

Лекція 2

Тема: Класифікація плоских важільних механізмів

- Зміст:
1. Різновидності класифікацій механізмів.
 2. Класифікація механізмів по Ассуру – Артоболевському.
 3. Початкові механізми і групи Ассура.
 4. Задачі з класифікації механізмів.
 5. Контрольні запитання.

1. Різновидності класифікацій механізмів

Існують декілька підходів до класифікації механізмів.

Можна, наприклад, покласти в основу класифікації функціональне призначення механізмів. Така класифікація буде тоді мати назву функціональної.

Можна класифікувати механізми за ознакою перетворення одного виду руху в другий (обертального в обертальний, поступального в обертальний та таке інше).

Іноколи механізми класифікують з огляду на загальні вищі кінематичні пари (зубчасті, кулачкові).

Такі класифікації не розраховані для подальшого вивчення загальних властивостей механізмів. Їх мета має суто описовий характер.

Класифікація механізмів, яка розглянута нижче має дуже плідне подальше застосування.

2. Класифікація плоских важільних механізмів по Артоболевському - Ассуру

У основу класифікації покладена наявність у складі різних механізмів однотипних структурних кінематичних ланцюгів, для яких розроблені стандартні раціональні інженерні методики кінематичного і динамічного аналізів.

Принципи класифікації були запропоновані Ассуром Л. В., а потім вони були розвинуті Артоболевським І. І. до сучасного вигляду.

Для здійснення класифікації механізму необхідно виконати наступне:

1. Складання кінематичної схеми механізму.
2. Вичленення з цієї схеми так званих початкових механізмів (одного або декількох), що включають у свій склад стояк і ланки, рух яких задано (вхідні ланки). Число початкових механізмів у кінематичній схемі аналізованого механізму відповідає загальному його числу ступенів свободи.

Початковий механізм називається механізмом *I* класу.

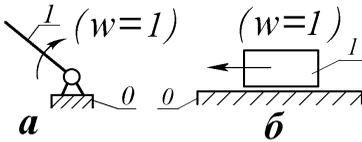


Рис. 1.10. Початкові механізми I класу

На рис. 1.10а показаний початковий механізм I класу, який включає у свій склад стаяк і кривошип і володіє одним ступенем рухливості ($w=1$).

На рис. 1.10б показаний початковий механізм I класу, який включає у свій склад стаяк і повзун і також володіє одним ступенем рухливості.

3. Вичленення з кінематичної схеми так званих нормальних структурних кінематичних ланцюгів (або груп Ассура) і їхня класифікація.

Групою Ассура є статично визначений кінематичний ланцюг, що володіє нульовою рухливістю відносно ланок, із якими він пов'язаний зовнішніми кінематичними парами, і який не розпадається на більш прості кінематичні ланцюги з тією ж властивістю.

Приєднання до існуючого механізму однієї або декількох груп Ассура не змінює його рухливості. По цьому принципу здійснюється структурний синтез нових механізмів (так зване нашарування груп Ассура).

Від'єднання від існуючого механізму однієї або декількох груп Ассура також не змінює рухливості частини механізму, що залишається. Ця закономірність дає можливість виявляти, які саме різновиди груп Ассура включені до складу досліджуваного механізму (див. задачі 1.7... 1.9).

Відповідно до вищенаведеного визначення структурна формула групи Ассура запишеться у вигляді

$$w = 3n - 2p_n = 0,$$

тому що для плоского важільного механізму, який включає у свій склад тільки нижчі кінематичні пари, $p_6=0$.

Тоді співвідношення числа нижчих кінематичних пар і числа ланок групи Ассура буде

$$p_n = 1,5n. \tag{1.4}$$

Тому що числа n і p_n обов'язково повинні бути цілими, із формули (1.4) слідує, що число n повинно бути тільки парним.

Розглянемо деякі варіанти сполучень чисел ланок n і чисел нижчих кінематичних пар p_n у групах Ассура.

У таблиці 1.2 наведені найменші з можливих сполучень n і p_n .

Сполучення n і p_n груп Ассура

Таблиця 1.2

	1	2	3	4	...
n	2	4	6	8	...
p_n	3	6	9	12	...

Таблиця 1.2 справа не закрита, але в реальних механізмах використовуються групи Ассура, охоплені декількома першими її стовпчиками.

Розглянемо деякі найпростіші групи Ассура, використововувані в найбільше широко поширених сучасних механізмах.

Нехай: $n = 2$; $p_n = 3$. При такому сполученні n і p_n можливі наступні різновиди груп Ассура II класу (рис. 1.11).

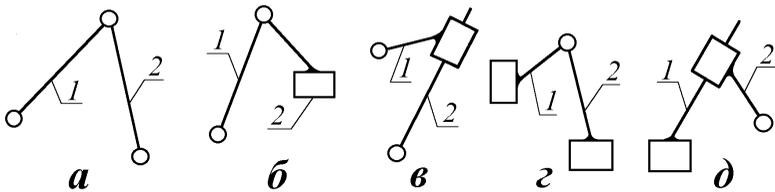


Рис. 1.11. Групи Ассура II класу

Групи Ассура II класу мають усього 5 видів. На рис. 1.11а показана група Ассура II класу 1-го виду, на рис. 1.11б - 2-го виду, на рис. 1.11в - 3-го виду, на рис. 1.11г - 4-го виду, на рис. 1.11д - 5-го виду.

Всі перераховані групи Ассура мають 2-й порядок, тобто по дві зовнішні кінематичні пари. Іноді ці всі групи Ассура називають двоповідковими або діадами, тому що усі вони мають по два повідки.

Група Ассура може приєднуватися до інших ланок тільки зовнішніми кінематичними парами.

Клас груп Ассура по Артоблевському визначається числом сторін (або числом кінематичних пар) найбільше складного замкнутого контуру на її схемі. Групи Ассура, що не містять замкнутих контурів, віднесені Артоблевським до II класу.

Повідки можуть мати кінцеву довжину, а можуть мати і нульову довжину.

Якщо довжина повідка 2 на рис. 1.11б буде нульовою, тоді група Ассура 2-го виду буде виглядати так, як показано на рис. 1.12.

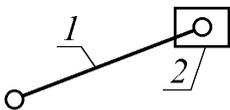


Рис. 1.12. Група Ассура II класу 2-го порядку 2-го виду з нульовим повідком ланки 2

Інші групи Ассура (3го, 4-го і 5-го видів), із нульовими повідками окремих ланок показані на рис. 1.13 а, б і в.

У багатьох механізмах застосовуються групи Ассура II класу різних видів із нульовими повідками.

Наприклад, якщо до початкового механізму (рис. 1.10а) приєднати групу Ассура

II класу, показану на рис. 1.12, то тоді утвориться кривошипно-повзунний механізм (рис. 1.14).

Якщо до початкового механізму (рис. 1.10а) приєднати групу

Ассура II класу 2-го порядку 1-го виду (рис. 1.11а), то тоді утвориться механізм шарнірного чотириланковика, що частіше усього використовується як кривошипно-коромисловий механізм (рис. 1.15).

Якщо до початкового механізму (рис. 1.10а) приєднати групу Ассура II класу 2-го порядку 3-го виду (рис. 1.13а), то тоді одержимо кривошипно-кулісний механізм (рис. 1.16).

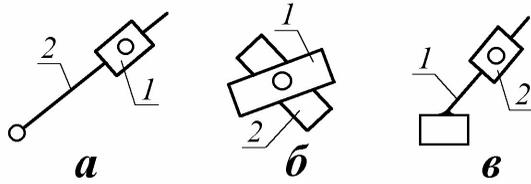


Рис. 1.13. Групи Ассура II класу 2-го порядку 3-го, 4-го і 5-го видів з окремими нульовими повідками

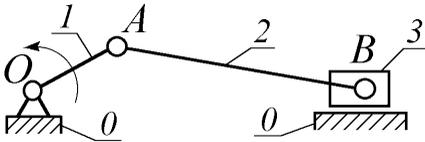


Рис. 1.14. Кривошипно-повзунний механізм

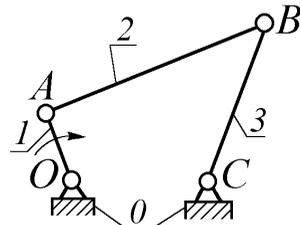


Рис. 1.15. Кривошипно-коромисловий механізм

Якщо до початкового механізму (рис. 1.10а) приєднати групу Ассура II класу 2-го порядку 4-го виду (рис. 1.11б), то тоді одержимо так званий тангенсний кулісний механізм (рис. 1.17).

Якщо до початкового механізму (рис. 1.10а) приєднати групу Ассура II класу 2-го порядку 5-го виду (рис. 1.11д), то тоді одержимо так званий синусний кулісний механізм (рис. 1.18).

Тепер розглянемо 2-й стовпчик таблиці 1.2 ($n=4$, $p_n=6$).

Будемо з'єднувати ланки тільки обертальними кінематичними парами. Це виправдано тим, що в групах Ассура вище II класу дуже рідко використовуються поступальні кінематичні пари. На рис. 1.19 показані групи Ассура при $n=4$, а $p_n=6$.

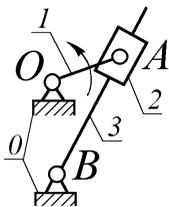


Рис. 1.16. Кривошипно-кулісний механізм

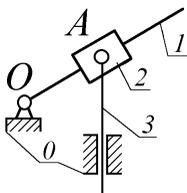


Рис. 1.17. Тангенсний кулісний механізм

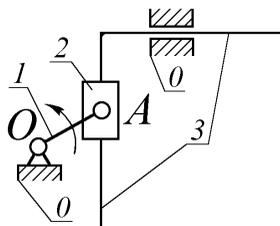


Рис. 1.18. Синусний кулісний механізм

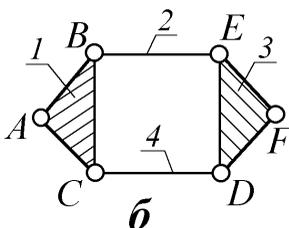
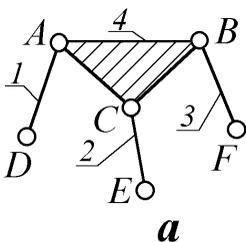


Рис. 1.19. Групи Ассура, які мають $n=4$, $p_n=6$

ристоронній контур $BCDE$ і два тристоронні ABC і DEF 2-го порядку (дві зовнішні кінематичні пари A і F).

Для груп Ассура, що мають $n=4$; $p_n=6$ (рис. 1.19), не прийнято розрізняти види по варіюванню обертальних і поступальних кінематичних пар.

Очевидно, що таких видів могло б бути дуже багато.

Наведемо також приклад групи Ассура, що має $n=6$, а $p_n=9$, яка буде відноситися до третього стовпчика таблиці 1.2 (рис. 1.20).

Зауважимо, що ланки, які входять у більш ніж дві кінематичні пари, називаються базисними (заштриховані ланки).

Обмежимося показаними вище групами Ассура. На їхньому прикладі цілком можна зрозуміти принципи класифікації груп Ассура.

Слід зазначити, що чим вище клас групи Ассура, тим складніше її кінематичний і силовий аналізи.

Клас механізму визначається по найвищому класу групи Ассура, яка входить до його складу.

На рис.1.19а зображена група Ассура III класу (яка має один тристоронній контур ABC) 3-го порядку (три зовнішні кінематичні пари D , E і F).

На рис. 1.19б зображена група Ассура IV класу (яка має один чотиристоронній контур $BCDE$ і два тристоронні ABC і DEF) 2-го порядку (дві зовнішні кінематичні пари A і F).

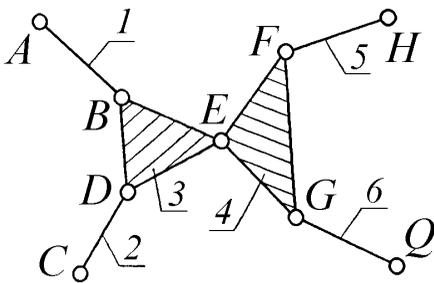


Рис. 1.20. Група Ассура III класу 4-го порядку

точно зворотному порядку.

Таким чином, класифікація плоских важільних механізмів по Артоблевському - Ассуру має велику практичну цінність. Вона упорядковує кінематичний і силовий аналізи найрізноманітніших механізмів.

До появи цієї класифікації переважали при розрахунках механізмів дуже громіздкі штучні прийоми, необхідність у який попросту відпала.

Для закріплення матеріалу розділу I розглянемо приведені нижче рішення задач на визначення груп Ассура в механізмах, що включають у свій склад невідоме число невідомих груп Ассура.

Підкреслимо, що при цьому дуже важливо дотримуватись напрямку пошуку - від початкового механізму і далі по групах Ассура в міру їхнього нашарування.

Задача 1.7. Визначити клас механізму грохота і ступінь його рухливості по кінематичній схемі (рис. 1.21).

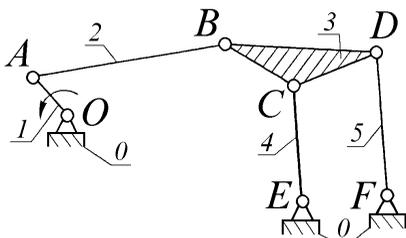


Рис. 1.21. Механізм грохота

механізм (рис. 1.22), відповідно до рис. 1.10а, який має $w=1$.

3. Виявляємо, що ланки 2, 3, 4 і 5 (рис. 1.23), які залишилися, утворюють групу Ассура III класу 3-го порядку, відповідно до рис. 1.19а, яка має $n=4$, $p_n=6$.

Відповідь: Механізм грохота є механізмом III класу з одним ступенем свободи.

Плодотворність структурного аналізу і синтезу полягає в тому, що наступні кінематичний і силовий аналізи проводяться по групах Ассура, котрих порівняно мало, але на їхній основі створене величезне число механізмів.

Кінематичний аналіз важільного механізму ведеться, починаючи з початкового механізму, і далі - по групах Ассура в міру їхнього нашарування (тобто віддалення від кривошипа). Силовий аналіз виконується в

Рішення:

1. Визначимо ступінь рухливості механізму грохота по формулі Чебишева.

Маємо:

$$n = 5, p_n = 7,$$

$$w = 3n - 2p_n - p_0 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1.$$

2. Вичленуємо з кінематичної схеми механізму грохота початковий

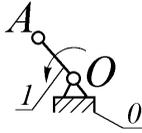


Рис. 1.22. Початковий механізм

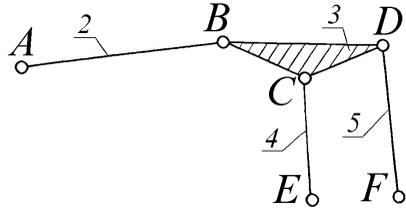


Рис. 1.23. Група Ассура III класу 3-го порядку

Задача 1.8. Визначити клас механізму і ступінь його рухливості за схемою (рис. 1.24).

Рішення:

1. Визначимо ступінь рухливості механізму по формулі Чебишева.

Маємо: $n=7$; $p_n = 10$,

$$w = 3n - 2p_n - p_6 = 3 \cdot 7 - 2 \cdot 10 - 0 = 1.$$

2. Вичленуємо з загальної кінематичної схеми початковий механізм (рис. 1.25), відповідно до рис. 1.10а, що має $w=1$.

3. Далі дивимося, чи можна до початкового механізму приєднати тільки дві такі ланки, щоб при цьому утворився механізм із $w=1$.

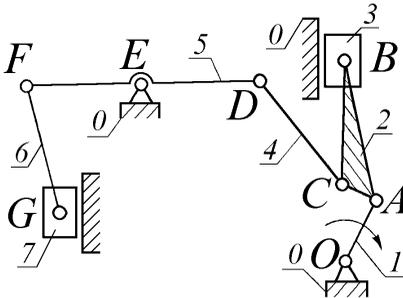


Рис. 1.24. Механізм ДВЗ з приводом компресора від причіпного шатуна

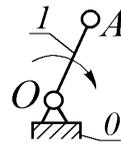


Рис. 1.25. Початковий механізм

Виявляємо, що ланки 2 і 3 разом із початковим механізмом утворюють кривошипно-повзунний механізм, отже вони відповідно до рис. 1.12 утворюють групу Ассура II класу 2-го порядку 2-го виду (рис. 1.26). При цьому шарнір C є допоміжним (для приєднання наступної групи Ассура).

4. Точно так само знаходимо, що ланки 4 і 5 (рис. 1.27), утворюють групу Ассура II класу 2-го порядку 1-го виду, відповідно до рис. 1.11а.

При цьому шарнір F є допоміжним (для приєднання наступної групи Ассура).

5. Остаточо визначаємо, що ланки 6 і 7 (рис. 1.28), утворять групу Ассура II класу 2-го порядку 2-го виду, відповідно до рис. 1.12.

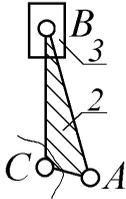


Рис. 1.26. Група Ассура II класу 2-го порядку 2-го виду

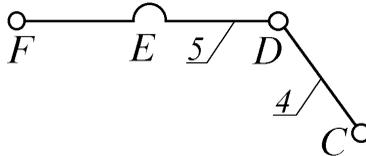


Рис. 1.27. Група Ассура II класу 2-го порядку 1-го виду

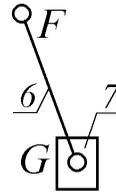


Рис. 1.28. Група Ассура II класу 2-го порядку 2-го виду

Відповідь:

Даний механізм є механізмом II класу з одним ступенем рухливості.

Задача 1.9. Визначити клас механізму конхоїдографа і ступінь його рухливості по кінематичній схемі в двох варіантах (рис. 1.29 **а** і **б**).

Рішення:

1. Очевидно, що дана схема у варіантах (**а** і **б**) та сама і володіє одним і тим же ступенем рухливості.

Підрахуємо: $n=5$; $p_n=7$; $p_g=0$. По формулі Чебишева знаходимо число ступенів свободи механізму конхоїдографа

$$w = 3n - 2p_n - p_g = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1.$$

2. Розглянемо спочатку схему **а**.

2.1. Вичленуємо початковий механізм (рис.1.30), який має $w=1$.

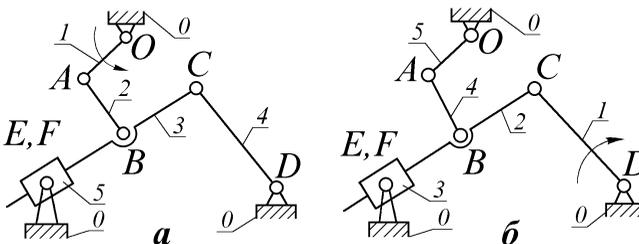


Рис. 1.29. Механізм конхоїдографа

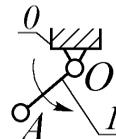


Рис. 1.30. Початковий механізм

2.2. Припустимо, що ланки 2 і 3 утворять групу Ассура II класу 2-го порядку 1-го виду. Тоді виявимо, що початковий механізм із приєднаною до нього гаданою групою Ассура утворить механізм, що має $n=3$, $p_n=3$. Підрахуємо по формулі Чебишева його число ступенів свободи

$$w = 3n - 2p_n - p_e = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 3 - 0 = 3.$$

Бачимо, що в цьому випадку порушується принцип нашарування груп Ассура без зміни рухливості, обумовленою рухливістю початкового механізму ($w=1$).

Значить припущення, що ланки 2 і 3 утворять групу Ассура, - помилкове.

Крім того помічаємо, що ланки 4 і 5, які залишилися, не могли б ніяк скласти якусь групу Ассура. По-перше, вони одна з одною не зв'язані, а по-друге, входять обидві в кінематичні пари зі стояком (шарніри D і F).

Отже, тут треба шукати групу Ассура більш високого класу, яка включає у свій склад чотири ланки.

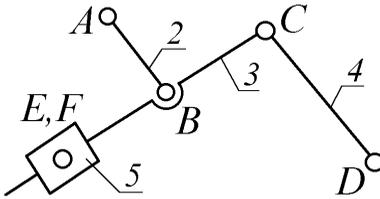


Рис. 1.31. Група Ассура III класу 3-го порядку

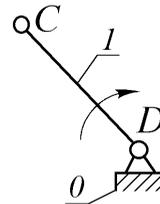


Рис. 1.32. Початковий механізм

Справді, ланки 2, 3, 4 і 5 (рис. 1.31) входять до складу групи Ассура III класу 3-го порядку. Будучи приєднаною до початкового механізму, як і повинно бути, виявлена група Ассура не змінює рухливості механізму, заданої початковим механізмом ($w=1$).

Базисною ланкою групи є ланка 3 (вона входить відразу в три внутрішні кінематичні пари, розташовані по одній лінії, тобто утворюючи звироднілий у лінію трикутник).

На відміну від рис. 1.19а тут маємо одну кінематичну пару (3 - 5) поступальну замість обертальної, а також ланка 5 - із нульовим повідком.

3. Розглянемо схему б.

3.1. Вичленуємо початковий механізм (рис. 1.32), що має $w=1$.

3.2. Далі припустимо, що ланки 2 і 3 (рис. 1.33), утворять групу Ассура II класу 2-го порядку 3-го виду.

Виявляємо, що початковий механізм із приєднаними до нього ланками 2 і 3 утворить кулісний механізм із каменем 3, зв'язаним шарнірно зі стояком.

Такий механізм знаходить практичне застосування. Значить наше припущення вірне.

Зауважимо, що шарнір B - допоміжний. Він служить для приєднання наступної групи Ассура.

3.3. Очевидно, що ланки 4 і 5, які залишилися, (рис. 1.34), утворять групу Ассура II класу 2-го порядку 1-го виду.

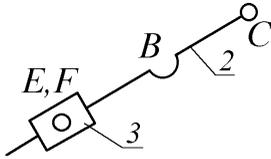


Рис. 1.33. Група Ассура II класу 2-го порядку 3-го виду

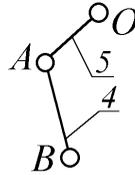


Рис. 1.34. Група Ассура II класу 2-го порядку 1-го виду

Відповідь:

1. Механізм конхоїдографа має один ступінь рухливості ($w=1$).

2. Механізм у варіанті a є механізмом III класу.

3. Механізм у варіанті b є механізмом II класу.

Висновок. Заміна в одній і тій же схемі вхідної ланки може призвести до зміни класу механізму.

5. Контрольні запитання

1. Що таке початковий механізм?
2. Які кінематичні ланцюги називаються структурними (групами Ассура)?
3. Чим визначається клас групи Ассура?
4. Як визначається порядок групи Ассура?
5. Як визначається клас механізму по Артобелевському - Ассуру?
6. У якому напрямку за схемою слід здійснювати кінематичний аналіз будь-якого важільного механізму?
7. У якому напрямку за схемою слід здійснювати силовий аналіз будь-якого важільного механізму?
8. У чому полягає плідотворність класифікації механізмів по Артобелевському - Ассуру.