

Допомога 2 при підготовці до модульного контролю з ТММ (Кінетостатичне дослідження важільних механізмів). Для студентів спеціальності /
Укл. Шурпа В. І. – Чернігів: ЧДТУ, 2008. – с.

Укладач: Шурпа В. І., кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки Чернігівського державного технологічного університету

Відповідальний за випуск: Дубенець В. Г., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки Чернігівського державного технологічного університету.

Рецензент: Кайдаш М. Д., кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної і прикладної механіки Чернігівського державного технологічного університету.

Кафедра теоретичної і прикладної механіки

Білет має два питання. Перше – теоретичне (див. лекції), друге – задача.

Задачі на теми:

1. Визначення реакцій в кінематичних парах методами кінетостатики.
2. Знаходження зрівноважуючої сили методами „Важеля Жуковського”.
3. Знаходження зведеного моменту інерції ($I_{зв}$) та зведеного моменту сил ($M_{зв}$).
4. Знаходження миттєвого коефіцієнта корисної дії.
5. Статичне зрівноважування важільних механізмів.
6. Визначення сил тертя та моментів тертя в кінематичних парах.

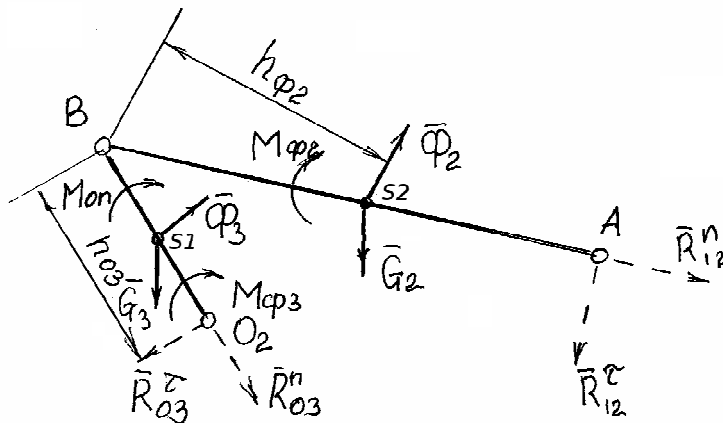
Приклади рішення задач:

I. Визначення реакцій в кінематичних парах методами кінетостатики.

1. Знайти реакції в кінематичних парах для групи ООО

Дано: $\dot{q} = \omega_1$, АВ, ВО₂, А_{S₂}, BS₃, G₁, G₂, G₃, Φ₁, Φ₂, Φ₃, M_{Φ₁}, M_{Φ₂}, M_{Φ₃},

M_{оп}.



а) Визначення тангенційних складових невідомих реакцій. Складемо рівняння моментів сил.

$$+\circlearrowleft \sum M_{B3} = 0 \Rightarrow R_{03}^r,$$

$$-R_{03}^r h_{03} \mu_e - G_3 h g_3 \mu_e + |\Phi_3| h \phi_3 \mu_e - M_{on} - |M\phi_3| = 0,$$

$$\text{звідки } R_{03}^r = \frac{-G_3 h g_3 \mu_e + |\Phi_3| h \phi_3 \mu_e - M_{on} - |M\phi_3|}{h_{03} \mu_e},$$

$$+\circlearrowleft \sum M_{B2} = 0 = R_{12}^r,$$

$$-R_{12}^r h_{12} \mu_e + |\Phi_2| h \phi_2 \mu_e - G_2 h g_2 \mu_e - M\phi_2 = 0,$$

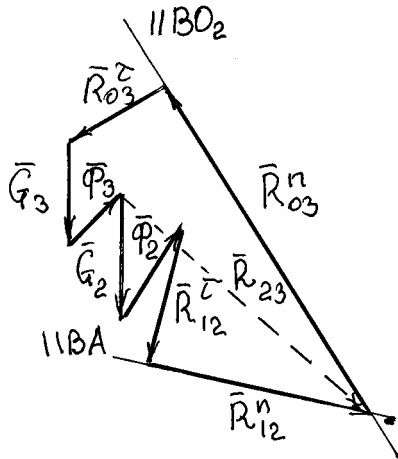
звідки $R_{12}^r = \frac{|\Phi_2| h \phi_2 \mu_e - G_2 h g_2 \mu_e - M \phi_2}{h_{12} \mu_e} =$

б) Визначення нормальних складових невідомих реакцій.

Складемо рівняння векторної суми всіх сил, які діють на групу. Почнемо і закінчимо рівняння невідомими.

$$\bar{R}_{03}^n + \bar{R}_{03}^r + \bar{G}_3 + \bar{\Phi}_3 + \bar{G}_2 + \bar{\Phi}_2 + \bar{R}_{12}^r + \bar{R}_{12}^n = 0.$$

Побудуємо силовий багатокутник.



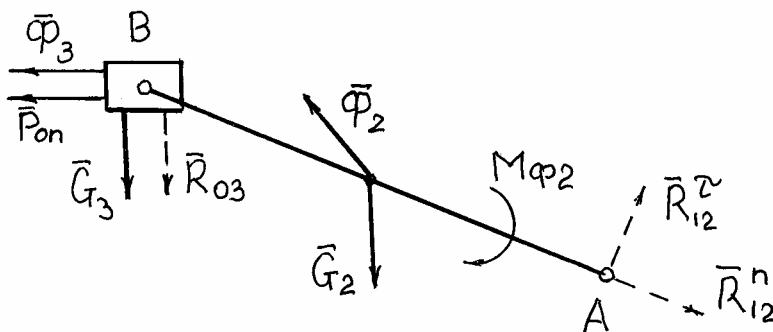
в) Знайдем реакцію в кінематичній парі В.

$$\sum \bar{P}_3 = 0 \Rightarrow \bar{R}_{23}, \quad \bar{R}_{03} + \bar{G}_3 + \bar{\Phi}_3 + \bar{R}_{23} = 0$$

(на рисунку штрихова).

2. Знайти реакції в кінематичних парах для груп ООП.

Дано: АВ, АS₂, G₂, G₃, Φ₂, Φ₃, P_{оп}, Mφ₃



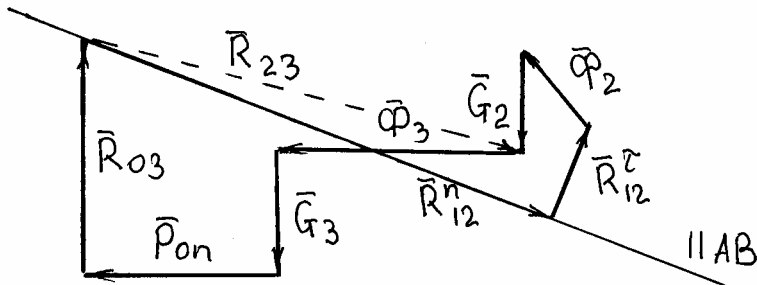
а) Визначення тангенційної складової невідомої реакції. Складемо рівняння моментів сил.

$$+\curvearrowright \sum M_{B_2} = 0 \Rightarrow R_{12}^r.$$

б) Складемо рівняння векторної суми всіх сил, які діють на групу. Почнемо і закінчимо рівнянням невідомими.

$$\bar{R}_{12}^n + \bar{R}_{12}^t + \bar{\Phi}_2 + \bar{G}_2 + \bar{\Phi}_3 + \bar{G}_3 + \bar{P}_{on} + \bar{R}_{03} = 0.$$

Побудуємо силовий багатокутник.



в) Знайдемо реакцію в кінематичній парі В.

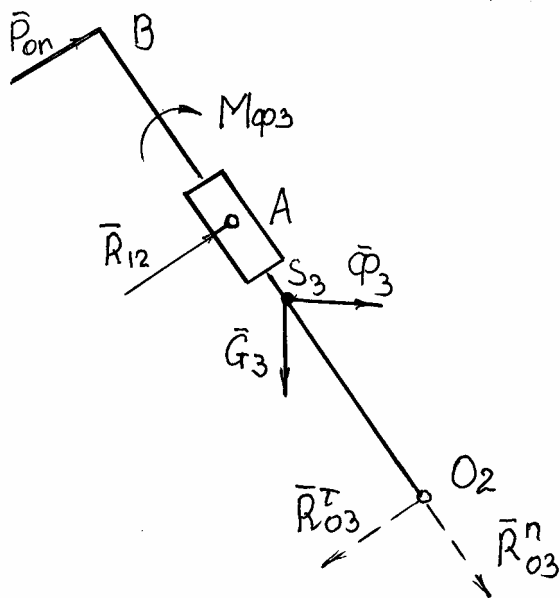
$$\sum \bar{P}_3 = 0 \Rightarrow \bar{R}_{23}.$$

$$\bar{\Phi}_3 + \bar{G}_3 + \bar{P}_{on} + \bar{R}_{03} + \bar{R}_{23} = 0$$

(на рисунку штрихова).

3. Знайти реакції в кінематичних парах для груп ОПО.

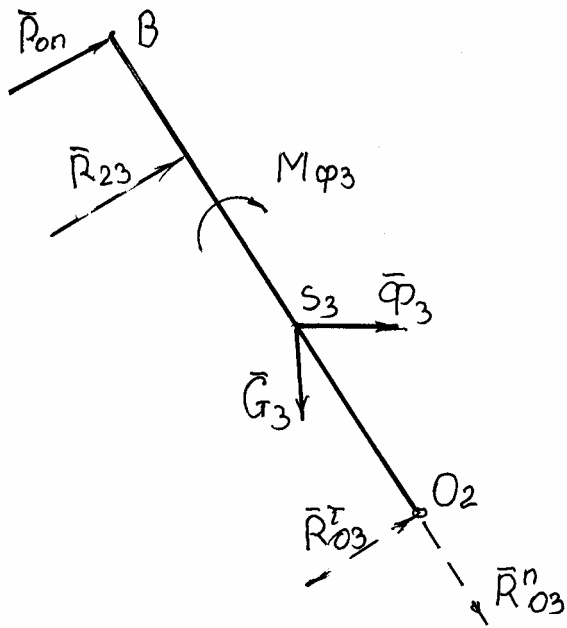
Дано: O_2S_3 , O_2B , G_3 , Φ_3 , $M\phi_3$, P_{on} .



а) Визначим тангенційну складову R_{03}^t з $\sum M_{A3} = 0 \Rightarrow R_{03}^t$.

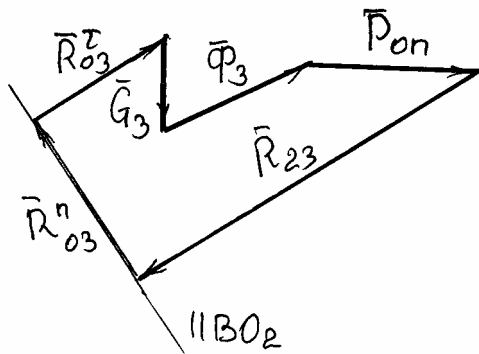
б) Розглянемо ланку „3”. Складемо рівняння векторної суми всіх сил, які діють на ланку.

$$\sum \bar{P} = 0 \Rightarrow \bar{R}_{03}^n, \bar{R}_{23}.$$

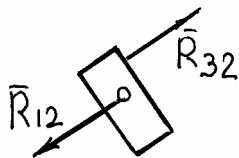


Почнемо і закінчимо рівняння невідомими.

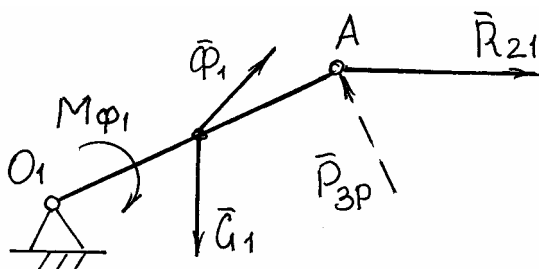
$$\bar{R}_{03}^n + \bar{R}_{03}^\tau + \bar{G}_3 + \bar{P}_{on} + \bar{\Phi}_3 + \bar{R}_{23} = 0.$$



в) Розглянемо ланку „2”. При $\sum \bar{P}_2 = 0$; $\bar{R}_{12} = \bar{R}_{32}$.



4. Кінетостатика вхідної ланки.



Дано: O_1A , O_1S_1 , R_{21} , G_1 , Φ_1 . Знайти P_{3p} , R_{01} .

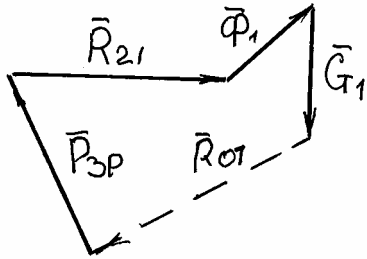
а) Визначимо зрівноважуючу силу з $\sum M_{O_1} = 0 \Rightarrow P_{3p}$,

$$P_{3p} h_{3p} \mu_e - R_{21} h_{21} \mu_e + |\Phi_1| h \Phi_1 \mu_e - G_1 h g_1 \mu_e = 0.$$

б) Визначимо реакцію в кінематичній парі O_1

$$\sum \bar{P} = 0 \Rightarrow \bar{R}_{01},$$

$$\bar{P}_{3p} + \bar{R}_{21} + \bar{\Phi}_1 + \bar{G}_1 + \bar{R}_{01} = 0.$$

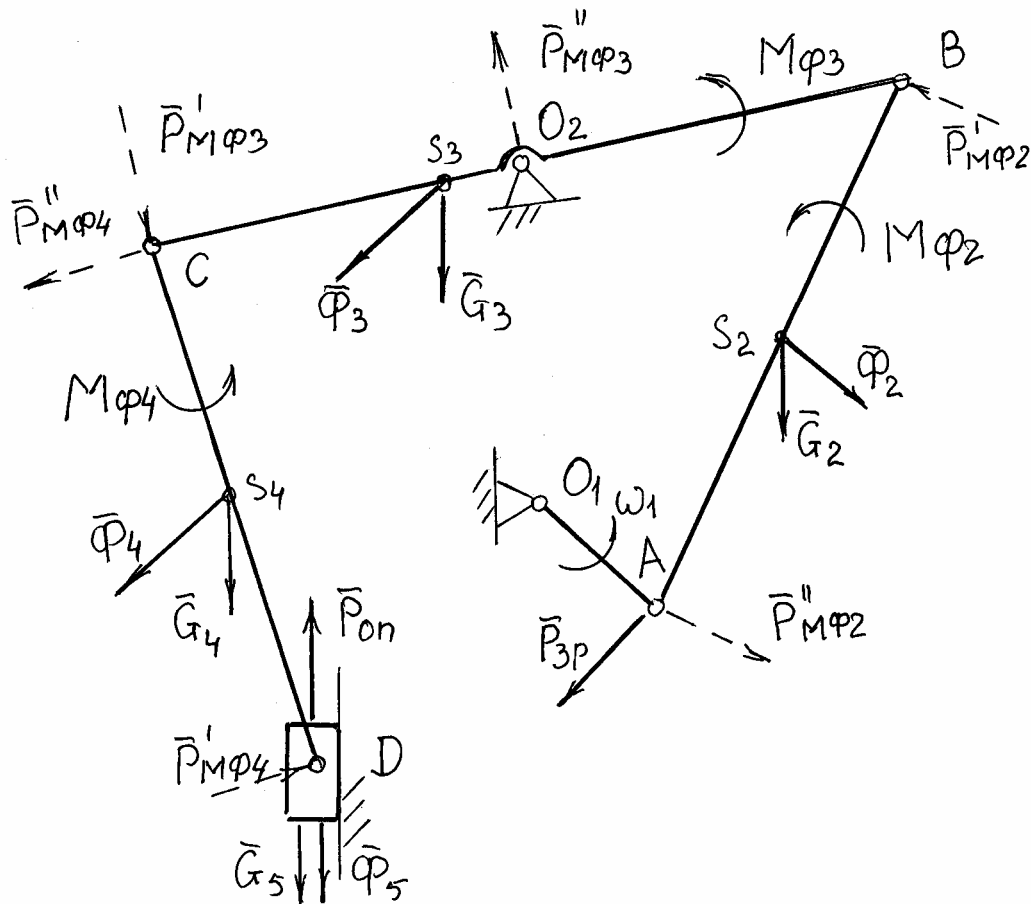


II. Знаходження зрівноважуючої сили методом „Важеля Жуковського”.

Приклад:

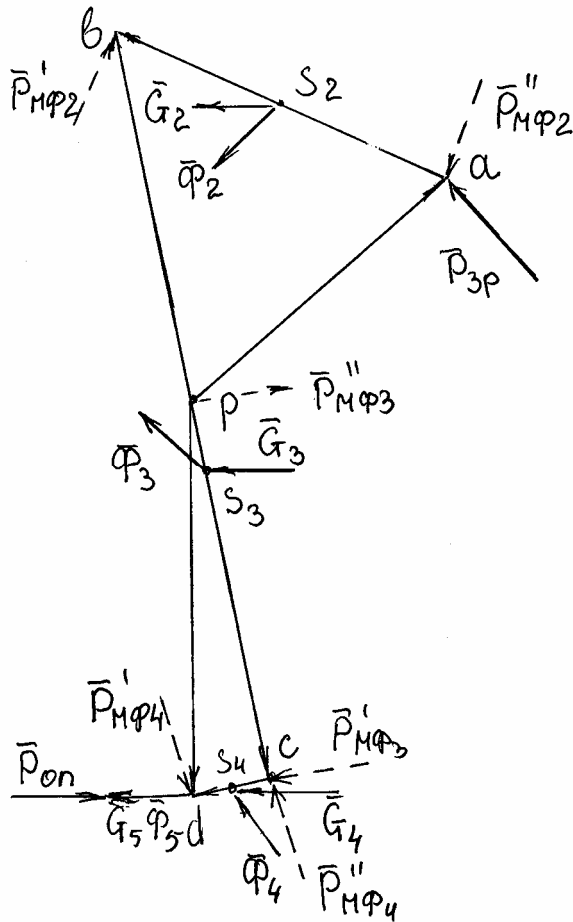
Дано: O_1A , AB , BO_2 , BC , CD , $\dot{q} = \omega_1$, G_2 , G_3 , G_4 , G_5 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 , Φ_5 , $M\Phi_2$,

$M\Phi_3$, $M\Phi_4$, P_{on} .



а) Побудуємо план швидкостей.

$$V_a = \omega_1 \cdot l_{AO1}, \bar{V}_b = \bar{V}_a + \bar{V}_{ba}, \bar{V}_d = \bar{V}_c + \bar{V}_{dc}.$$



б) Перенесемо всі сили, які діють на ланки механізму в відповідні точки плану (попередньо повернемо їх на 90° за напрямком руху годинникової стрілки).

в) Моменти сил замінимо парою сил. Останні, як попередні, перенесемо на план.

$$P_{M\phi 2} = \frac{M_{\phi 2}}{AB}; P_{M\phi 3} = \frac{M_{\phi 3}}{BO_2}; P_{M\phi 4} = \frac{M_{\phi 4}}{BC}.$$

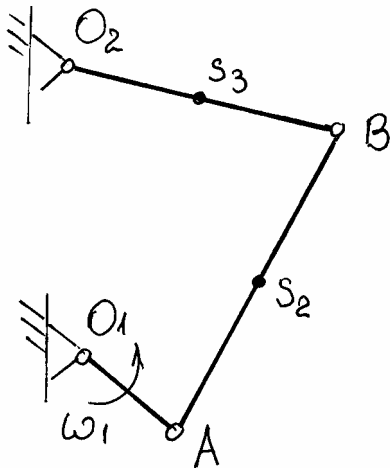
2. Складемо рівняння ($\sum M_P = 0$) суми моментів всіх сил відносно полюса плану (рівняння потужностей). Знайдемо з нього P_{3p} .

$$+ P_{3p} h_{3p} - P_{M\phi 2}'' h_{M\phi 2}'' + G_2 h_{\phi 2} - \Phi_2 h_{\phi 2} \dots + P_{on} h_{on} = 0.$$

III. Знаходження зведеного моменту інерції ($I_{3\theta}$) та зведеного моменту сил ($M_{3\theta}$).

Приклад.

Дано: O_1A , AB , BO_2 , $\dot{q} = \omega_1$, G_2 , G_3 , I_1 , I_{S_2} , I_{S_3} , m_2 , M_{on} .



1. Зведений момент сил.

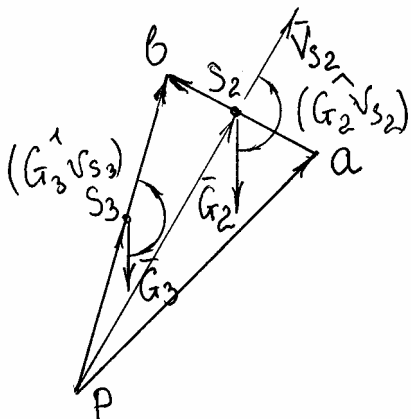
Загальне рівняння:

$$M_{3\theta} = \sum_{i=1}^n P_i \frac{v_{Si}}{\dot{q}} \cos(\hat{P}_i v_{Si}) + \sum_{i=1}^n M_i \frac{\omega_i}{\dot{q}}.$$

Для механізму (зводимо G_i , та M_{on})

$$M_{3B} = G_2 \frac{v_{S2}}{\omega_1} \cos\left(\hat{G}_2 v_{S2}\right) + G_3 \frac{v_{S3}}{\omega_1} \cos\left(\hat{G}_3 v_{S3}\right) - M_{on} \frac{\omega_3}{\omega_1}.$$

Для визначення кутів побудуємо план швидкостей.



2. Зведений момент інерції.

Загальне рівняння:

$$I_{36} = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{v_{Si}}{\dot{q}} \right)^2 + \sum_{i=1}^n I_i \left(\frac{\omega_i}{\dot{q}} \right)^2.$$

До мас, які зводяться, включаємо маси таких ланок, які здійснюють поступальний рух (у прикладі ланка 2).

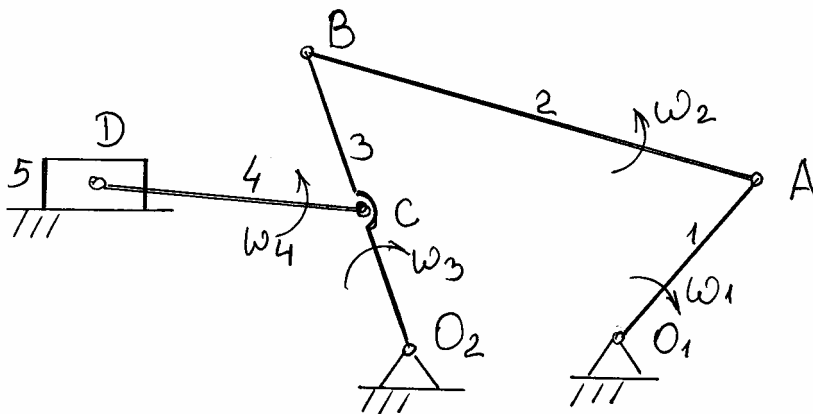
До моментів інерції, які зводяться, включаємо моменти таких ланок, які здійснюють обертальних рух.

$$I_{3B} = m_2 \left(\frac{v_{S2}}{\omega_1} \right)^2 + I_1 \left(\frac{\omega_1}{\omega_1} \right)^2 + I_2 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + I_3 \left(\frac{\omega_3}{\omega_1} \right)^2.$$

IV Знаходження миттєвого коефіцієнта корисної дії.

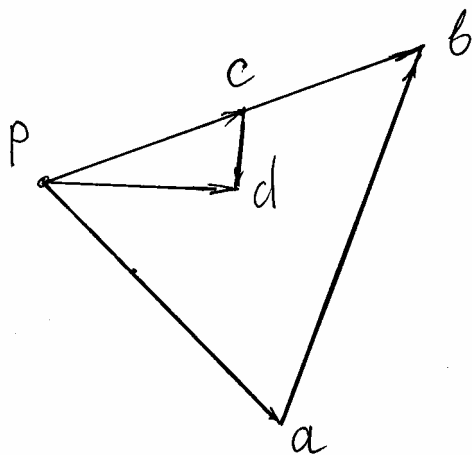
Приклад:

Дано: O_1A , AB , BC , BO_2 , CD , R_{01} , R_{12} , R_{23} , R_{30} , R_{34} , R_{45} , R_{50} .



а) Визначення лінійних і кутових швидкостей. План швидкостей.

$$\vec{V}_a = \omega_1 l_{AO_1}, \vec{V}_b = \vec{V}_a + \vec{V}_{ba}, \vec{V}_d = \vec{V}_c + \vec{V}_{dc}.$$



б) Загальне рівняння для зведення.

$$M_{зв} = \sum_{i=1}^n P_i \frac{v_i}{\dot{q}} \cos\left(\hat{P}_i v_i\right) + \sum_{i=1}^n M_i \frac{\omega_i}{\dot{q}}.$$

Для прикладу кутові швидкості будуть:

$$\omega_{O_1} = \omega_1, \omega_A = \omega_1 - (-\omega_2), \omega_B = \omega_2 - (-\omega_3), \omega_{O_2} = \omega_3,$$

$$\omega_c = \omega_3 - (-\omega_4), \omega_d = \omega_4.$$

в) Моменти тертя та сила тертя в кінематичних парах будуть:

$$M_{O_1} = R_{01} \cdot f_{O_1} \cdot r_1; M_A = R_{12} \cdot f_A \cdot r_2; M_B = R_{23} \cdot f_B \cdot r_3; M_{O_2} = R_{03} \cdot f \cdot r_4;$$

$$M_c = R_{34} \cdot f_c \cdot r_5; M_D = R_{54} \cdot f_D \cdot r_6; F = R_{05} \cdot f.$$

г) Зведений момент тертя буде:

$$M_{зв} = M_{O_1} \frac{\omega_{O_1}}{\omega_1} + M_A \frac{\omega_A}{\omega_1} + M_B \frac{\omega_B}{\omega_1} + M_C \frac{\omega_C}{\omega_1} + M_{O_2} \frac{\omega_{O_2}}{\omega_1} + M_D \frac{\omega_d}{\omega_1} + F \frac{v_d}{\omega_1}.$$

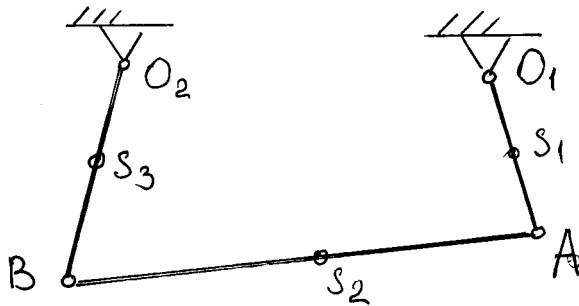
д) Миттєвий коефіцієнт корисної дії буде:

$$\eta_m = \frac{M_{зп}}{M_{зп} + M_{Тзв}} \cdot 100\%.$$

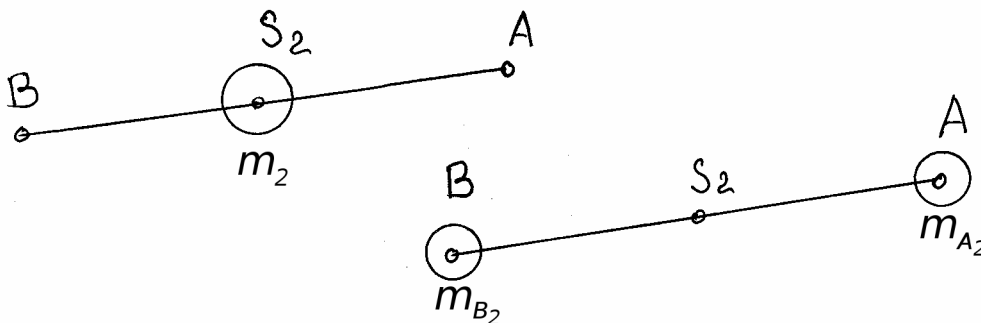
V. Статичне зрівноважування важільних механізмів

Приклад:

Дано: $O_1A, AB, O_2B, O_1S_1, AS_2, O_2S_3, m_1, m_2, m_3$.



а) Використаємо розподілення мас в двох точках.



$$m_2 = m_{A_2} + m_{B_2}; m_{A_2} \cdot AS_2 = m_{B_2} \cdot BS_2 \cdot S_2; m_{A_2} = m_2 \frac{BS_2}{AB}; m_{B_2} = m_2 \frac{AS_2}{AB}.$$

б) Для даного механізму.

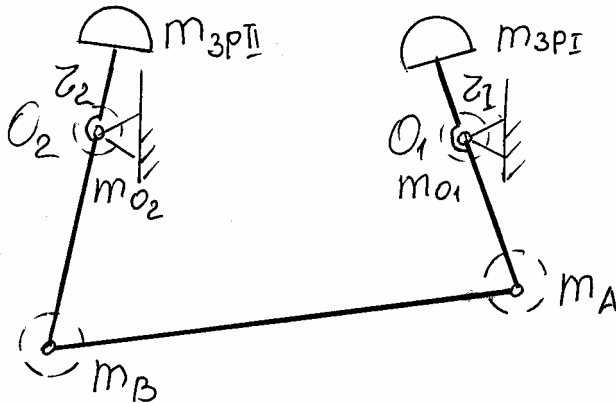
В т. А: $m_A = m_{A_2} + m_{A_1}.$

В т. В: $m_B = m_{B_2} + m_{B_3}; m_{O_1} = m_1 \frac{AS_1}{O_1A}; m_{O_2} = m_3 \frac{BS_3}{BO_2}.$

Маси m_{O_1} та m_{O_2} нерухомі.

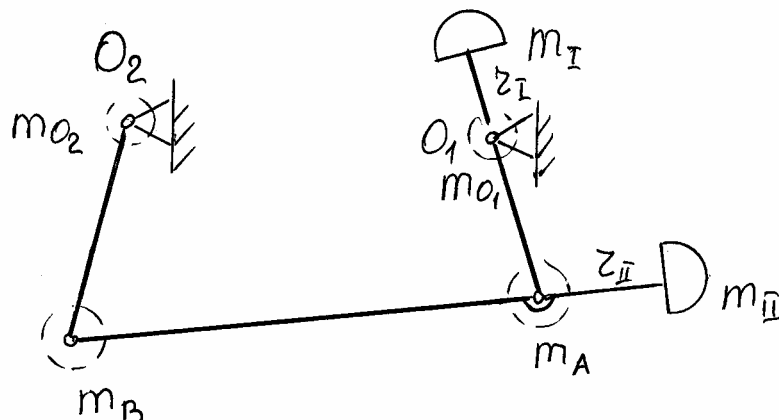
Маси m_A та m_B можна зрівноважити противагами.

Перший варіант.



$$m_{3pI} \cdot r_1 = m_A O_1A, m_{3pII} r_2 = m_B O_2B.$$

Другий варіант.



$$m_{II} r_{II} = m_B \cdot AB; m_I r_I = (m_A + m_B + m_{II}) AO_1.$$

Визначення сил тертя та моментів сил тертя. Приклади детально розглянуті в лекціях.