



*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

Т 1.6. Динамічні дослідження механізмів і машин

Рачкевич Руслан

Тематичний план лекції

1.6.1 Основні задачі досліджень. Характеристика сил, які діють на ланки механізму

1.6.2 Динамічна модель механізму

1.6.1 Основні задачі досліджень.

Характеристика сил, які діють на ланки механізму

Задачі динамічного дослідження механізмів:

- по заданому закону руху вхідної ланки визначити зовнішні сили, які забезпечують цей рух;
- по заданим зовнішнім силам визначити закон руху вхідної ланки.

Сили та пари сил (моменти) поділяються на наступні групи:

- рушійні сили та моменти;
- сили та моменти опору;
- сили ваги та сили пружності пружин;
- сили інерції;
- сили взаємодії ланок між собою.

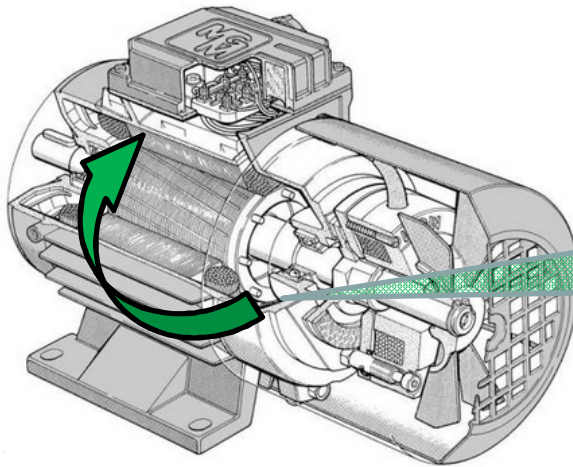
1.6.1 Основні задачі досліджень.

Характеристика сил, які діють на ланки механізму

Рушійні сили та моменти (виконують додатну роботу, намагаються прискорити рух ланок, зазвичай прикладені до вхідних ланок)



Сила тиску газів
на поршень у
двигуні
внутрішнього
згорання



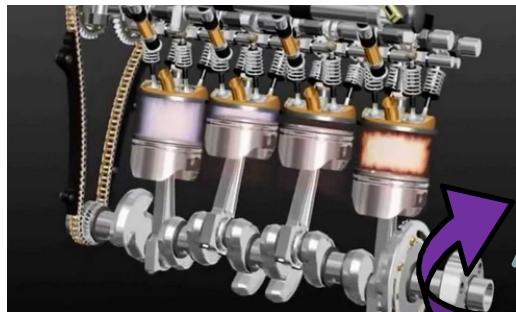
Електрорушійний
момент на роторі
електродвигуна

1.6.1 Основні задачі досліджень.

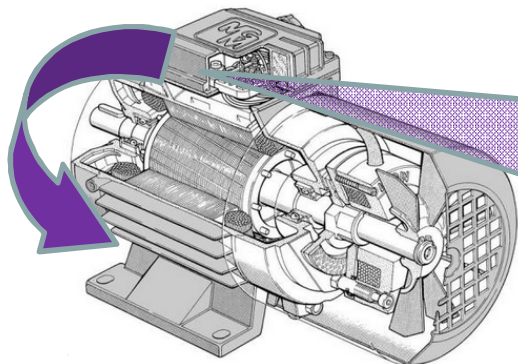
Характеристика сил, які діють на ланки механізму

Сили та моменти опору (виконують від'ємну роботу, намагаються уповільнити рух ланок)

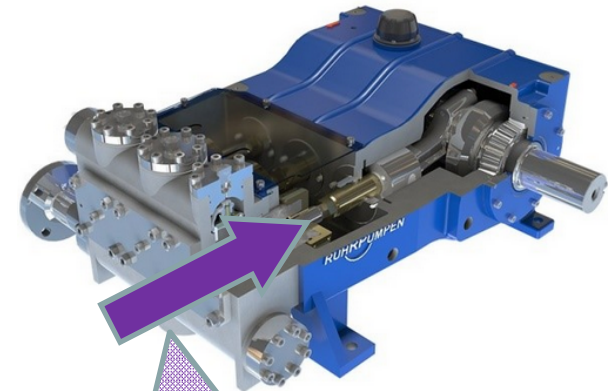
Поділяються на **сили та моменти корисного опору** (виконують необхідну для технологічного процесу роботу й прикладені до ланок, які називають веденими) та **сили й моменти опору середовища**



Момент
корисного опору
на колінчастому
валі двигуна



Момент
корисного опору
на валі ротора
електродвигуна

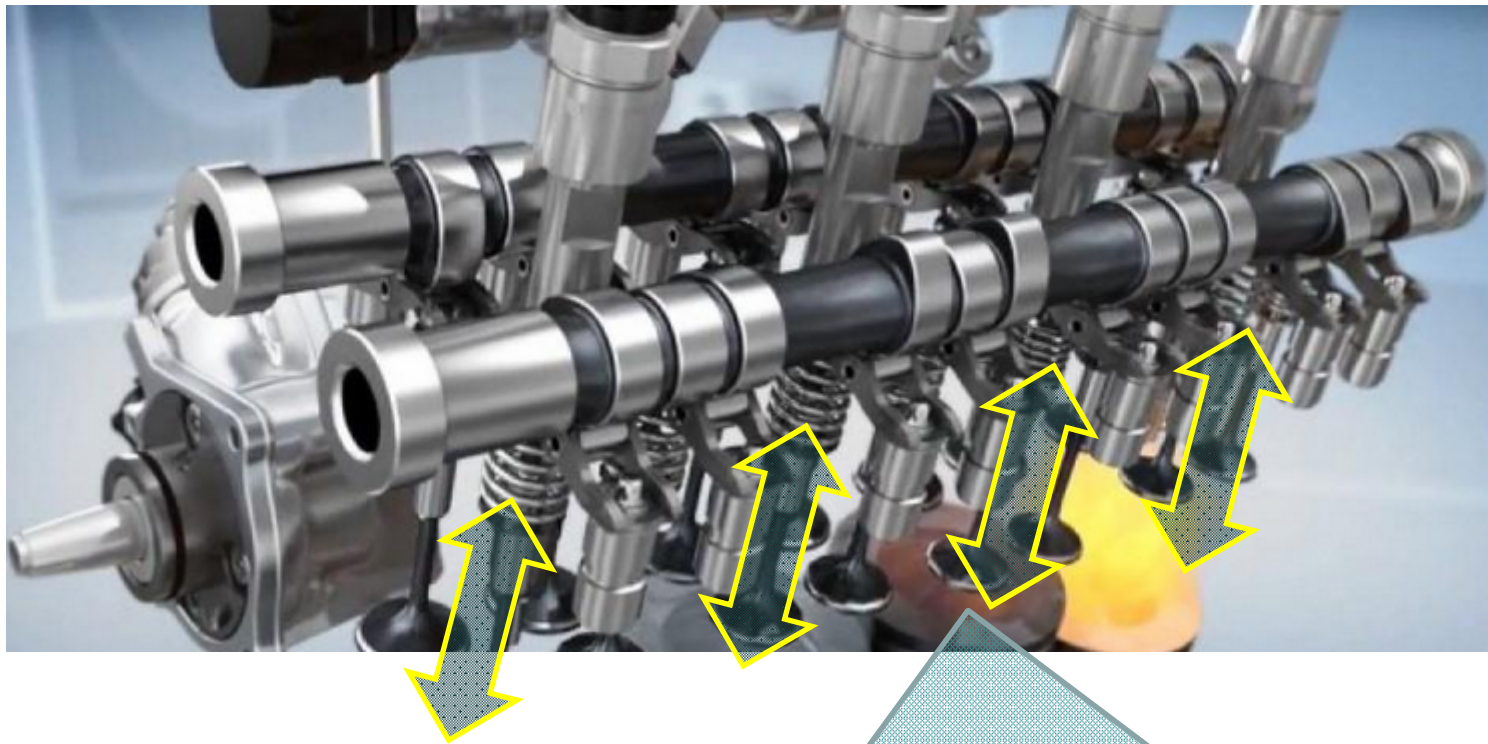


Сила корисного
опору, що діє на
поршень насоса

1.6.1 Основні задачі досліджень.

Характеристика сил, які діють на ланки механізму

Сили ваги та сили пружності пружин (за цикл роботи механізму ці сили можуть виконувати як додатну так і від'ємну роботу, втім сумарна робота рівна нулю)



Осьова сила розтискання та стискання пружини
клапана двигуна внутрішнього згорання

1.6.1 Основні задачі досліджень.

Характеристика сил, які діють на ланки механізму

7

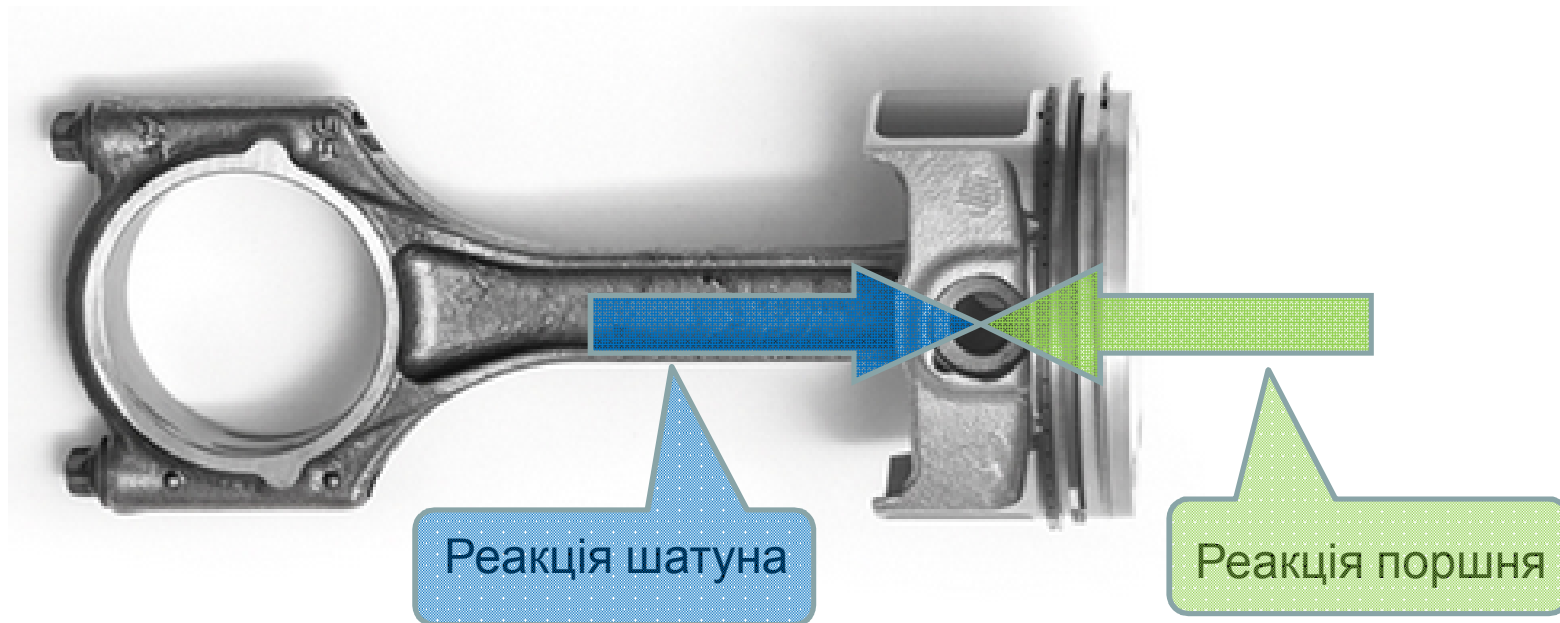
Сили інерції (дані сили виникають при зміні за величиною чи напрямком вектора швидкості, їх робота рівна нулю за період роботи механізму)



1.6.1 Основні задачі досліджень.

Характеристика сил, які діють на ланки механізму

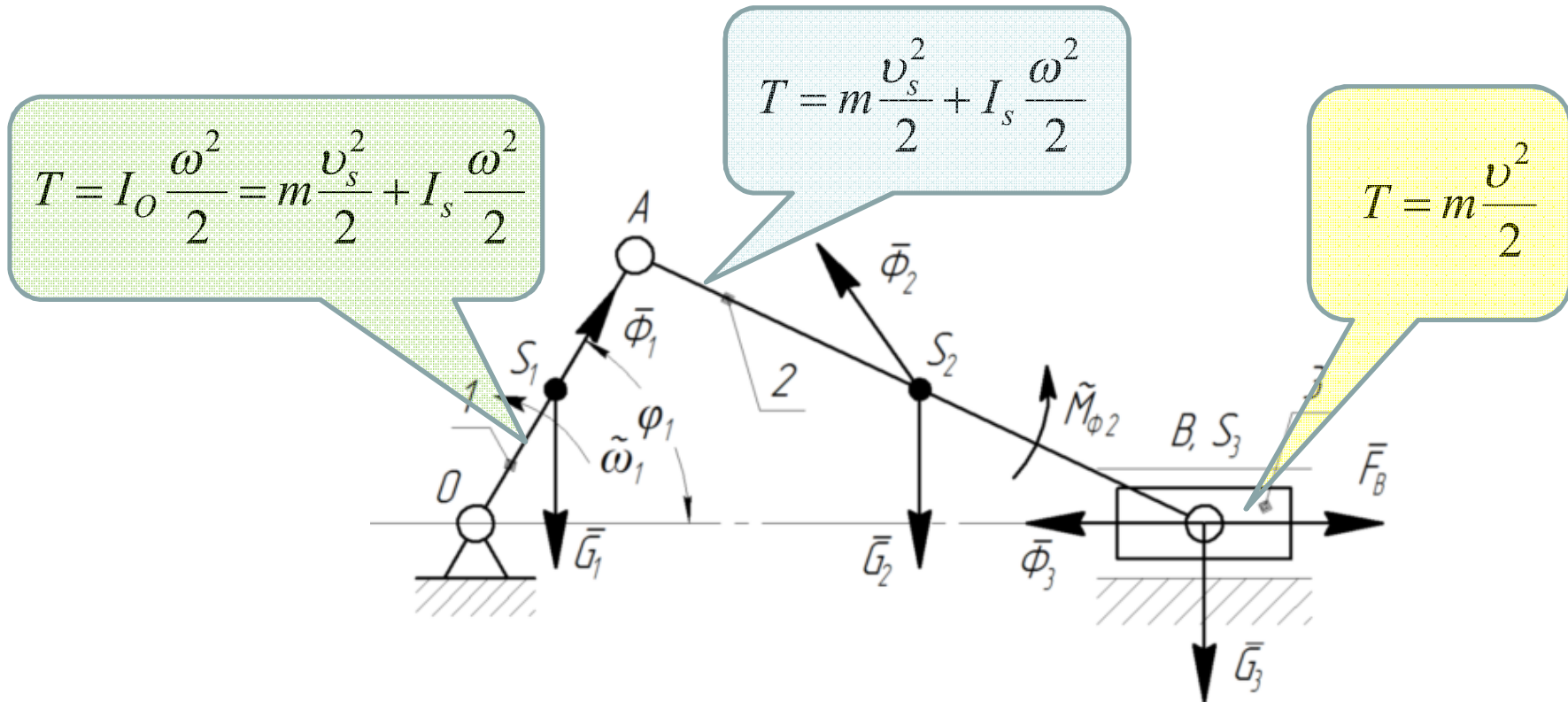
Сили взаємодії ланок між собою (ці сили діють у кінематичних парах, згідно з третім законом Ньютона вони вони взаємнозрівноважені)



1.6.2 Динамічна модель механізму

Теорема про зміну кінетичної енергії

$$T - T_0 = \sum A_i,$$

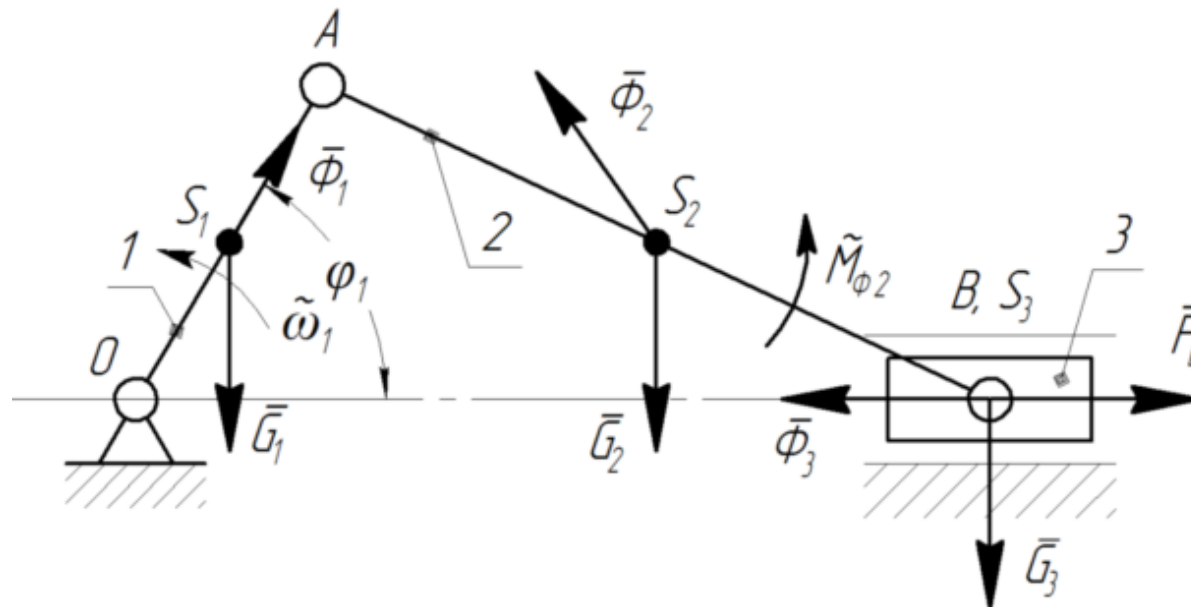


1.6.2 Динамічна модель механізму

$$T = \sum \left(m_i \frac{v_{si}^2}{2} + I_{si} \frac{\omega_i^2}{2} \right),$$

$$\sum A_i = \int_{S_0}^{S_i} F_i ds_i \cos \alpha_i + \int_{\varphi_0}^{\varphi_j} M_j d\varphi_j,$$

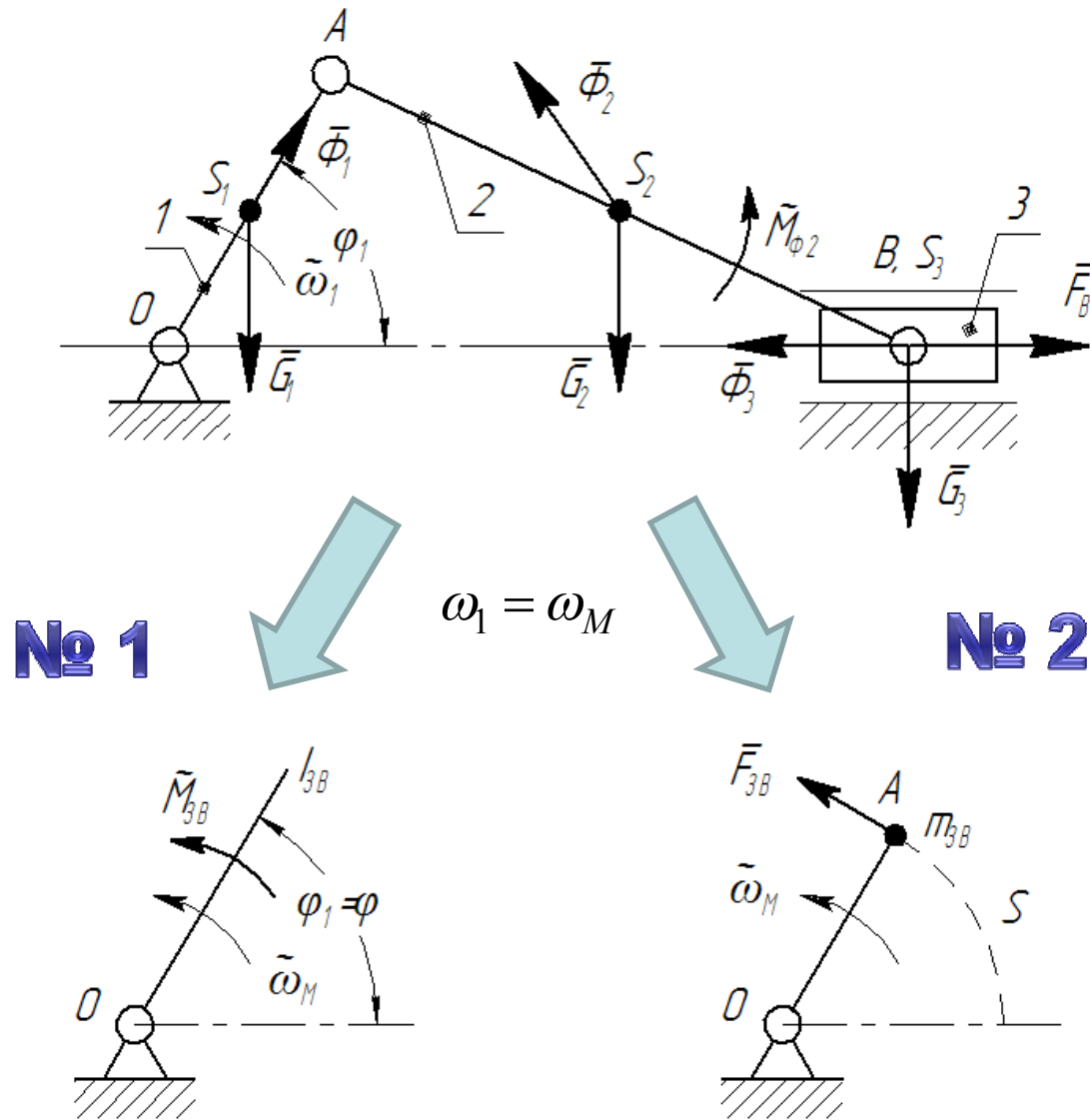
$$\sum \left(m_i \frac{v_{si}^2}{2} + I_{si} \frac{\omega_i^2}{2} \right) - T_0 = \int_{S_0}^{S_i} F_i ds_i \cos \alpha_i + \int_{\varphi_0}^{\varphi_j} M_j d\varphi_j.$$



1.6.2 Динамічна модель механізму

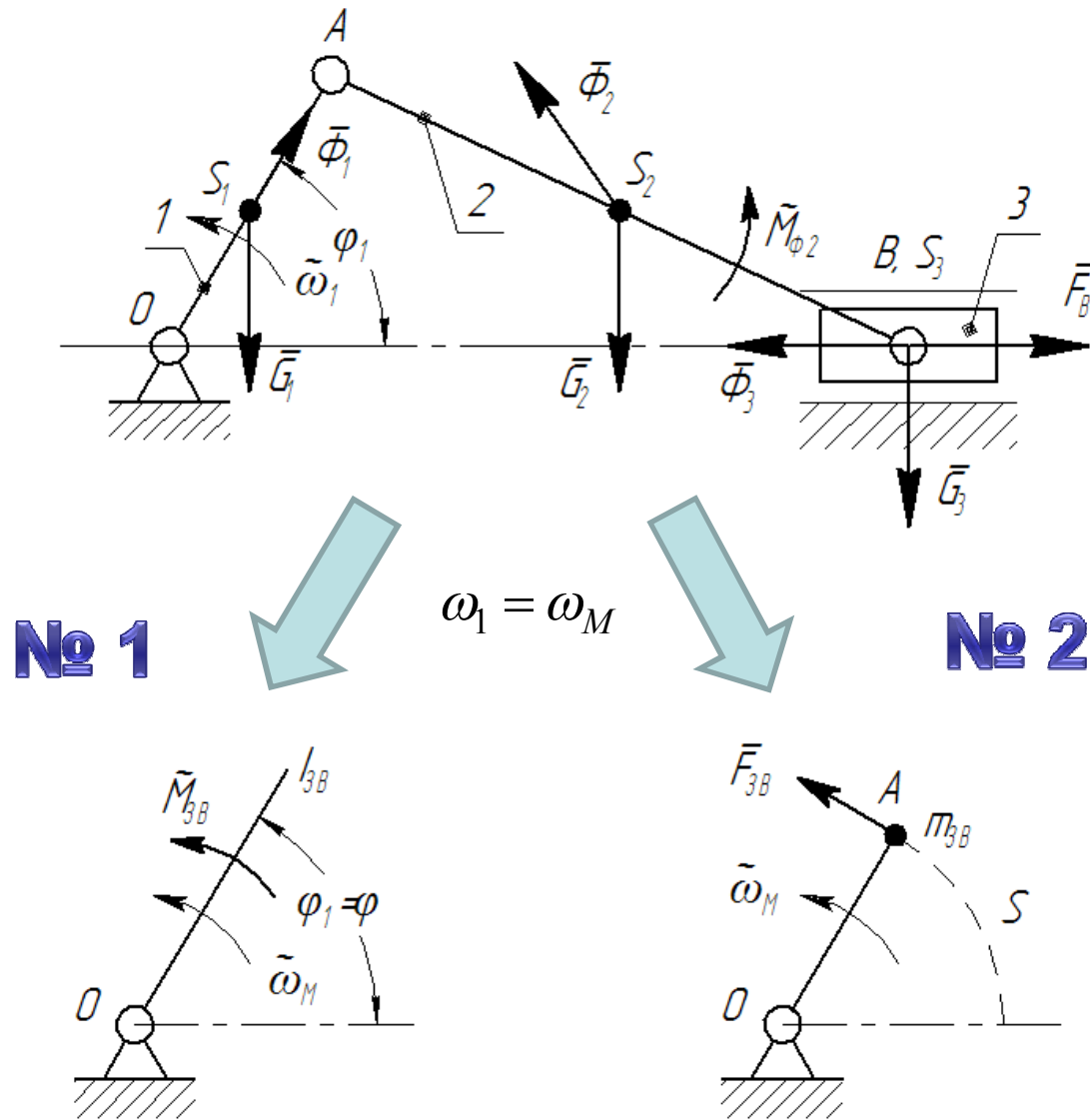
Ланка зведення – це ланка, до якої прикладена зведена сила (зведений момент) і маса якої дорівнює зведеній масі

Зведена сила (зведений момент) – це така уявна сила (момент), яка будучи прикладена до ланки зведення замість всіх прикладених до механізму сил і моментів, викликає такий же закон руху ланки зведення, як і під дією всіх реально існуючих сил і моментів



1.6.2 Динамічна модель механізму

Зведена маса – це така уявна маса, яка будучи зосереджена на ланці зведення замість мас всіх рухомих ланок механізму, викликала б такий же закон руху цієї ланки, як і маси всіх рухомих ланок механізму при незмінних прикладених силах і моментах сил



1.6.2 Динамічна модель механізму

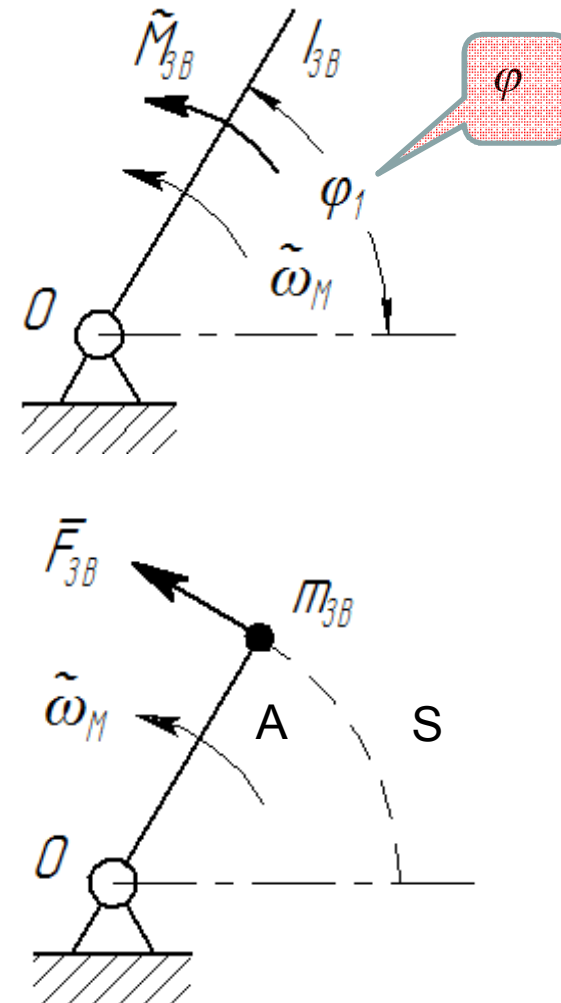
Визначення **зведеної сили** та **зведеного моменту**

$$M_{3\phi} d\varphi = \sum_{i=1}^m F_i \cos \alpha_i ds_i + \sum_{j=1}^n M_j d\varphi_j,$$

$$F_{3\phi} ds = \sum_{i=1}^m F_i \cos \alpha_i ds_i + \sum_{j=1}^n M_j d\varphi_j,$$

$$M_{3\phi} = \sum_{i=1}^m F_i \cos \alpha_i \frac{ds_i}{d\varphi} + \sum_{j=1}^n M_j \frac{d\varphi_j}{d\varphi},$$

$$F_{3\phi} = \sum_{i=1}^m F_i \cos \alpha_i \frac{ds_i}{ds} + \sum_{j=1}^n M_j \frac{d\varphi_j}{ds}.$$



1.6.2 Динамічна модель механізму

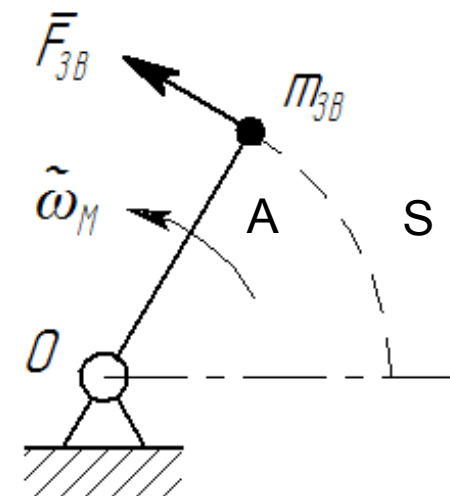
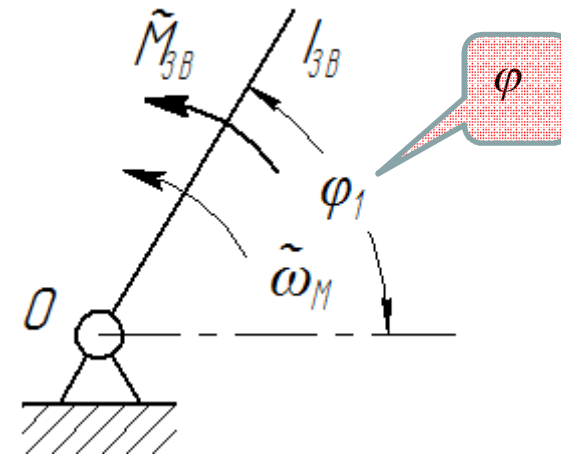
Визначення **зведеної маси** та **зведеного моменту інерції**

$$I_{3B} \frac{\omega^2}{2} = \sum_{i=1}^k \left(m_i \frac{v_{si}^2}{2} + I_{si} \frac{\omega_i^2}{2} \right),$$

$$m_{3B} \frac{v^2}{2} = \sum_{i=1}^k \left(m_i \frac{v_{si}^2}{2} + I_{si} \frac{\omega_i^2}{2} \right),$$

$$I_{3B} = \sum_{i=1}^k \left(m_i \frac{v_{si}^2}{\omega^2} + I_{si} \frac{\omega_i^2}{\omega^2} \right),$$

$$m_{3B} = \sum_{i=1}^k \left(m_i \frac{v_{si}^2}{v^2} + I_{si} \frac{\omega_i^2}{v^2} \right).$$



1.6.2 Динамічна модель механізму

Рівняння руху механізму в енергетичній формі

$$T - T_0 = \sum A_i,$$

$$I_{36} \frac{\omega^2}{2} - I_{360} \frac{\omega_0^2}{2} = \int_{\varphi_0}^{\varphi} M_{36} d\varphi,$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \int_{\varphi_0}^{\varphi} M_{36} d\varphi}{I_{36} - \frac{I_{360}}{I_{36}} \omega_0^2}}.$$

1.6.2 Динамічна модель механізму

Рівняння руху механізму
в диференціальній формі

$$T - T_0 = \sum A_i,$$

$$I_{36} \frac{\omega^2}{2} - I_{360} \frac{\omega_0^2}{2} = \int_{\varphi_0}^{\varphi} M_{36} d\varphi,$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(I_{36} \frac{\omega^2}{2} - I_{360} \frac{\omega_0^2}{2} \right) = \frac{d}{d\varphi} \left(\int_{\varphi_0}^{\varphi} M_{36} d\varphi \right),$$

$$\frac{d}{d\varphi} \left(I_{36} \frac{\omega^2}{2} \right) = M_{36},$$

$$\frac{dI_{36}}{d\varphi} \frac{\omega^2}{2} + I_{36} \frac{d}{d\varphi} \left(\frac{\omega^2}{2} \right) = M_{36},$$

$$\frac{dI_{36}}{d\varphi} \frac{\omega^2}{2} + I_{36} \omega \frac{d\omega}{d\varphi} = M_{36},$$

$$\frac{dI_{36}}{d\varphi} \frac{\omega^2}{2} + I_{36} \frac{d\varphi}{dt} \frac{d\omega}{d\varphi} = M_{36},$$

$$\frac{dI_{36}}{d\varphi} \frac{\omega^2}{2} + I_{36} \varepsilon = M_{36}.$$

$$\frac{dI_{36}}{d\varphi} \frac{\omega^2}{2} + I_{36} \frac{d\omega}{dt} = M_{36}.$$

Дякую за увагу!