

Лекція №3

Тема 3.2. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ЗА ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ ОЗНАКОЮ

Сучасне господарство насичене найрізноманітнішими механізмами. Згідно з функціями, які механізми виконують на різних ділянках виробництва, всі їх можна згрупувати в такі класи:

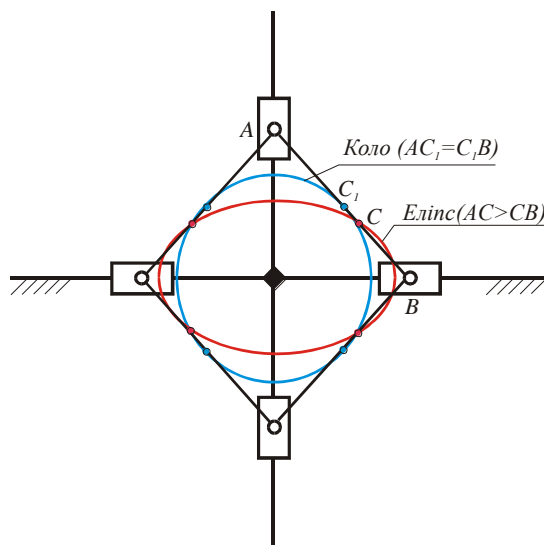


Рис. 3.6. Еліпсограф

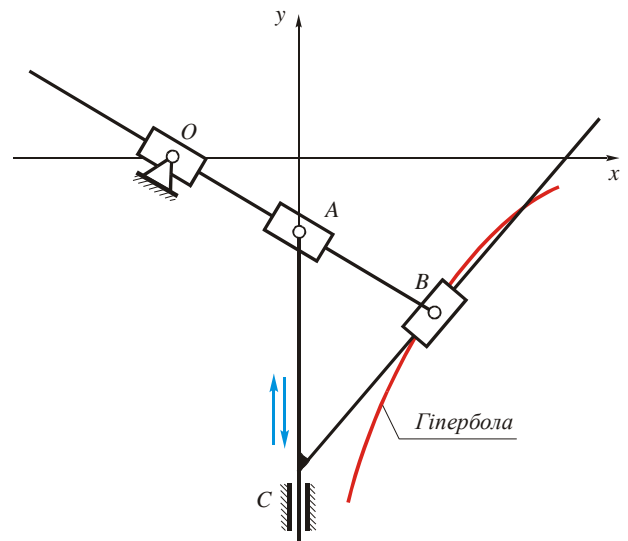


Рис. 3.7. Гіперболограф

Тема 3.3. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ЗА СПОСОБОМ ПЕРЕДАЧІ РУХУ

В механізмах передача руху від вхідних до вихідних ланок може здійснюватись такими способами:



Тема 3.4. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ЗА ХАРАКТЕРОМ РУХУ ЛАНОК

За цією ознакою механізми розрізняють за тими рухами, які здійснюють ланки, що входять до його складу. Механізми бувають:

3

Тема 3.5. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ЗА КОНСТРУКТИВНОЮ ОЗНАКОЮ (ЗА ТИПОМ МЕХАНІЗМУ)

Це мабуть найбільш вживана в інженерній практиці система класифікації механізмів.

Розрізняють такі основні типи механізмів:

4

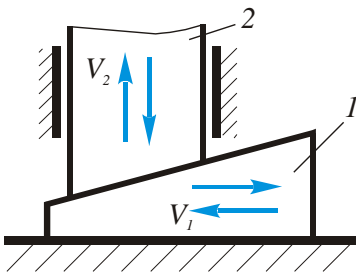


Рис. 3.8. Клиновий механізм

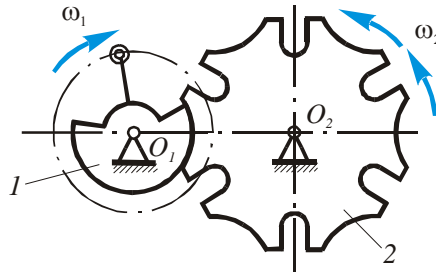


Рис. 3.9 Мальтійський механізм

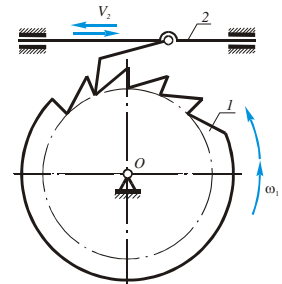


Рис. 3.10. Храповий механізм

Тема 3.6. МАШИНА. АГРЕГАТ

5

Розрізняють:

- машини *енергетичні*, призначені для перетворення будь-якого виду енергії в механічну і навпаки;
- машини *технологічні* (верстати, преси, молоти, прокатні стани та ін.);
- машини *транспортні* (автомобілі, транспортери, крани, літаки, ескалатори та ін.);
- *інформаційно-обчислювальні* машини (механічні і електронні калькулятори, ЕОМ)

б

Вимоги, які ставляться до сучасних машин. Щоб сучасні машини відповідали світовим стандартам якості, вони повинні мати такі властивості:

1. Висока продуктивність. Наприклад, проектують машини, які працюють за неперервним принципом. Візьмемо для прикладу роторний екскаватор. Його використання замість ковшового за певних умов є набагато ефективнішим.

2. Підвищення надійності при заданій довговічності. На рис 3.11 показані криві витрат на проектування та експлуатаційні витрати (рис. 3.11 а) залежно від довговічності машини. З графіка (рис. 3.11 б) для сумарної вартості чітко видно, що є деяка оптимальна довговічність, за якої машина буде найбільш економічною. Довговічність будь-якої машини має ув'язуватись з терміном її морального старіння.

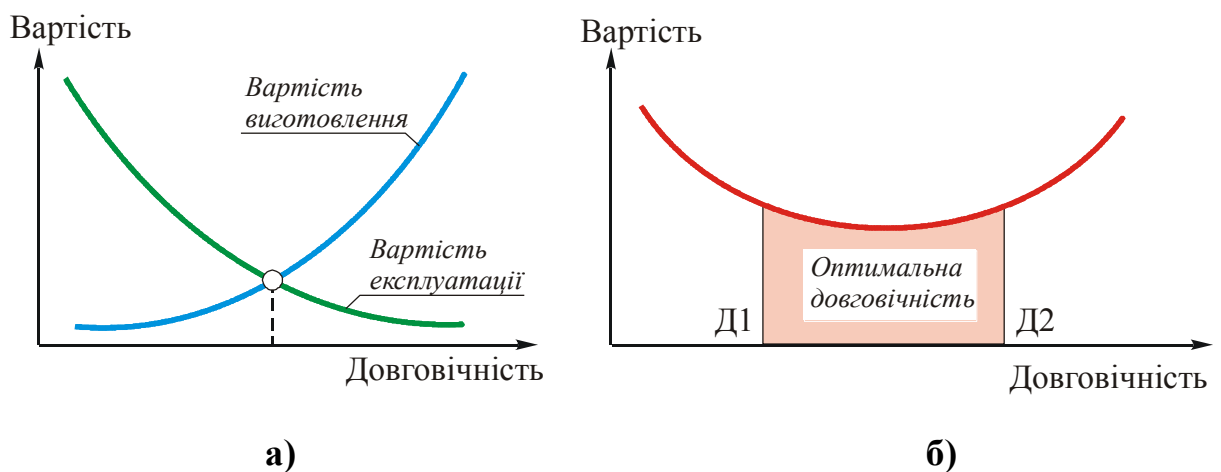


Рис. 3.11 Діаграми витрат: а – витрати на проектування та експлуатаційні витрати; б – діаграма сумарної вартості

3. Висока якість і точність.
4. Економічність.
5. Екологічна чистота.

Залежно від галузі застосування, цей перелік може бути продовженим.

Розділ 4. КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ

7

В кінематиці розв'язуються дві основні задачі: *аналізу і синтезу* механізму.

При аналізі розглядається існуючий механізм і вивчаються його *кінематичні характеристики*.

Задача синтезу зводиться до створення механізмів з наперед заданими кінематичними характеристиками.

На сьогодні найбільш розробленими є методи аналізу, тобто, дослідження уже існуючого механізму. Методи синтезу розроблені глибоко лише для кулачкових і зубчастих механізмів.

В наш час користуються переважно трьома основними методами дослідження – аналітичним, методом планів, методом кінематичних діаграм.

Тема 4.1. АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ КІНЕМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ

4.1.1. Основні кінематичні характеристики механізму

До кінематичних характеристик або параметрів механізму належать: координати та траєкторії руху точок; узагальнені координати ланок; переміщення точок і ланок, їх швидкості і прискорення, а також *функції положення і передатні функції механізму*.

4.1.2. Передатні функції та передатні відношення

Функція положення механізму. На практиці дослідження кінематичних характеристик зручно проводити не в функції часу, а в функції узагальнених координат початкових ланок. Тобто, коли відоме положення механізму, обчислюють ці характеристики незалежно від закону зміни узагальнених координат в часі, який нам може бути і невідомим. Іншими словами, кінематичні характеристики механізму в цьому випадку залежать лише від кінематичної схеми і не залежать від часу.

8

Наприклад:

$$\varphi_n = \varphi_n(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_s). \quad (4.1)$$

Тут n – індекс вихідної ланки; $\varphi_1, \dots, \varphi_s$ – узагальнені координати механізму.

Розглянемо механізм з двома ступенями рухливості $w=2$ (рис. 4.1), ланка n якого виконує обертальний рух з кутовою швидкістю ω_n .

Функція положення ланки n :

$$\varphi_n = \varphi_n(\varphi_1, \varphi_2). \quad (4.2)$$

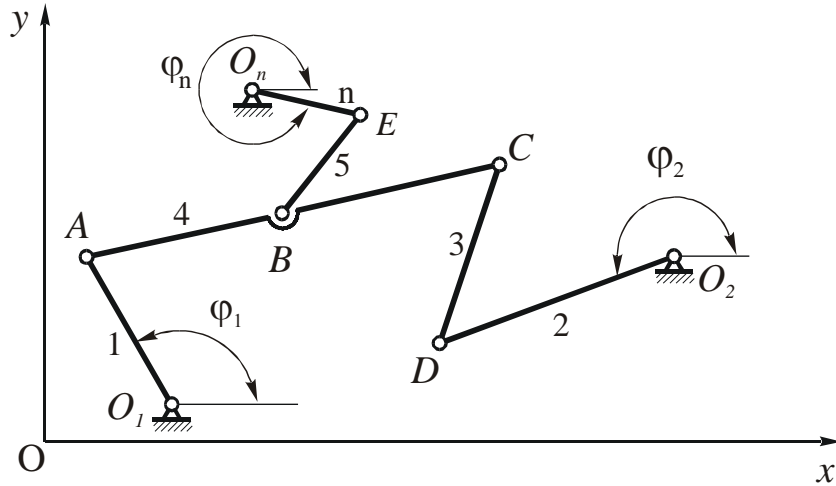


Рис. 4.1 Шарнірно-важільний механізм з $w=2$

Передатні функції механізму. Знайдемо кутову швидкість ланки n (рис. 4.1).

$$\omega_n = \frac{d\varphi_n}{dt} = \frac{\partial \varphi_n}{\partial \varphi_1} \frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{\partial \varphi_n}{\partial \varphi_2} \frac{d\varphi_2}{dt}, \quad (4.3)$$

або

$$\omega_n = u_{n1}^{(2)} \cdot \omega_1 + u_{n2}^{(1)} \cdot \omega_2. \quad (4.4)$$

Тут $u_{n1}^{(2)} = \frac{\partial \varphi_n}{\partial \varphi_1}$; $u_{n2}^{(1)} = \frac{\partial \varphi_n}{\partial \varphi_2}$ — частинні передатні відношення.

Для механізму зі ступенем рухливості $w=1$ ($\omega_2=0$)

$$\omega_n = \frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} \frac{d\varphi_1}{dt} = u_{n1} \cdot \omega_1, \quad (4.5)$$

де $u_{n1}^{(2)} = \frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} = \frac{\omega_n}{\omega_1} = i_{n1}$ — відношення кутових швидкостей ланок, яке називається *передатним відношенням*.

Фізичний зміст частинних передатних відношень такой: $u_{n1}^{(2)}$ – це передатне відношення між ланками n і 1 за нерухомої ланки 2 (рис. 4.1); $u_{n2}^{(1)}$ – передатне відношення між ланками n і 2 за нерухомої ланки 1.

Частинне передатне відношення називають також *аналогом кутової швидкості*. Дійсно, якщо в рівнянні (3.4) $\omega_2 = 0$, а $\omega_1 = 1 \text{ c}^{-1}$, то $\omega_n = u_{n1}^{(2)}$.

Визначимо швидкість точки E (рис. 4.1), положення якої визначається радіус – вектором $\vec{r}_E = \vec{r}_E(\varphi_1, \varphi_2)$.

$$\vec{V}_E = \frac{d\vec{r}_E}{dt} = \frac{\partial \vec{r}_E}{\partial \varphi_1} \frac{d\varphi_1}{dt} + \frac{\partial \vec{r}_E}{\partial \varphi_2} \frac{d\varphi_2}{dt}. \quad (4.6)$$

Або

$$\vec{V}_E = \frac{\partial \vec{r}_E}{\partial \varphi_1} \omega_1 + \frac{\partial \vec{r}_E}{\partial \varphi_2} \omega_2, \quad (4.7)$$

де $\frac{\partial \vec{r}_E}{\partial \varphi_1}$ і $\frac{\partial \vec{r}_E}{\partial \varphi_2}$ – *аналози швидкостей точки E* .

Для механізму зі ступенем рухливості $w=1$ ($\omega_2=0$) маємо

$$\vec{V}_E = \frac{d\vec{r}_E}{d\varphi_1} \omega_1. \quad (4.8)$$

Визначимо кутове прискорення ланки n . Обмежимося випадком, коли ступінь рухливості механізму $w=1$ ($\omega_2=0$)

$$\varepsilon_n = \frac{d^2\varphi_n}{dt^2} = \frac{d}{dt} \left(\frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} \omega_1 \right) = \frac{d^2\varphi_n}{d\varphi_1^2} \frac{d\varphi_1}{dt} \omega_1 + \frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} \frac{d\omega_1}{dt}, \quad (4.9)$$

або

$$\varepsilon_n = \frac{d^2\varphi_n}{d\varphi_1^2} \omega_1^2 + \frac{d\varphi_n}{d\varphi_1} \varepsilon_1, \quad (4.10)$$

де $\frac{d^2\varphi_n}{d\varphi_1^2} = u'_{n1}$ – *аналог кутового прискорення*.

Визначимо тангенціальне прискорення т. E , взявши похідну по часу від швидкості (4.8). Після простих перетворень отримаємо вираз:

$$\vec{a}_E^\tau = \frac{d^2 \vec{r}_E}{d\varphi_1^2} \omega_1^2 + \frac{d\vec{r}_E}{d\varphi_1} \varepsilon_1. \quad (4.11)$$

Тут $\frac{d^2 \vec{r}_E}{d\varphi_1^2}$ – аналог тангенціального прискорення точки E .

9

4.1.3. Приклади дослідження деяких типових механізмів

Приклад 3.1. Визначити швидкість і прискорення точки B кривошипно-повзункового механізму, кінематична схема якого в масштабі μ_1 зображена на рис. 4.2, якщо $\omega_1 = \text{Const}$. Визначити передатне відношення шатуна і кривошипа, а також кутове прискорення шатуна.

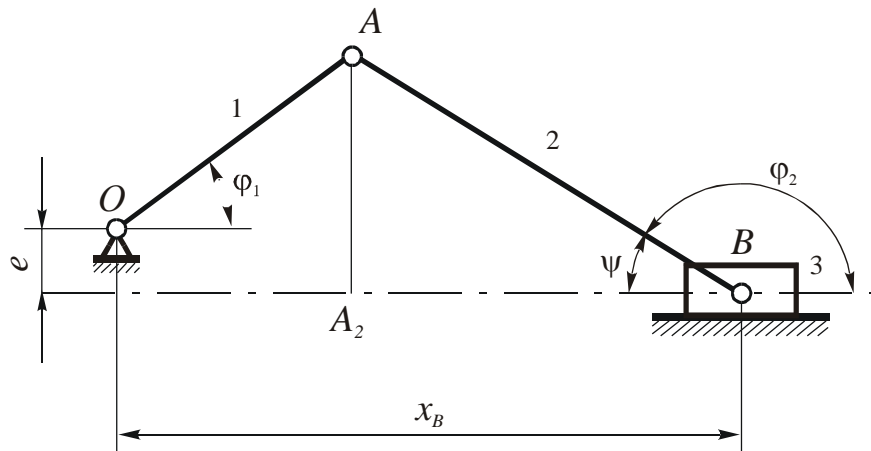


Рис. 4.2 Кривошипно-повзунковий механізм

Визначимо функцію положення точки B :

$$x_B = x_B(\varphi_1);$$

$$x_B = l_{OA} \cdot \cos \varphi_1 + l_{AB} \cdot \cos \psi. \quad (1)$$

З $\triangle ABA_1$ знаходимо:

$$\sin \psi = \frac{l_{OA} \sin \varphi_1 + e}{l_{AB}} = \sin(\pi - \varphi_2).$$

Тоді

$$\cos \psi = \sqrt{1 - \sin^2 \psi} = \sqrt{1 - \left(\frac{l_{OA} \sin \varphi_1 + e}{l_{AB}} \right)^2}.$$

Підставляючи знайдений вираз в (1), отримаємо

$$x_B = l_{OA} \cos \varphi_1 + \sqrt{l_{AB}^2 - (e + l_{OA} \sin \varphi_1)^2}. \quad (2)$$

Швидкість точки B

$$V_B = \frac{dx_B}{dt} = \frac{dx_B}{d\varphi_1} \omega_1. \quad (3)$$

Аналог швидкості точки B знайдемо, взявши похідну від її функції положення (2)

$$\frac{dx_B}{d\varphi_1} = -l_{OA} \sin \varphi_1 + \frac{-2(e + l_{OA} \sin \varphi_1)l_{OA} \cos \varphi_1}{2\sqrt{l_{AB}^2 - (e + l_{OA} \sin \varphi_1)^2}} \quad (4)$$

Враховуючи, що при $\omega_1 = \text{Const}$ кутове прискорення кривошипа $\varepsilon_1 = 0$, прискорення точки B , згідно з (4.11)

$$a_B = \frac{d^2 x_B}{dt^2} = \frac{d^2 x_B}{d\varphi_1^2} \cdot \omega_1^2. \quad (5)$$

Тут аналог прискорення

$$\frac{d^2 x_B}{d\varphi_1^2} = -l_{OA} \cos \varphi_1 - \frac{l_{AB}^2 l_{OA}^2 \cos^2 \varphi_1 - l_{AB}^2 l_{OA} (e + l_{OA} \sin \varphi_1) \sin \varphi_1 + l_{OA} (e + l_{OA} \sin \varphi_1)^3 \sin \varphi_1}{\left[l_{AB}^2 - (e + l_{OA} \sin \varphi_1)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}. \quad (6)$$

Визначимо передатне відношення шатуна і кривошипа:

$$u_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = \frac{d}{d\varphi_1} \left(\arcsin \frac{l_{OA} \sin \varphi_1 + e}{l_{AB}} \right) = \frac{l_{OA} \cos \varphi_1}{l_{AB} \sqrt{1 - \left(\frac{l_{OA} \sin \varphi_1 + e}{l_{AB}} \right)^2}} = -\frac{l_{OA}}{l_{AB}} \cdot \frac{\cos \varphi_1}{\cos \varphi_2}. \quad (7)$$

$$\text{Тут } \sqrt{1 - \left(\frac{l_{OA} \sin \varphi_1 + e}{l_{AB}} \right)^2} = \cos(\pi - \varphi_2) = -\cos \varphi_2.$$

Визначимо передатну функцію кутового прискорення шатуна.

$$\frac{d^2 \varphi_2}{d\varphi_1^2} = \frac{d}{d\varphi_1} (u_{21}) = \frac{d}{d\varphi_1} \left(-\frac{l_{OA} \cos \varphi_1}{l_{AB} \cos \varphi_2} \right) = \frac{l_{OA}}{l_{AB}} \cdot \left(\frac{\cos \varphi_2 \cdot \sin \varphi_1 - u_{21} \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{\cos^2 \varphi_2} \right). \quad (8)$$

Кутове прискорення шатуна

$$\varepsilon_2 = \omega_1^2 \cdot \frac{l_{OA}}{l_{AB}} \cdot \left(\frac{\cos \varphi_2 \cdot \sin \varphi_1 - u_{21} \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2}{\cos^2 \varphi_2} \right). \quad (9)$$