

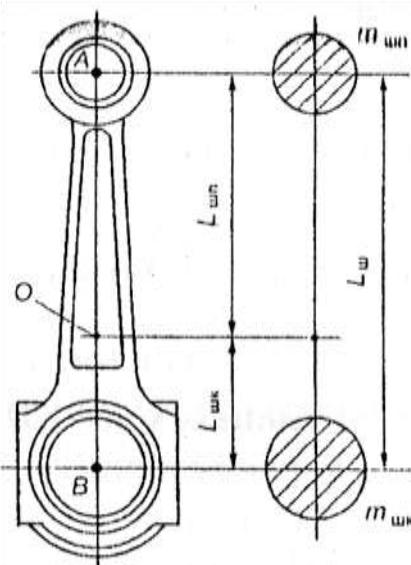
Определение сил инерции возвратно-поступательных масс аналитическим и графическим способом

Для определения сил инерции, действующих в КШМ, необходимо знать массы перемещающихся деталей. Для упрощения расчета массы движущихся деталей заменим системой условных масс, эквивалентных реально существующим массам. Такая замена называется *приведением* масс.

1. Приведение масс деталей КШМ

По характеру движения массы деталей КШМ можно разделить на три группы:

1) детали, движущиеся возвратно-поступательно (поршневая группа и верхняя головка шатуна);



2) детали, совершающие вращательное движение (коленчатый вал и нижняя головка шатуна);

3) детали, совершающие сложное плоскопараллельное движение (стержень шатуна).

Массу поршневой группы ($m_{п}$) считают сосредоточенной на оси поршневого пальца в точке А (рис. 1).

Массу шатунной группы заменяют двумя массами: $m_{шп}$ сосредоточена на оси поршневого пальца в точке

Рис. 1. Приведение масс деталей КШМ

А, $m_{ш\text{ вр}}$ на оси кривошипа в точке В. Значения этих масс находят по формулам:

$$m_{ш\text{ п}} = (L_{ш\text{ п}} / L_{ш})m_{ш}, \quad m_{ш\text{ вр}} = (L_{ш\text{ вр}} / L_{ш})m_{ш},$$

где $L_{ш}$ длина шатуна; $L_{ш\text{ вр}}$ - расстояние от центра кривошипной головки до центра тяжести шатуна.

Рис. 14.2. Приведение масс шатуна

2. Силы инерции

Для большинства существующих двигателей $m_{ш\text{ п}}$ находится в пределе от $0,2m_{ш}$ до $0,3m_{ш}$, а $M_{ш\text{ вр}} =$ от $0,7M_{ш}$ до $0,8M_{ш}$.

Величина $M_{ш}$ может быть определена через конструктивную массу (табл. 14.1), полученную на основании статистических данных.

Массу кривошипа заменяют двумя массами, сосредоточенными на оси кривошипа в точке В ($M_{ш\text{ вр}}$) и на оси рамовой шейки в точке О (M_0) (рис.2).

Масса рамовой шейки с частью щек, расположенных симметрично относительно оси вращения, является уравновешенной. Неуравновешенные массы кривошипа заменяют одной приведенной массой, с соблюдением условия равенства центробежной силы инерции, действительной массы центробежной силе приведенной массы. Эквивалентную массу приводят к радиусу кривошипа R и обозначают $M_{ш\text{ вр}}$.

Массу шатунной шейки M_m с прилежащими частями щек принимают сосредоточенной посередине оси шейки, и так как центр тяжести ее удален от оси вала на расстояние равное R , приведение этой массы не требуется.

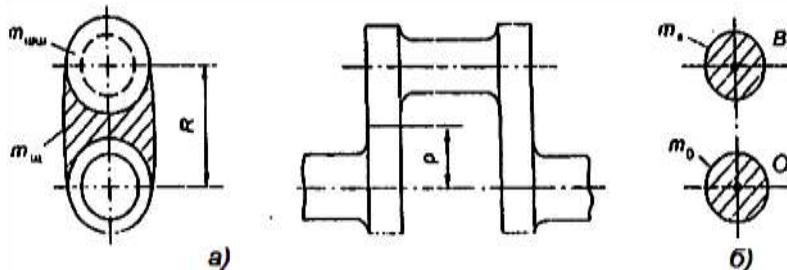


Рис.2. Приведение масс кривошипа:

Массу щеки $M_{ш}$ с центром тяжести на расстоянии r от оси коленчатого вала заменяют приведенной массой $M_{ш}$, расположенной на расстоянии R от оси коленчатого вала.

а - реальная, б - эквивалентная

Приведенная масса всего кривошипа определяется суммой приведенных масс шатунной шейки и щек:

$$M_M = M_{шш} + M_{ш} r/R$$

При проектировании двигателей величина M_M может быть получена через конструктивные массы кривошипа M_M (см. табл.1). У современных короткоходных двигателей величина $M_{ш}$ мала по сравнению с $M_{шш}$ и ею можно пренебречь.

Таблица 1	
<i>Значения конструктивных масс КШМ, кг/м</i>	
Элемент КШМ	D 80 - 120 мм
Поршневая группа $m_{п} = M_{п}/F_{п}$	
Поршень из алюминиевого сплава.	150 - 300
Чугунный поршень	250 - 400
Шатун $m_M = M_M/F_{п}$	
Шатун	250 - 400
Неуравновешенные части одного колена коленчатого вала без противовесов $m_M = m_M/F_{п}$	
Стальной кованый коленчатый вал со сплошными шейками	200 - 400
Чугунный литой коленчатый вал с полыми шейками	150 - 300

Таким образом, система сосредоточенных масс, динамически эквивалентная КШМ, состоит из массы $M_J = M_{п} + M_{ш п}$ и массы $M_{вр}$ сосредоточенной в точке B и имеющей вращательное движение:

$$M_{вр} = M_M + M_{шк}$$

При динамическом расчете значения $M_{п}$ и $M_{ш}$ определяют по данным прототипов или рассчитывают. Значения же $m_{шш}$ и $m_{ш}$ определяют исходя из размеров

кривошипа и плотности материала коленчатого вала. Для приближенного определения значения m_{Π} , $m_{\text{ш}}$ и $m_{\text{к}}$ можно использовать конструктивные массы:

$$m = m/F_{\Pi}, \quad \text{где } F_{\Pi} = \pi D^2/4$$

3. Определение сил инерции

Силы инерции, действующие в КШМ, в соответствии с характером движения приведенных масс, делятся на силы инерции поступательно движущихся масс P_j и центробежные силы инерции вращающихся масс K_R

Сила инерции от возвратно-поступательно движущихся масс может быть определена по формуле:

$$P_j = - m_j R \omega^2 (\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi) \quad (1)$$

Знак минус указывает на то, что сила инерции направлена в сторону противоположную ускорению. Ее можно рассматривать, как состоящую из двух сил (аналогично ускорению)

Первая составляющая - сила инерции I порядка

$$P_{j1} = - m_j R \omega^2 \cos\varphi \quad (2)$$

Вторая составляющая сила инерции II порядка.

$$P_{j2} = - m_j R \omega^2 \lambda \cos 2\varphi \quad (3)$$

Таким образом,

$$P_j = P_{j1} + P_{j2}$$

Центробежная сила инерции вращающихся масс постоянна по величине и направлена от оси коленчатого вала, её величина определяется по формуле:

$$K_R = - m_R R \omega^2 \quad (4)$$

Полное представление о нагрузках, действующих в деталях КШМ, может быть получено лишь в результате совокупности действия различных сил, возникающих при работе двигателя.