

# ЛЕКЦІЯ №1

## ВСТУП

По змісту курс «теорія механізмів і машин» (ТММ) поділяється на два розділи:

- 1) загальні методи визначення кінематичних і динамічних характеристик;
- 2) методи проектування основних видів механізмів.

В першому розділі розглядаються: структура механізмів; методи кінематичного дослідження механізмів (без врахування сил, які діють на ланки механізмів); динамічний аналіз механізмів машин з урахуванням характеристик двигуна та робочої машини (з жорсткими ланками механізмів) з використанням методу збурення; кінетостатичний аналіз важільних механізмів; динамічний аналіз машин з пружними ланками; віброзахист машин.

У другому розділі розглядається структурний синтез механізмів маніпуляторів; синтез зубчастих механізмів; синтез кулачкових механізмів.

Курс ТММ включає: лекцій 51 год., практичних занять 17 год., лабораторних занять 17 год., домашнє завдання на курсовий проект. Передбачено при виконанні домашніх завдань та курсового проекту використання 4 програм на ЕОМ: KINEMA, STAT, DIN та ZZ.

## **РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН І СИСТЕМ МАШИН.**

Механізм - це система, з'єднаних між собою тіл, призначених для перетворення руху одного або кількох тіл в потрібний рух інших тіл. Тіла, які входять до механізму - ланки. Ланки бувають: тверді, жорсткі, рідинні і таке інше. Машина - пристрій, то виконує механічні рухи для перетворення енергії, матеріалів.

Машини бувають: енергетичні, технологічні.

## 1.1 Структурний аналіз і синтез важільних механізмів.

### 1.1.1 Ступінь вільності, умови зв'язку.

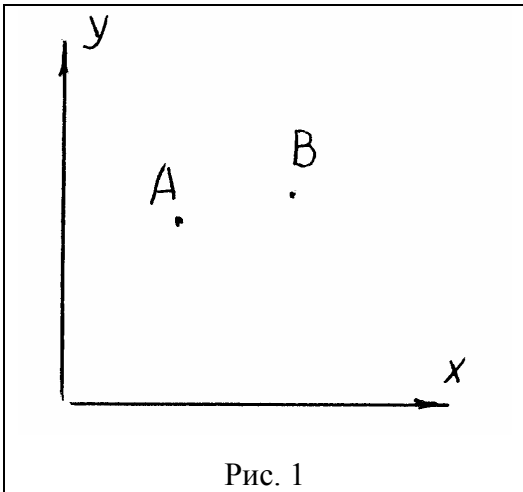


Рис. 1

Якщо розглянути положення точки  $A$  в площині (Рис. 1), то помічаємо, що вона має 2 ступені вільності. Аналогічно т.  $B$  в тій же системі координат теж має 2 ступені вільності. Тобто в сумі т.  $A$  і т.  $B$  мають 4 незалежних ступеня вільності.

Якщо ввести обмеження на відносний рух двох точок (вважати  $AB = const$ ) тобто накласти умови зв'язку, тоді  $4-1=3$  залишиться 3 ступені вільності. **Система** двох точок перетвориться в тіло, у якого, як відомо, в площині 3 ступені вільності. Як видно з цього прикладу, всяке обмеження в русі точки або тіла відповідає введенню умов зв'язку.

Геометричні, кінематичні або динамічні обмеження, що накладаються на вільне тверде тіло в абсолютному або відносному русі – умови зв'язку. В подальшому будемо розглядати геометричні умови зв'язку.

Лінія, точка, поверхня однієї ланки, що входить в дотик з другою ланкою – елемент кінематичної пари.

Об'єднання двох ланок, що забезпечує їх відносний рух – кінематична пара (КП). Кінематичні пари класифікуються по виду елементів, а також по умовах зв'язку. Кінематична пара вважається вищою, якщо її елементом буде лінія або точка. Кінематична пара вважається нижчою, якою її елементом буде площина або поверхня.

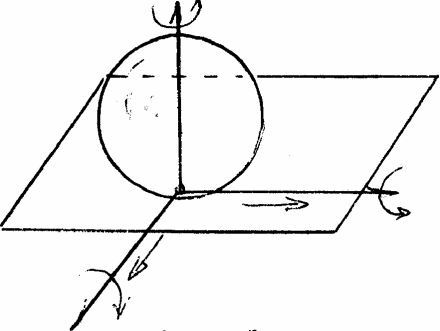
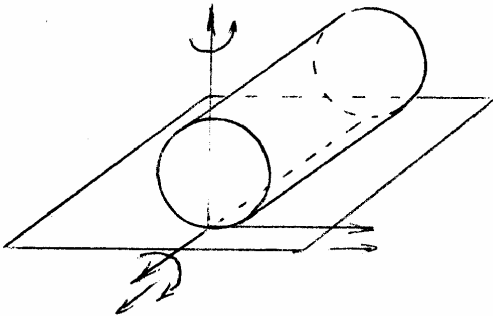
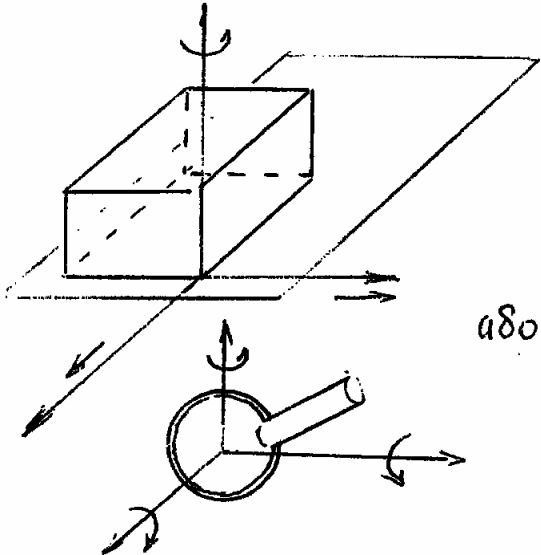
### 1.1.2 Класифікація КП за умовами зв'язку.

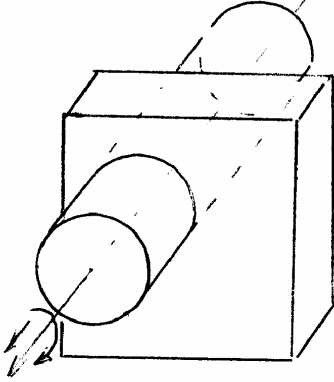
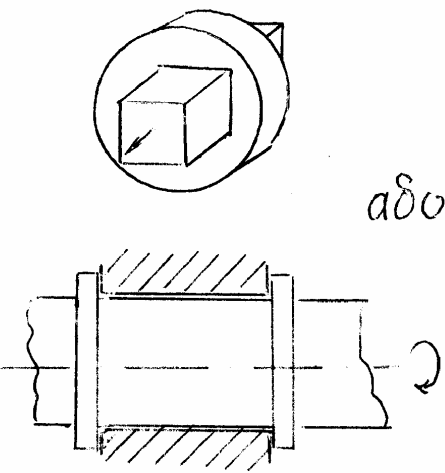
Клас кінематичної пари визначається кількістю умов зв'язку, що накладається на відносний рух двох тіл.

У просторі тіло має 6 ступенів вільності. КП передбачає обмеження і

наявність руху. Таким чином, щоб існував рух одної ланки відносно другої може бути накладено не більш, як 5 обмежень (умов зв'язку). Якщо клас КП визначається кількістю умов зв'язку, значить їх може бути не більше 5 класів.

### Приклади

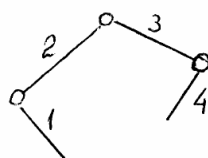
 <p>Рис. 2</p>	<p>1 клас КП</p> <p>Куля відносно площини при збереженні елемента (точки) може здійснювати 5 рухів: обертатись відносно 3 осей та переміщуватись вздовж 2 паралельна площині. Неможливий рух вздовж осі, що перпендикулярна площині тому, що в цьому випадку не буде з'єднання двох ланок, а значить і КП. Накладена 1 в'язь.</p>
 <p>Рис. 3</p>	<p>2 клас КП.</p> <p>Циліндр відносно площини при збереженні елемента (лінії) може здійснювати 4 рухи. Накладено 2 в'язі.</p>
 <p>Рис. 4</p>	<p>3 клас КП</p> <p>Призма відносно площини при збереженні елемента (поверхні) може здійснювати 3 рухи.</p> <p>або</p> <p>Куля розташована всередині кулі може здійснювати 3 рухи. Накладено 3 в'язі.</p>

 <p>Рис. 5</p>	<p>4 клас КП</p> <p>Циліндр в направляючих може здійснювати 2 рухи. Накладено 4 в'язі.</p>
 <p>Рис. 6</p>	<p>5 клас КП</p> <p>Призма в направляючих може здійснювати 1 рух – поступальна пара.</p> <p>Вал відносно цапфи може здійснювати 1 рух - обертальна пара.</p> <p>Накладено 5 в'язей.</p>

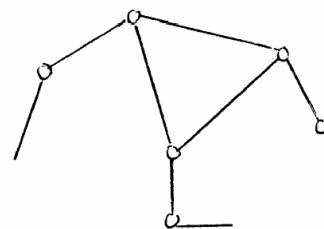
### 1.1.3 Класифікація кінематичних ланцюгів.

Кінематичний ланцюг - це сукупність ланок, з'єднаних кінематичними парами послідовно або розгалужено.

Кінематичні ланцюги поділяються на прості та складні



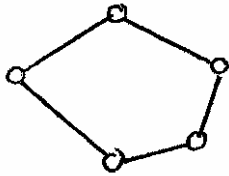
простий



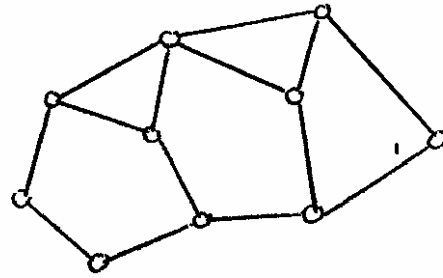
складний

Якщо ланка входить не більш як до двох кінематичних пар ланцюга - такий ланцюг простий. Якщо хоч одна ланка ланцюга входить більш як до двох кінематичних пар - такий ланцюг складний.

Прості та складні ланцюги поділяються на замкнені та незамкнені



простий замкнений



складний замкнений

### 1.1.4 Число ступенів вільності кінематичного ланцюга. Число ступенів рухомості механізму.

Нехай маємо  $K$  вільних у просторі тіл. Загальна кількість їх ступенів вільності  $6K$ . З'єднаємо ці тіла (ланки) в кінематичний ланцюг, використовуючи при цьому кінематичні пари 1,2,3,4,5 класів. Кожна кінематична пара накладає відповідну кількість в'язей (кількість їх відповідає номеру кінематичної пари). Таким чином, від загальної кількості ступенів вільності необхідно відняти таку кількість, яка відповідає накладеним в'язям. Тобто: якщо відповідно:

Кількість КП 1 класу  $p_1$  то кількість в'язей  $1 \cdot p_1$

Кількість КП 2 класу  $p_2$  то кількість в'язей  $2 \cdot p_2$

Кількість КП 3 класу  $p_3$  то кількість в'язей  $3 \cdot p_3$

Кількість КП 4 класу  $p_4$  то кількість в'язей  $4 \cdot p_4$

Кількість КП 5 класу  $p_5$  то кількість в'язей  $5 \cdot p_5$

Загальна кількість в'язей, які накладаються  $1 \cdot p_1 + 2 \cdot p_2 + 3 \cdot p_3 + 4 \cdot p_4 + 5 \cdot p_5$ .

Якщо від загальної кількості ступенів вільності  $6K$  відняти загальну кількість в'язей – одержимо загальне число ступенів вільності  $H$  кінематичного ланцюга.

$$H = 6 \cdot K - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_2 - p_1$$

Якщо закріпити одну ланку (зробити її стояком), одержимо число ступенів вільності відносно нерухомої ланки – це ступінь рухомості механізму

$$W = 6 \cdot (K - 1) - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_2 - p_1$$

Позначимо  $n = K - 1$  – число рухомих ланок механізму. Одержимо формулу формулу Малишева А. П. для визначення ступенів рухомості просторових


механізмів

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1$$

У площині можуть існувати тільки кінематичні пари 4 і 5 класів тому, що при переході від просторової системи координат на плоску накладається 3 в'язі.

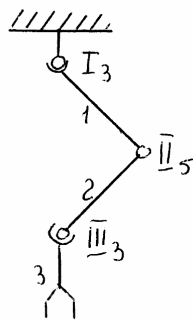
Враховуючи це для плоских механізмів, одержимо формулу Чебишева П. Л.

$$W = 3n - 2p_5 - p_4$$

Розглянемо кілька прикладів використання формул Малишева та Чебишева. Введемо позначення: ланки механізму позначатимемо арабськими цифрами, кінематичні пари – римськими з індексом, що вказує клас кінематичної пари. Нерухому ланку позначатимемо .

Ідеальний маніпулятор (**manus** – рука).

Механізм має 7 ступенів вільності. Це вказує на те, що для нього необхідно передбачити 7 вхідних ланок і відповідно 7 двигунів.



$$n = 3,$$

$$p_5 = 1, W = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 1 - 3 \cdot 2 = 7,$$

$$p_4 = 0,$$

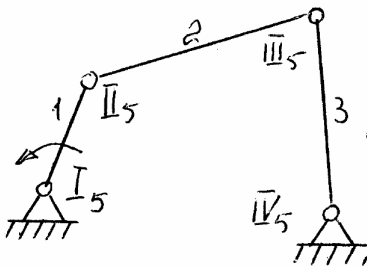
$$p_3 = 2,$$

$$p_2 = 0,$$

$$p_1 = 0.$$

Рис. 1.1

Шарнірний чотири ланковий механізм



$$n = 3,$$

$$p_5 = 4,$$

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1.$$

1 ланка – кривошип,

2 ланка – шатун,

3 ланка – коромисло.

Рис. 1.2

Ступінь рухомості 1. Потрібен 1 двигун, який встановлюється на вхідній

ланці. У даному випадку вхідна ланка - кривошип позначається  $\mathcal{U}$ .

### Кривошипно-повзунковий механізм

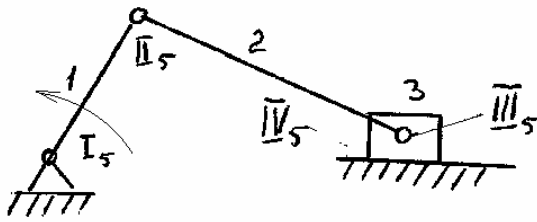


Рис. 1.3

$$n = 3$$

$$p_5 = 4$$

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

1 ланка – кривошип,

2 ланка – шатун,

3 ланка – повзун.

### Кривошипно-кулісний механізм

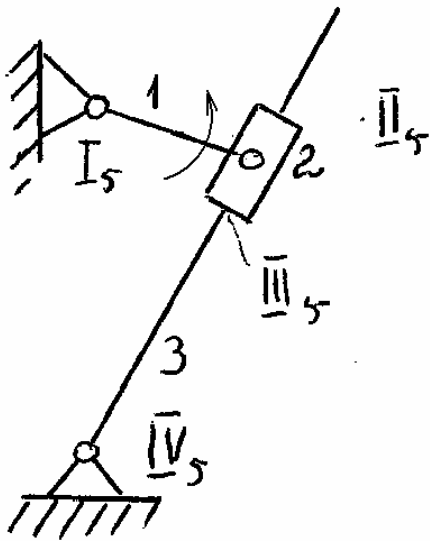


Рис. 1.4

$$n = 3$$

$$p_5 = 4$$

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

1 ланка – кривошип,

2 ланка – камінь,

3 ланка – куліса.

Кінематична поступальна пара III ступеню з'єднує камінь та кулісу.