

*Текст лекції*

# ***Розділ III. Основи теорії механізмів і машин***

*Викладач: Любимов О.Г.*

# ***Тема 1. Вступна лекція***

## **План:**

1. Вступ. Основні поняття та визначення.
2. Класифікація кінематичних пар.
3. Ступінь рухомості механізмів.

# Література:

1. Артоболевский Н.Н., Эдельштейн Б.В. Сборник задач по теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1975.- 256 с.
2. Прикладная механика / Путята Т.В., Мошаровский М.С., Соколов Н.Г. и др., - Киев: Вища шк., 1977 – 536 с.

**Ключові слова:** механізм, машина, ланка, кінематична пара, кінематичний ланцюг, ступінь рухомості механізму, вищі та нижчі кінематичні пари.

# 1. Вступ. Основні поняття статики

Теорія механізмів і машин являє собою один із важливих розділів курсу “Прикладна механіка”. Це наука про загальні методи дослідження властивостей механізмів і машин та проектування їх схем. Дослідження механізмів і машин – це вивчення руху ланок та їх точок. Побудова або синтез механізмів являє розробку раціональних методів визначення параметрів механізмів і машин за заданими функціями їх руху.

**Механізм** – механічна система, яка призначена для отримання потрібного руху одного або кількох тіл. Головне призначення механізма – здійснення технологічних операцій.

**Машина** – комплекс механізмів, які відтворюють заданий рух для зміни форми тіла, його положення і т.ін.

Машини, в яких усі перетворення енергії (матеріалів та інформації) відбуваються без безпосередньої участі людини, називаються **машинами-автоматами**.

**Ланка** – одне чи декілька жорстко з'єднаних між собою твердих тіл (деталей).

В механізмі є вхідна і вихідна ланки. Ланка, якій надається рух від двигуна, називається **вхідною**. Ланка, яка з'єднана з робочим органом машини і змінює вхідний рух в потрібний вихідний, називається **вихідною**.

В залежності від характеру руху ланки мають свою назву: кривошип; коромисло; шатун; повзун; куліса; кулачок; зубчасте колесо.

**Кінематична пара (КП)** – з'єднання двох ланок, що дотикаються і обмежують рух одна одної.

**Кінематичний ланцюг** – система з'єднаних ланок, що створюють між собою КП.

## 2. Класифікація кінематичних пар

1. За видами елементів КП поділяються на:
- вищі (рис. 3.1);
  - нижчі (рис. 3.2)

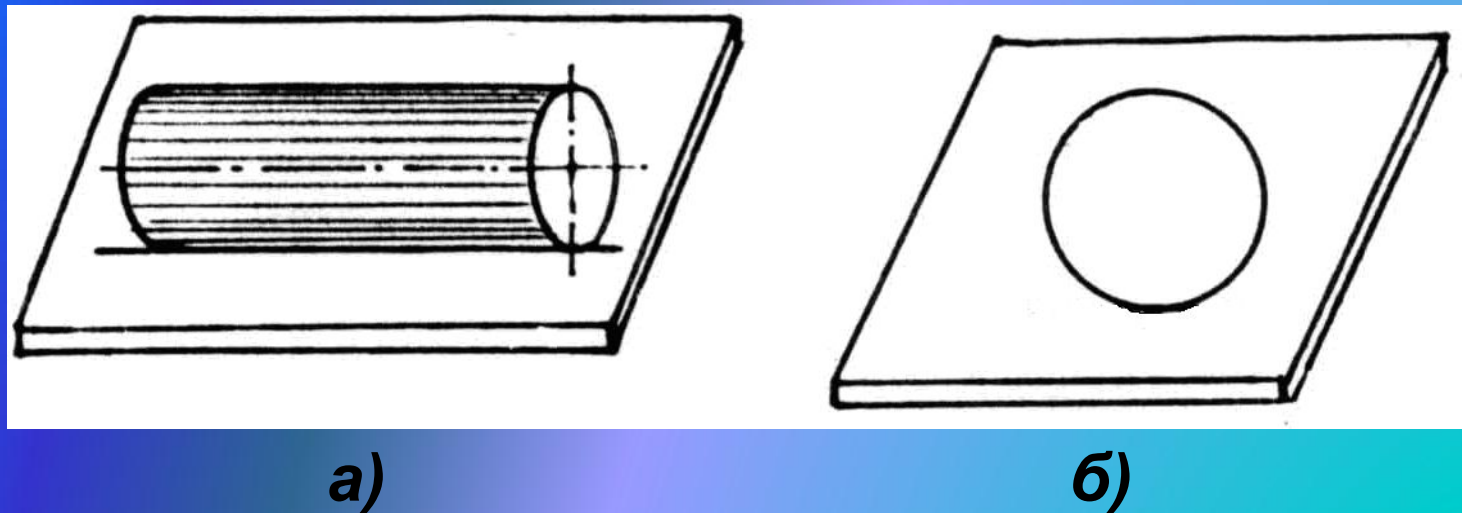
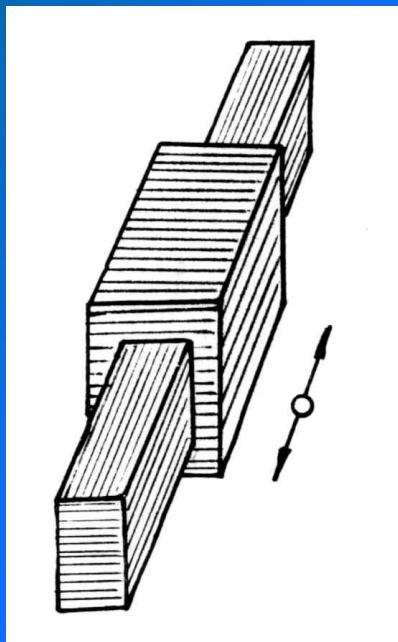
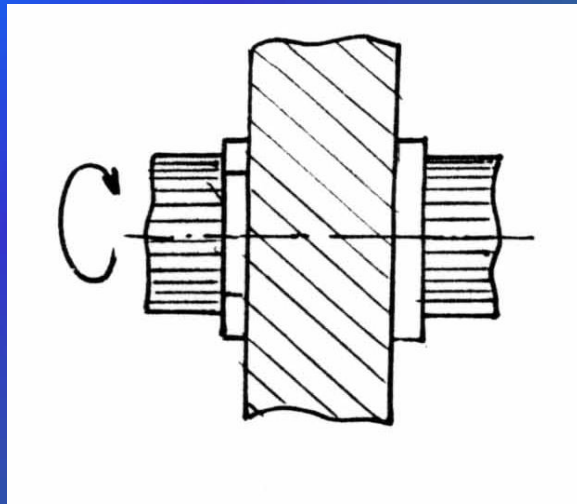


Рис. 3.1. Вищі кінематичні пари:  
а – циліндр на площині; б – шар на площині

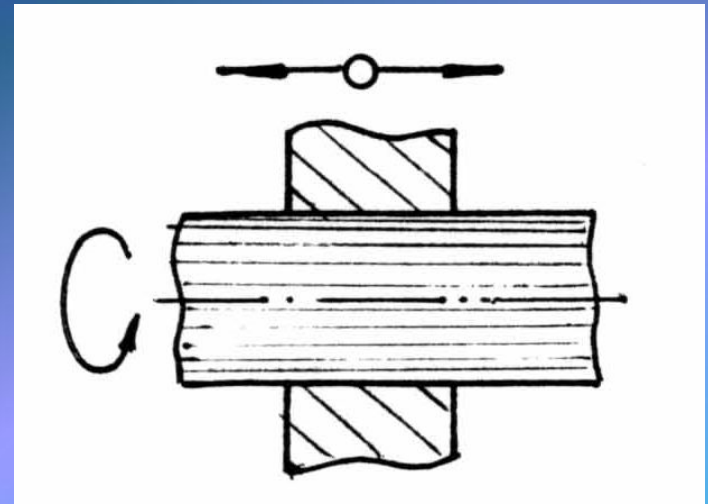




а)



б)



в)

Рис. 3.2. Нижчі кінематичні пари:

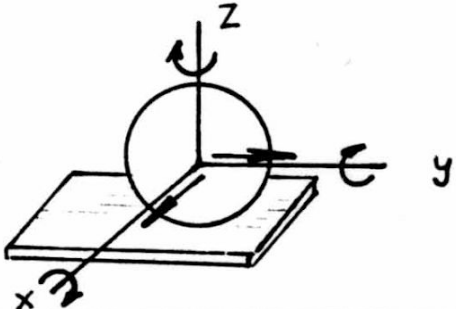
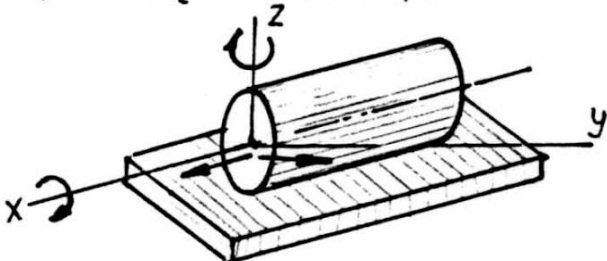
а - поступальна пара; б - обертальна пара;

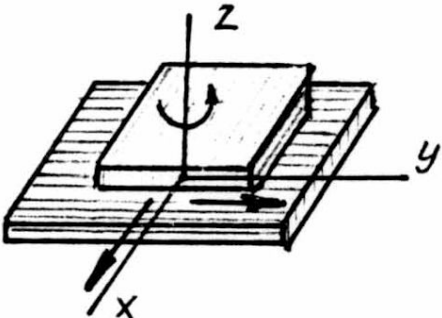
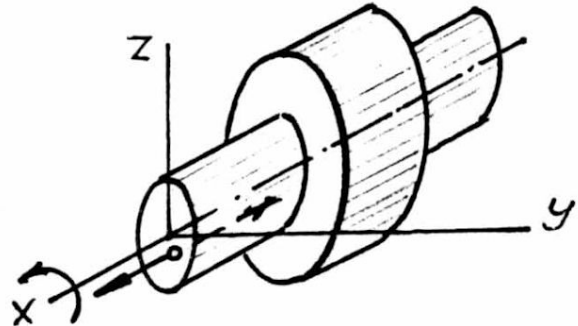
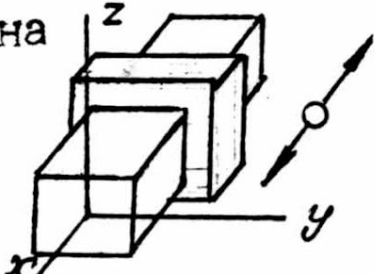
в - циліндрична пара

2. За кількістю накладених зв'язків – розрізняють п'ять класів (таблиця 3.1).



# Таблиця 3.1. Класифікація кінематичних пар за кількістю ступенів вільності

Клас кінематичної пари	Кількість накладених зв'язків	Кількість ступенів вільності	Види руху	Приклади кінематичних пар
I	I	5	$\frac{3v+2p}{2v+3p}$	<p>Шар на площині</p> 
II	2	4	$\frac{3v+1p}{2v+2p}$ $1v+3p$	<p>Циліндр на площині</p> 

III	3	3	$3в$ $\underline{Iв+2п}$	<p>Плоска пара</p> 
IV	4	2	$2в$ $\underline{Iв+Iп}$ $2п$	<p>Циліндрична пара</p> 
V	5	I	$Iв$ $\underline{Iп}$ $I$ гвинт $т$ ове	<p>Поступальна пара</p> 

### 3. Ступінь рухомості механізмів

Ступінь рухомості просторового механізму визначається за формулою Малишева:

$$W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - P_1 - 6.$$

Ступінь рухомості плоского механізму визначається за формулою Чебишева:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 - 3.$$

де  $n$  – число ланок;

$P_5, P_4, P_3, P_2$  – число КП 5-го, 4-го, 3-го і 2-го класів відповідно.

**Приклади.** Визначити ступінь рухомості механізмів, наведених на рис. 3.3, а, б. Рішення прикладів наведено безпосередньо на рисунках.

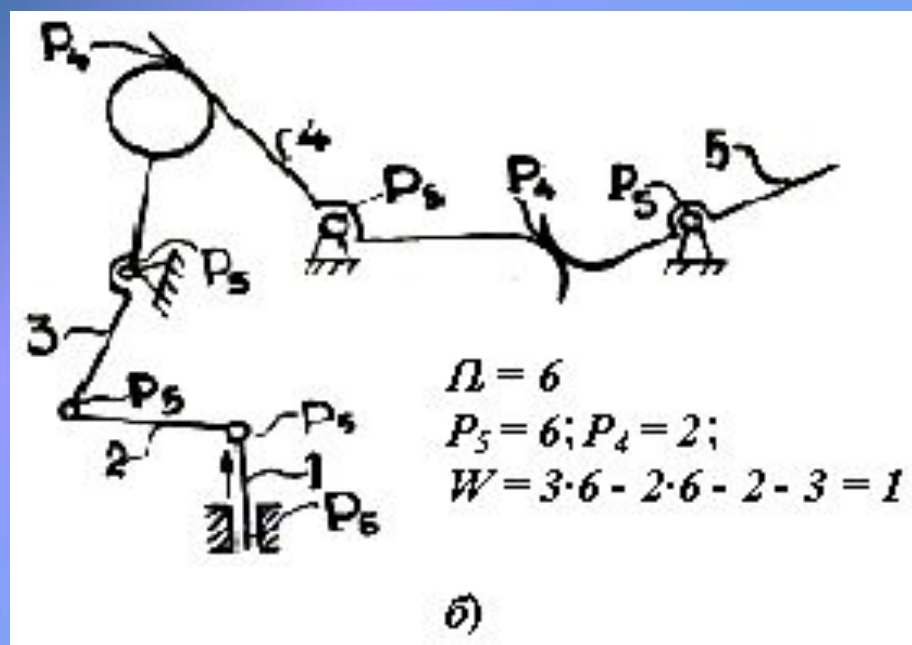
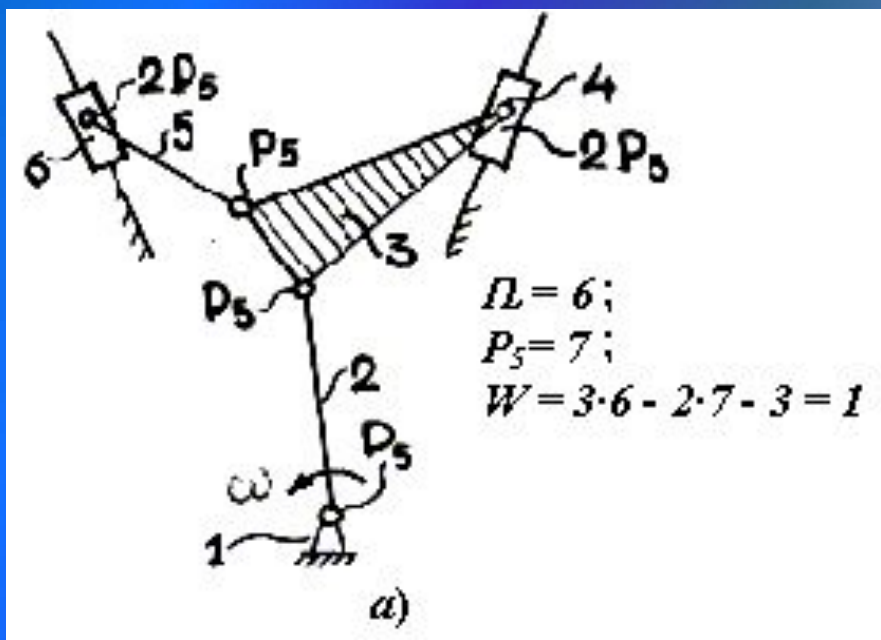


Рис. 3.3. До прикладу:  
 а – механізм з КП тільки 5-го класу; б – механізм з КП 5-го та 4-го класу

# Контрольні питання

1. Що вивчає наука “Теорія механізмів і машин”?
2. Дайте визначення понять “механізм”, “машина”; яке призначення мають механізми і машини?
3. Що таке ланка, кінематична пара, кінематичний ланцюг?
4. Наведіть класифікацію кінематичних пар.
5. За якою формулою визначається ступінь рухомості просторового та плоского механізмів?
6. Наведіть приклади кінематичних пар 5-го і 4-го класів.



# ***Тема 2. Структурний аналіз стержневих механізмів***

## **План:**

1. Розкладання механізму на структурні групи Ассура.
2. Заміна вищих кінематичних пар нижчими.

**Ключові слова:** збігальна система сил, многокутник сил, проекція сили на вісь, умови рівноваги сил.

# 1. Розкладання механізму на структурні групи Ассура

Згідно теорії Ассура і Артоболевського механізм розглядається як складна система, що складається з початкового механізму та структурних груп (груп Ассура).

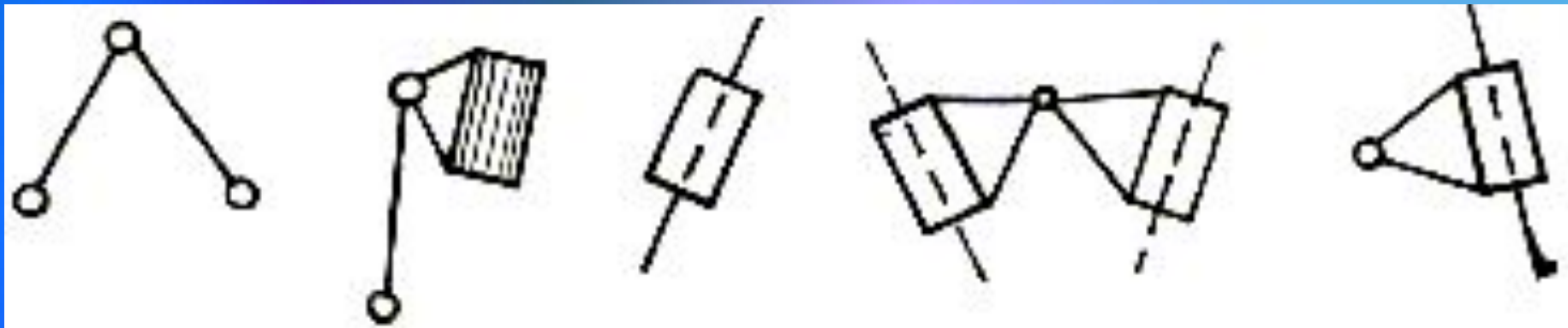
**Початковий механізм** - ведуча ланка та стояк.

**Структурна група Ассура** – кінематичний ланцюг, який отримує нульову рухомість після приєднання його елементами зовнішніх кінематичних пар до стояка.



Групи Ассура поділяються на класи в залежності від їх структури.

На рис. 3.4, а, б, в, г, д наведені структурні групи 2-го класу п'яти видів;



а)

б)

в)

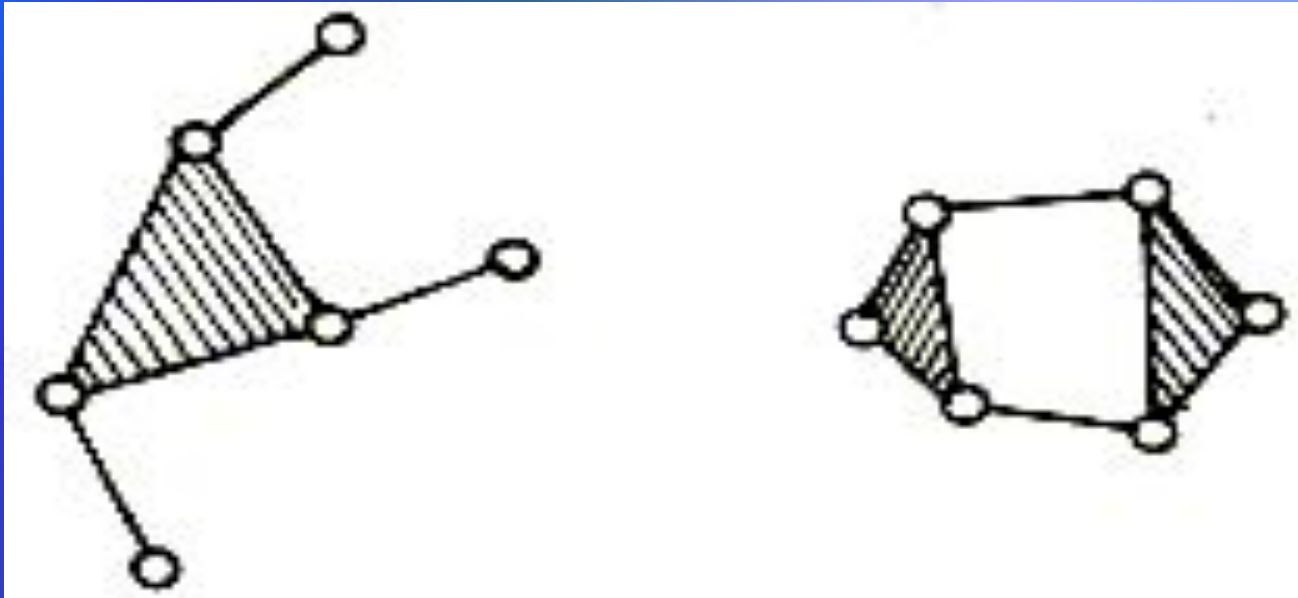
г)

д)

*діада*

На рис. 3.4, е – структурна група 3-го класу, 3-го порядку.

На рис. 3.4, ж – структурна група 4-го класу, 2-го порядку.



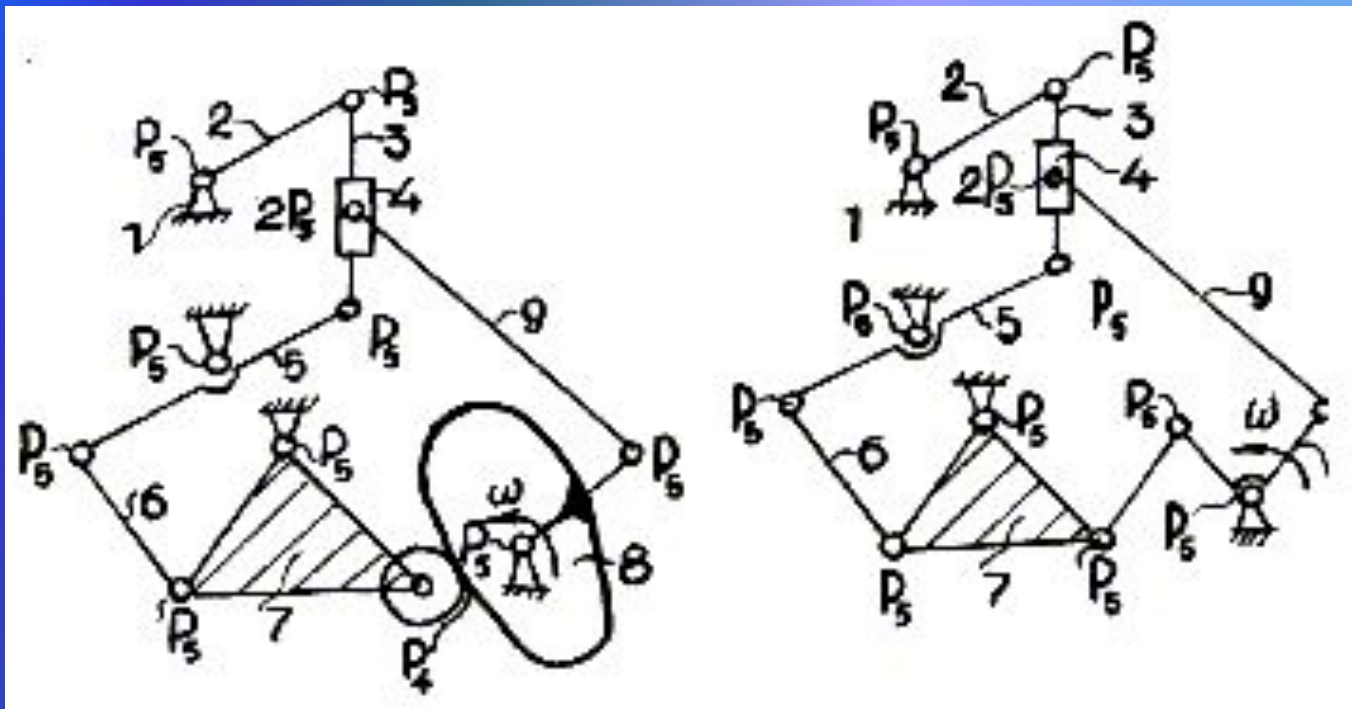
**е) 3 кл., 3 пор.**

**ж) 4 кл., 2 пор.**

Рис. 3.4. Структурні групи Ассура

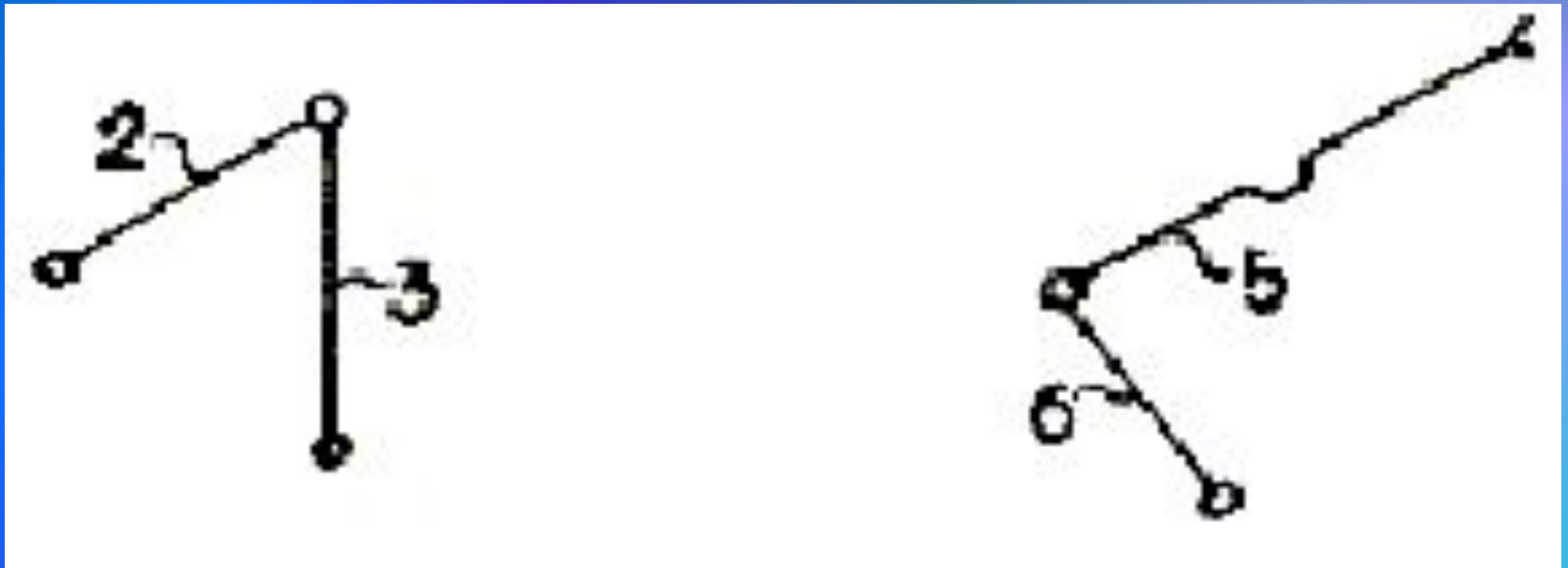
## 2. Заміна вищих кінематичних пар НИЖЧИМИ

Приклад заміни вищої кінематичної пари  
нижчої показаний на рис. 3.5.



а)

б)



**в)**

**2 кл., 2 пор. (діада)**

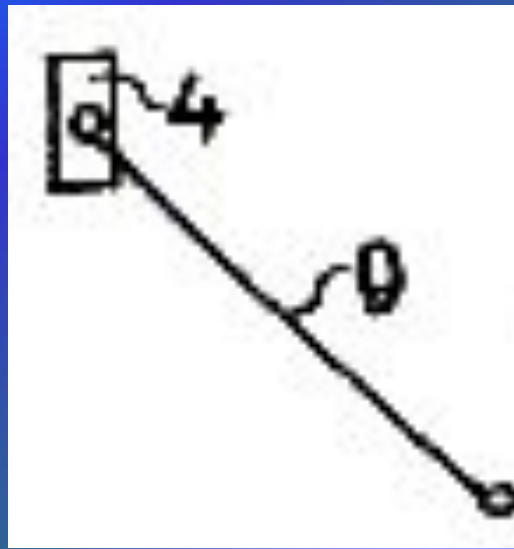
**г)**

**2 кл., 2 пор.**



д)

2 кл., 2 пор.



е)

2 кл., 1 пор.



ж)

1 кл., 2 пор.

Рис. 3.5. Заміна вищої кінематичної пари нижчою:  
 а – заданий механізм; б – замінювальний механізм;  
 в, г, д, е – структурні групи Ассура; ж – початковий механізм

# Контрольні питання

1. У чому полягає структурний аналіз механізмів?
2. Дайте визначення початкового механізму, структурної групи Ассура.
3. Наведіть структурну формулу групи Ассура.
4. Наведіть приклади структурних груп 2-го, 3-го і 4-го класів.
5. У чому полягає заміна вищих кінематичних пар нижчими? Наведіть приклади.



# **Тема 3. Кінематичний аналіз механізмів**

## **План:**

1. Мета та методи кінематичного аналізу механізмів.
2. Побудова плану швидкостей.
3. Побудова плану прискорень.

**Ключові слова:** методи кінематичного аналізу, плани швидкостей та прискорень, кутові швидкості та прискорення.



# 1. Мета та методи кінематичного аналізу механізмів

Рух реальних механізмів і машин відбувається під дією різних сил та є змінним у часі відповідно до змін режимів руху машин. Кінцевою метою дослідження механізмів є визначення можливих режимів їх руху, для чого необхідно визначити переміщення, швидкості і прискорення руху ланок та їх окремих точок.

**Методи кінематичного аналізу механізмів:** графічний метод, метод діаграм, аналітичний метод.

Найбільш розповсюдженими є два перших (за переліком) методи.

**Графічний метод** полягає у побудові планів швидкостей і прискорень механізму в будь – якому його положенні.

Побудова планів швидкостей і прискорень наведена у методичній розробці [2].

**Метод діаграм** полягає в побудові графіка  $S = S(t)$  для будь-якої точки з подальшим його графічним диференціюванням. У результаті отримуємо графіки зміни швидкості і прискорення у часі, тобто  $u = u(t)$  і  $a = a(t)$ .

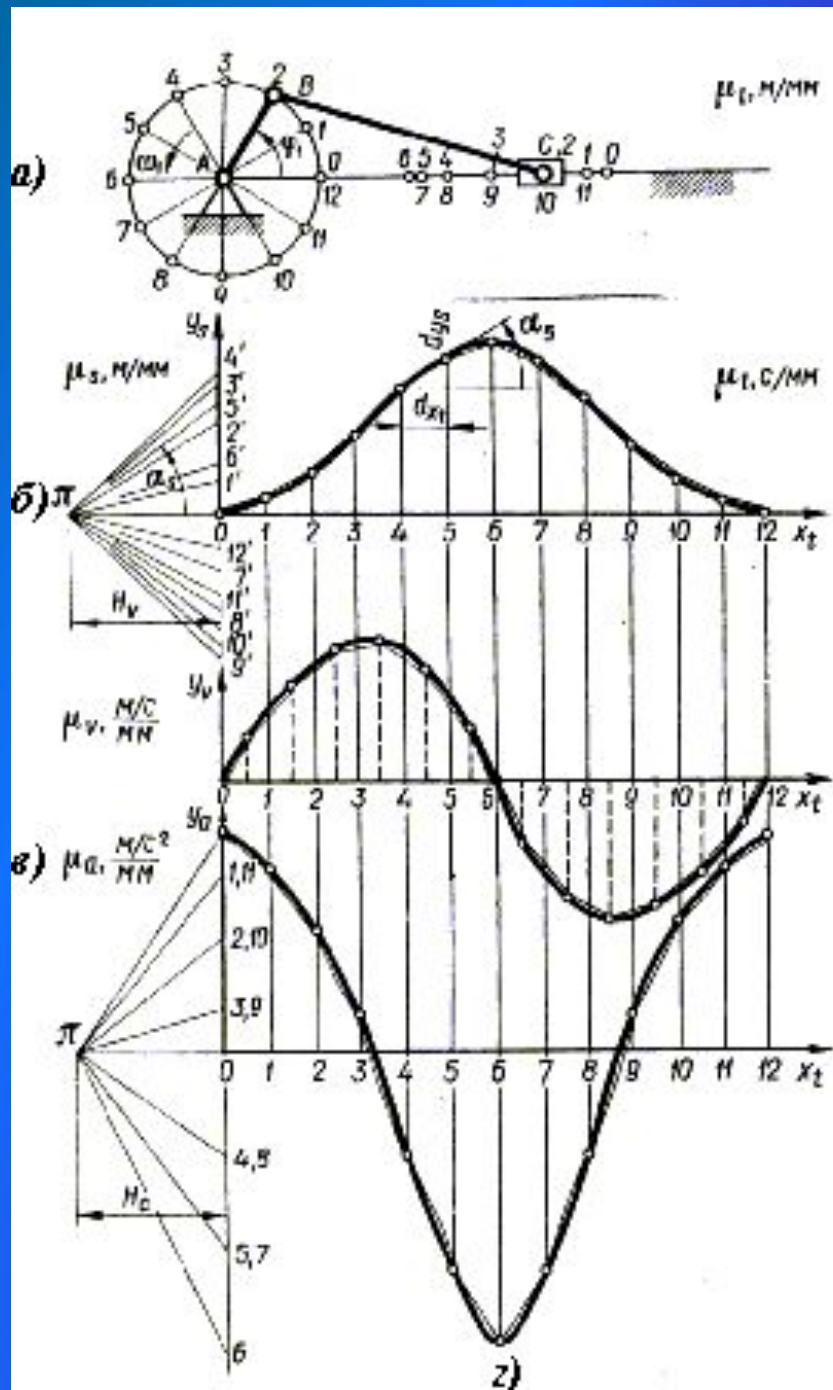


Рис. 3.6. Приклади побудови графіків  $s = s(t)$ ,  $v = v(t)$  і  $a = a(t)$  методом діаграм: а – кінематична схема механізму; б, в, г – діаграми пройденого путі, швидкостей та прискорень відповідно

# Контрольні питання

1. Назвіть мету та методи кінематичного аналізу.
2. У чому полягає суть графічного методу та методу діаграм кінематичного аналізу?
3. Назвіть кінематичні характеристики точки та ланки.
4. Як визначаються швидкість та прискорення точки, яка належить тілу, яке здійснює обертальний рух з постійною кутовою швидкістю?
5. Як визначається кутова швидкість та прискорення тіла (ланки) при його обертальному русі?