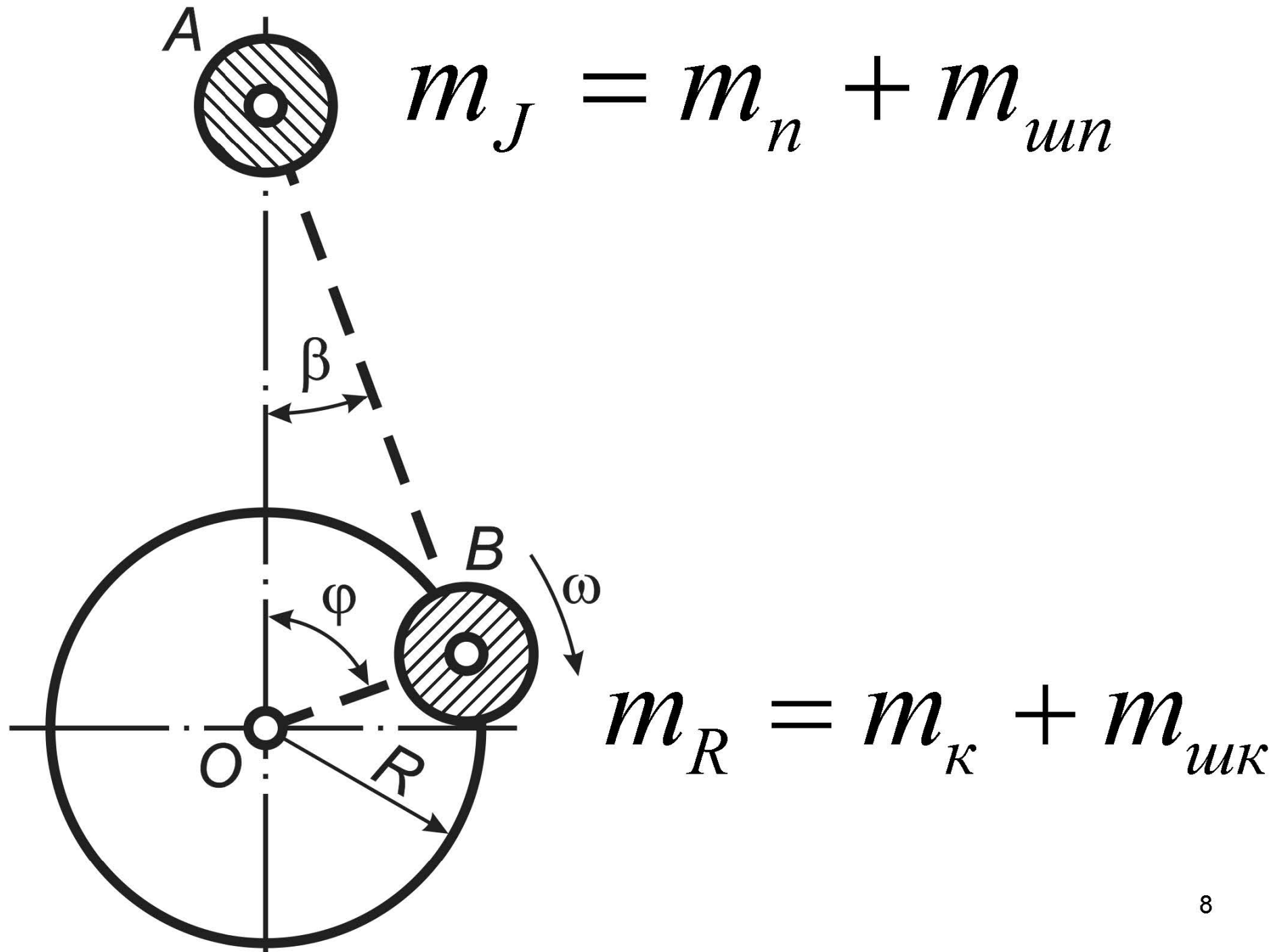
$$m_R = m_K + m_{шк}$$

В V-образных двигателях с коленом вала сочленяются два шатуна противоположащих цилиндров, поэтому

$$m_R = m_K + 2m_{шк}$$

Величинами m_n и $m_{ш}$ задаются

$$m_n = F_n m'_n \quad m_{ш} = F_n m'_{ш}$$



◀ ▶ Силы инерции сводятся к двум силам: силе инерции P_J *возвратно-поступательно движущихся масс* и центробежной силе инерции P_R *вращающихся масс*.

Сила инерции возвратно-поступательно движущихся масс $P_J = -m_J J$

$$P_J = -m_J r \omega^2 (\cos \varphi + \lambda \cos 2\varphi)$$

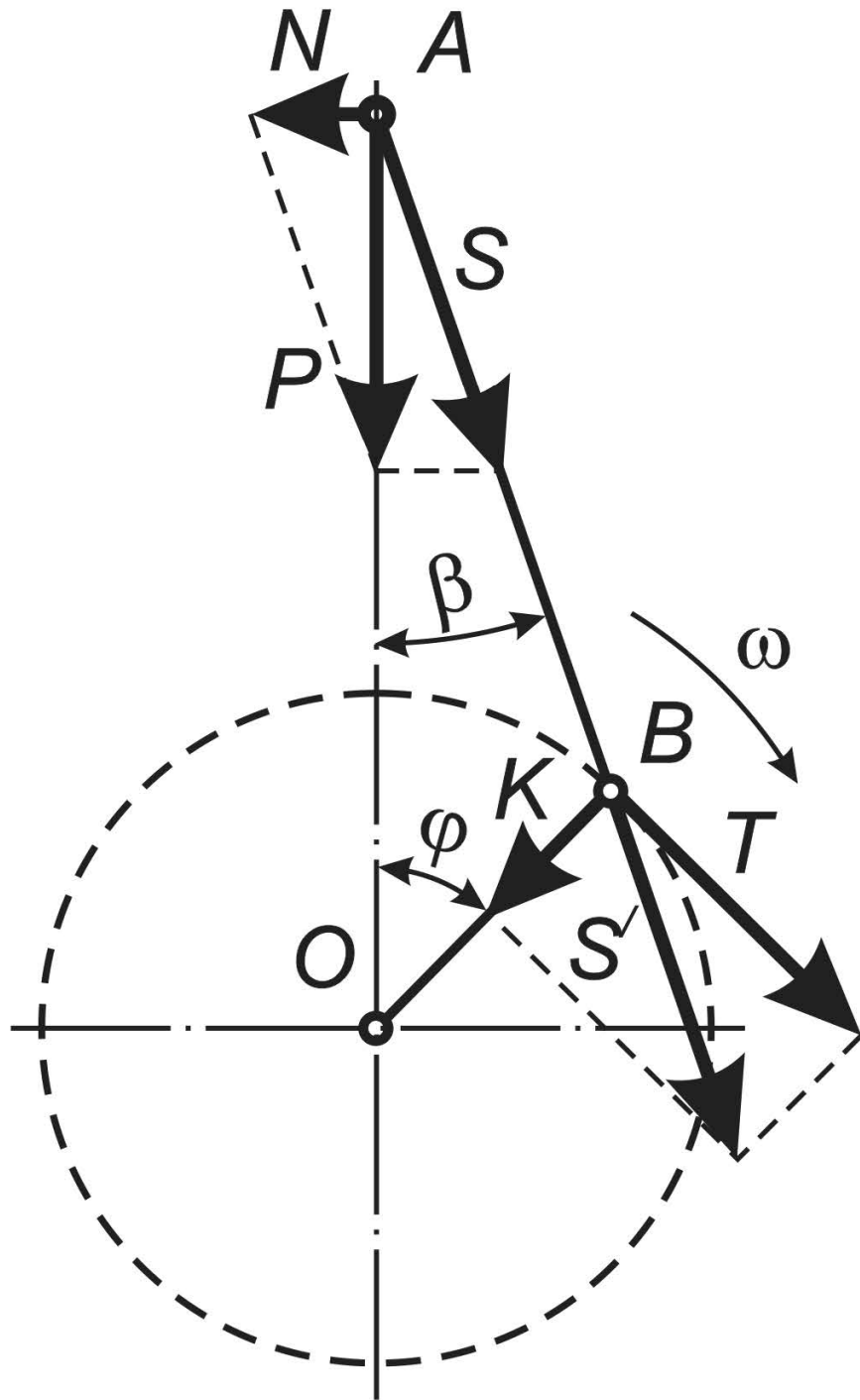
$$P_{J1} = -m_J r \omega^2 \cos \varphi$$

$$P_{J2} = -m_J r \omega^2 \lambda \cos 2\varphi$$

◀ ▶ Сила инерции возвратно — поступательно движущихся масс P_J в системе кривошипно-шатунного механизма проявляется в виде свободной силы, действующей вдоль оси цилиндра и переменной по величине и знаку.

Суммарная сила P , действующая на поршень:

$$P = P_2 + P_J$$





Сила P , действующая вдоль оси цилиндра может быть разложена на две составляющие:

1) *боковую силу* N , перпендикулярную к оси цилиндра

$$N = P \operatorname{tg} \beta$$

2) *силу* S , направленную вдоль оси шатуна

$$S = P \frac{1}{\cos \beta}$$



Силу S можно перенести по линии ее действия в центр шатунной шейки кривошипа ($S' = S$) и разложить на две составляющие: **нормальную силу K** , направленную по радиусу кривошипа

$$K = S \cos(\varphi + \beta) = P \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$$

тангенциальную силу T , касательную к окружности радиуса кривошипа

$$T = S \sin(\varphi + \beta) = P \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}$$

◀ ▶ Расчетный крутящий момент в одном цилиндре

$$M_{\text{Крас}} = T r$$

Средний расчетный крутящий момент для всего двигателя

$$M_{\text{Кср}} = \frac{F_1 - F_2}{\ell}$$

Действительный крутящий момент двигателя

$$M_K = M_{\text{Кср}} \eta_m$$

