

Кинестатика механизмов. Силовой расчет

Задачи и методы силового расчета

Основная задача силового расчета заключается в определении реакция в кинематических парах, сил и пар сил приложенных к приводу машины по заданным значениям внешних сил и законам движения начальных звеньев.

Силы действующие на механизм:

- 1. Движущие силы и моменты сил, совершающие положительную работу и приложенные к ведущим звеньям;**
- 2. Силы и моменты сил сопротивления, совершающие отрицательную работу, которые в свою очередь делятся на силы полезного сопротивления, приложенные к ведомым звеньям, и силы вредного сопротивления;**
- 3. Силы тяжести;**
- 4. Силы взаимодействия между звеньями, то есть реакции в кинематических парах.**

Силы **1 – 3** групп относятся к внешним силам и учитываются в расчете. Силы **4** группы могут относиться как к внутренним силам так и к внешним.

Для использования метода кинетостатики нужно определить силы инерции

Элементарные силы инерции приводятся к главному вектору $\mathbf{F}_и$ и главному моменту $\mathbf{M}_и$

Главный вектор сила инерции

Главный момент сил инерции

$$\mathbf{F}_и = -m \cdot \mathbf{a}_S$$

$$M_u = -\varepsilon \cdot J_s$$

Здесь m – масса звена, a_s – ускорение центра масс.

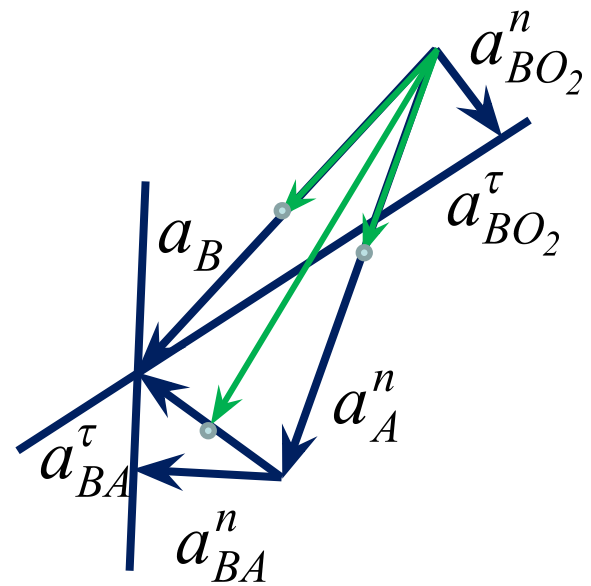
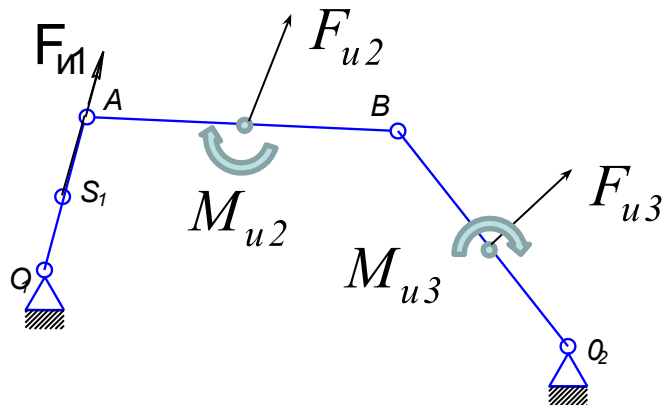
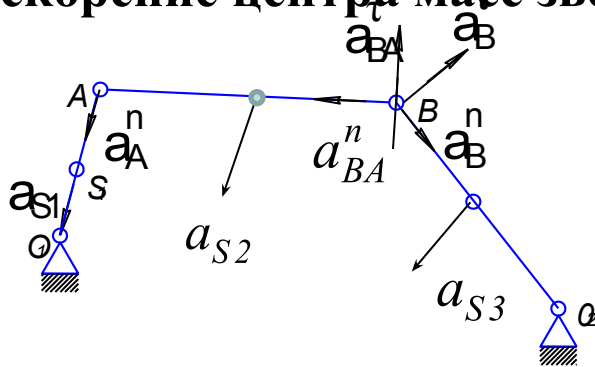
Здесь ε – угловое ускорение звена, J_s – момент инерции звена

Силы инерции и моменты инерции приложены в **центре масс звена** и направлены в сторону противоположную направлению соответствующего ускорения

Определение сил и моментов инерции

Для выполнения силового расчета механизма необходимо определить величину, точки приложения и направление сил и моментов инерции всех звеньев входящих в механизм.

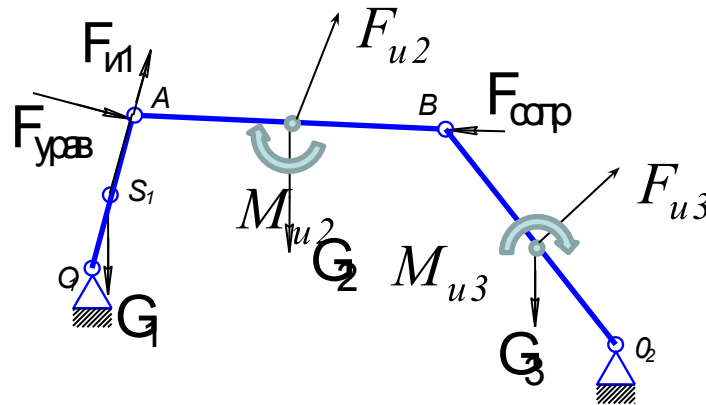
1. Считая распределение массы равномерным по длине звена, а устройство кинематических пар одинаковым, центр масс нужно расположить точно по середине звена.
2. Ускорение центра масс звеньев можно определить по плану ускорений:



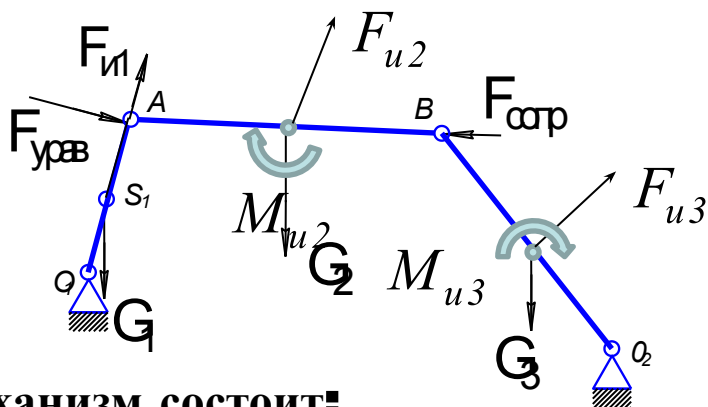
Приложение внешних сил к механизму

К механизму, кроме сил инерции, приложены следующие внешние силы:

- 1) силы тяжести звеньев G_1 , G_2 , G_3 ;
- 2) силы полезного сопротивления $F_{\text{сопр}}$;
- 3) активные, движущие силы $F_{\text{урав}}$.



Разделение механизма на группы Ассур

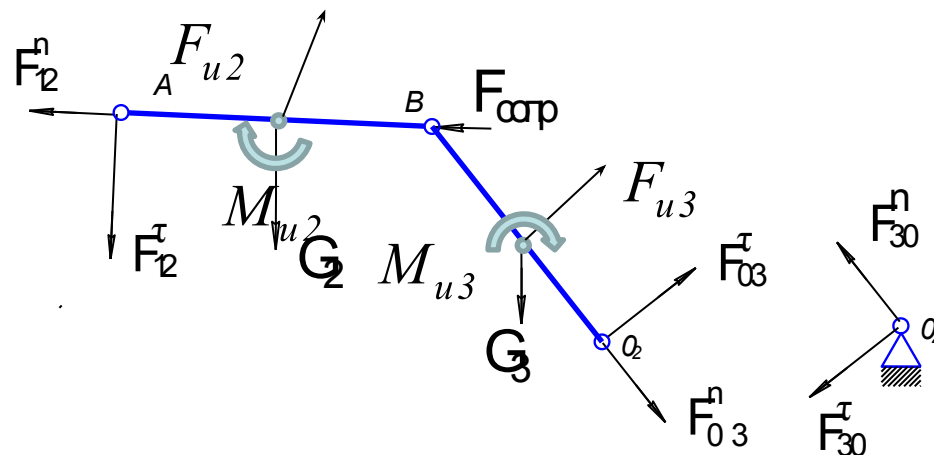
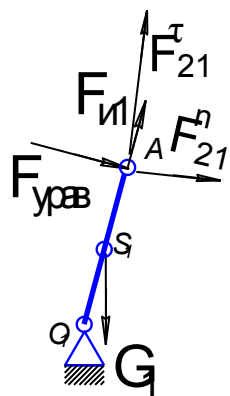


Для определения сил в кинематических парах и активных сил необходимых для привода в действие механизма необходимо выделить группы Ассур

Механизм состоит:

- из группы **1** класса **1** порядка (начального механизма)

- Из группы **2** класса **2** порядка



Стойка O_2 и начальный механизм (кривошип) $O_1 A$ оказывают воздействие на группу Ассур **2** класса

Которая в свою очередь, согласно **3** закону Ньютона также воздействует на них, но с обратным знаком

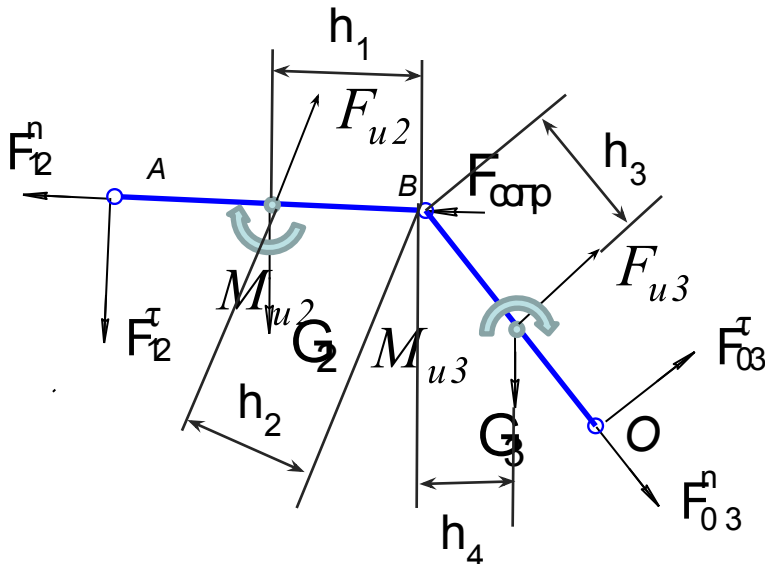
$$F_{21}^\tau = F_{12}^\tau, \quad F_{30}^\tau = F_{03}^\tau, \quad F_{21}^h = F_{12}^h, \quad F_{30}^h = F_{03}^h$$

Построение плана сил для группы Ассура 2 класса

Силы у которых известны и величина и направление:

- Силы инерции F_{u2}, F_{u3}
- Вес звеньев G_2, G_3
- Сила полезного сопротивления $F_{сопр}$
- Моменты сил инерции $M_{и2}, M_{и3}$

Силы у которых известно лишь направление: F_{12}^n, F_{03}^n и которые могут быть определены графически из плана сил



Силы у которых известно направление, а величину можно определить из уравнений равновесия: F_{03}^tau, F_{12}^tau

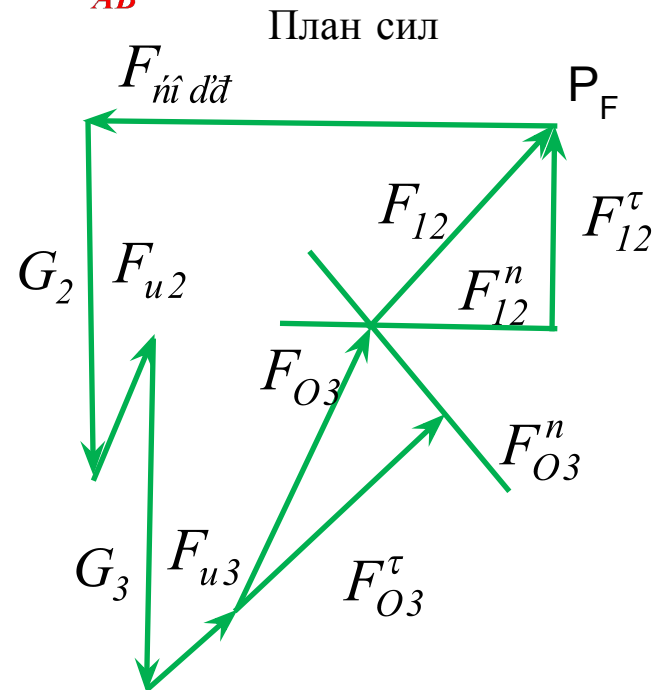
$$\sum M_B(F_k) = F_{03}^tau \cdot l_{BO} - M_{и3} - G_3 \cdot h_4 + F_{u3} \cdot h_3 = 0$$

$$F_{03}^tau = \frac{M_{и3} + G_3 \cdot h_4 - F_{u3} \cdot h_3}{l_{BO}}$$

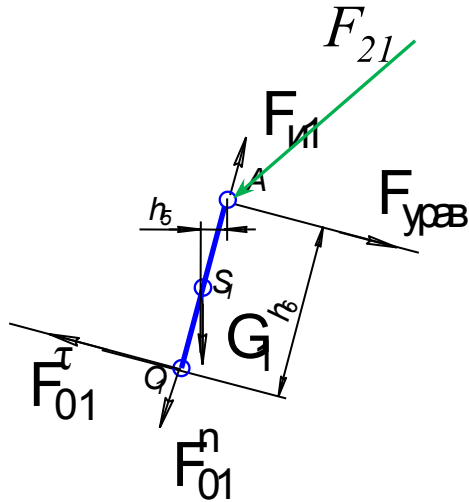
$$\sum M_B(F_k) = F_{12}^tau \cdot l_{AB} - M_{и2} + G_2 \cdot h_1 - F_{u2} \cdot h_2 = 0$$

$$F_{12}^tau = \frac{M_{и2} - G_2 \cdot h_1 + F_{u2} \cdot h_2}{l_{AB}}$$

$$k_F = \frac{F_{сопр}}{P_F a}$$

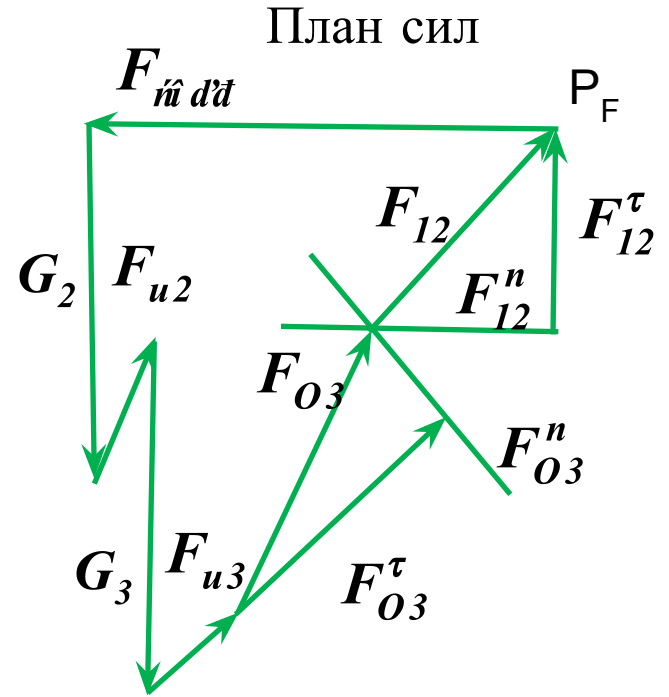
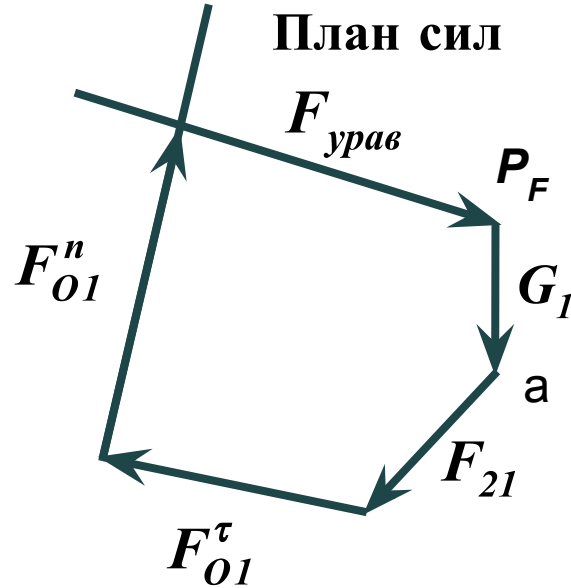


Построение плана сил для ведущего звена



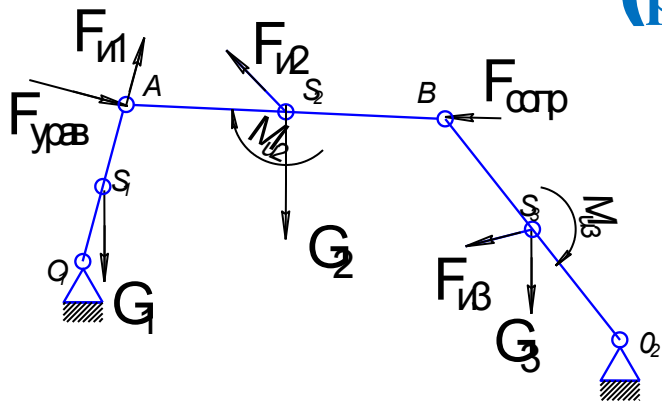
$$\sum M(F_k) = G_1 \cdot h_5 - F_{O1}^\tau \cdot h_6 = 0$$

$$F_{O1}^\tau = \frac{G_1 \cdot h_5}{h_6}$$

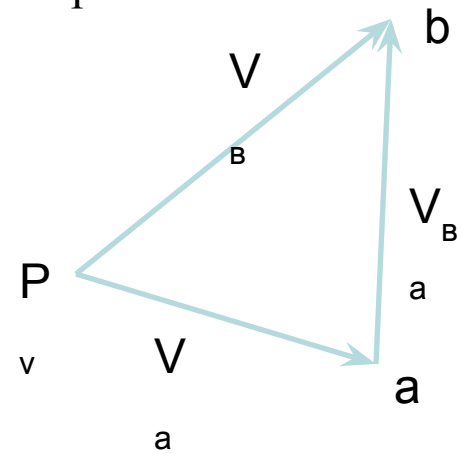


$$k_F = \frac{G_1}{p_F a}$$

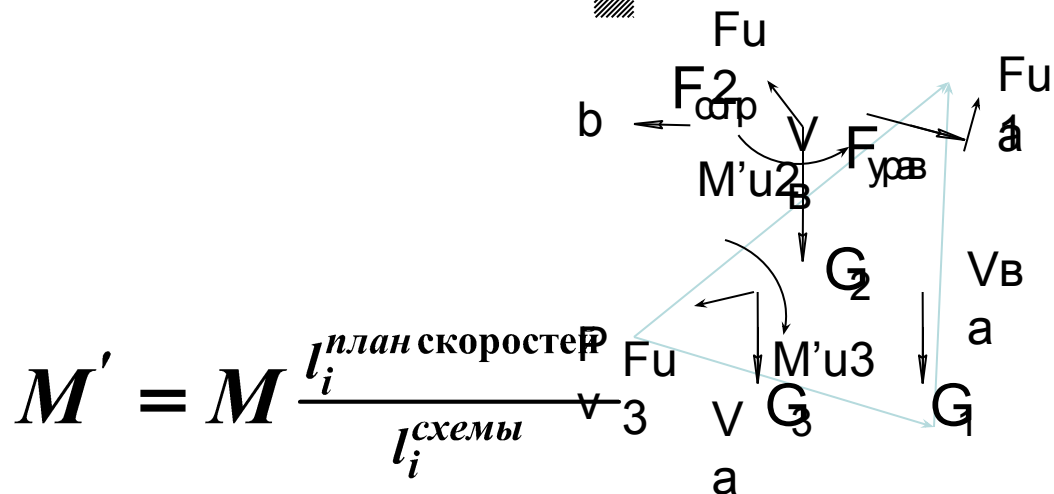
Определение уравновешивающих сил методом Жуковского (рычаг Жуковского)



План скоростей



План скоростей повернуть на **90** градусов против часовой стрелки



$$M' = M \frac{l_i^{\text{план скоростей}}}{l_i^{\text{схемы}}}$$

$$\sum M_{P_V}(F_i) = -G_1 h_1 + G_2 h_2 + G_3 h_3 + M'_2 - M'_3 - F_{u1} h_4 + F_{u2} h_5 + F_{u3} h_6 + F_{урав} h = 0$$

$$F_{урав} = \frac{-G_1 h_1 + G_2 h_2 + G_3 h_3 + M'_2 - M'_3 - F_{u1} h_4 + F_{u2} h_5 + F_{u3} h_6 + F_{урав} h}{h_{урав}}$$

Силовой расчет кривошипно-ползунного механизма

