

Мачульський Валерій Борисович, Горобець Василь Андрійович
*аспірант, Київський національний університет технологій та дизайну, Київ,
Україна, e-mail: machulskyi.vb@knutd.edu.ua*
*доцент, кандидат технічних наук, Київський національний університет
технологій та дизайну, Київ, Україна, e-mail: horobets.vs@knutd.edu.ua*

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ПРОСТОРОВИХ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ

Анотація. В роботі розглянуті питання особливості структурного аналізу просторових важільних механізмів із застосуванням сімейства формул Сомова-Малишева. Виконаний структурний аналіз розроблених авторами просторових п'ятиланкових важільних механізмів зі складною траєкторією руху веденої ланки.

Ключові слова: формула Сомова-Малишева, кінематичний ланцюг, кінематична пара, ступінь вільності, загальний механічний зв'язок.

Вступ. Важільні механізми на даний час продовжують залишатись важливою складовою сучасного промислового обладнання. Так, машини нового покоління все частіше перетворюються на складні мехатронні системи. Але, хоча широке застосування крокових двигунів, прямих приводів тощо суттєво скоротили кінематичні ланцюги їх механізмів, для передачі руху безпосередньо робочим органам в багатьох випадках без важільних механізмів, як плоских, так і просторових, не обійтись, особливо коли траєкторія робочого органу має складну форму, а рух необхідно передати в просторі.

Просторові важільні механізми є основною складовою окремих груп роботів та маніпуляторів [1, 2], широко застосовуються в обладнанні галузей легкої промисловості, сільськогосподарських машинах [3], підйомно-транспортних пристроях тощо.

Однак, якщо в першому випадку ці механізми застосовуються у вигляді відкритих кінематичних ланцюгів, число ступенів вільності яких залежить від кількості приводів, то в решті випадків вони використовуються у вигляді простих чи складних замкнених кінематичних ланцюгів, ступінь вільності яких дорівнює одиниці. Тому при їх розробленні та структурному аналізі необхідно для підтвердження працездатності механізму визначити цей показник.

Матеріал і результати досліджень. В більшості підручників та наукових робіт з теорії машин і механізмів ступінь вільності просторового механізму пропонується визначити за формулою Сомова Малишева:



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

де n – число ланок механізму; p_i – клас відповідної кінематичної пари (від 2-х до 5).

Однак, в такому вигляді ця формула може бути справедлива тільки в механізмах, де на їх ланки не накладені загальні механічні зв'язки. Навіть для шарнірного просторового чотирьохланковика (рис. 1а), що має дві обертальні та дві сферичні пари і є основою багатьох просторових важільних механізмів, вона не працює:

$$W_1 = 6(4 - 1) - 5 \cdot 2 - 3 \cdot 2 = 2$$

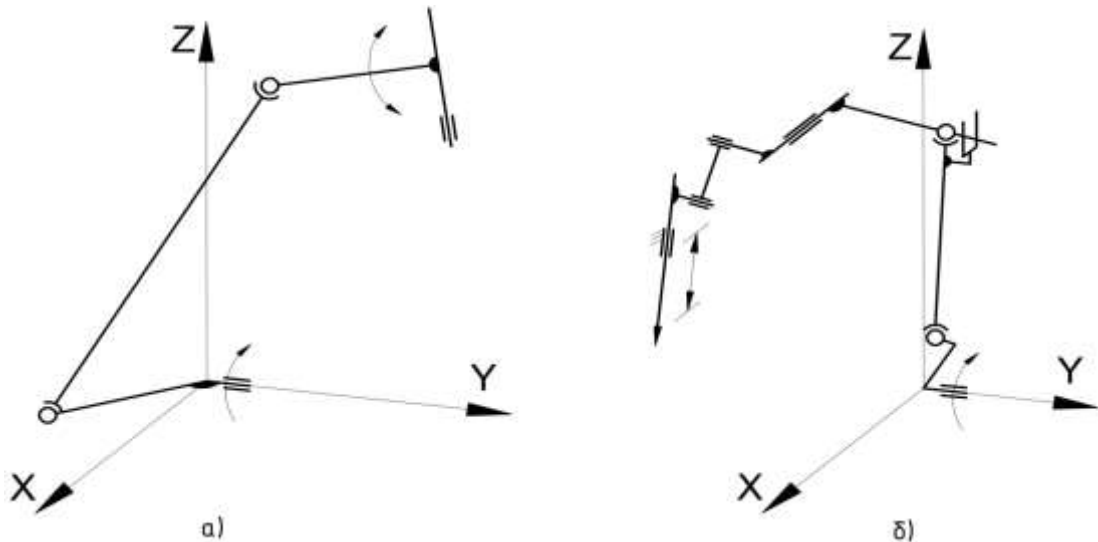


Рисунок 1 – Просторові механізми зі змішаними механічними зв'язками

Ще одним прикладом може служити типовий просторовий шестиланковий механізм голки краєобметувальної швейної машини (рис. 1б), що має 4 обертальних та 1 поступальну кінематичну пару (тобто 5-го класу) та 2 – четвертого класу (сферичні з пальцем):

$$W_2 = 6(6 - 1) - 5 \cdot 5 - 4 \cdot 2 = -3$$

В цих механізмах на кінематичні ланцюги накладені загальні зв'язки: в першому випадку це неможливість руху їх ланок відносно осі Y, а в другому – ще й обертання відносно осі Z. Тому для першого випадку необхідно застосовувати формулу Сомова-Малишева першого сімейства [4], а для другого - формулу другого сімейства:

$$W_1 = 5(n - 1) - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 5 \cdot 3 - 4 \cdot 2 - 3 \cdot 2 = 1$$

$$W_2 = 4(n - 1) - 3p_5 - 2p_4 - p_3 = 4 \cdot 5 - 3 \cdot 5 - 2 \cdot 2 = 1$$

Тобто механізми працездатні.

Даний підхід застосовується і до просторових механізмів, розроблених авторами [5],



(рис. 2). Механізми складаються з початкового механізму 1-го класу (стійка O_1 – кривошип O_1A) та трьохповодкової просторової групи, що включає шатун AB , який з'єднаний з кривошипом та веденою ланкою BO_2C , що здійснює складний рух (поступальний і коливний), а також повзун D (в механізмі рис. 2а), що з'єднаний з пальцем шатуна AB , або кулісу O_3B , яка охоплює головку шатуна AB , зовнішня сторона якої має плоскі грані (в механізмі рис. 2б).

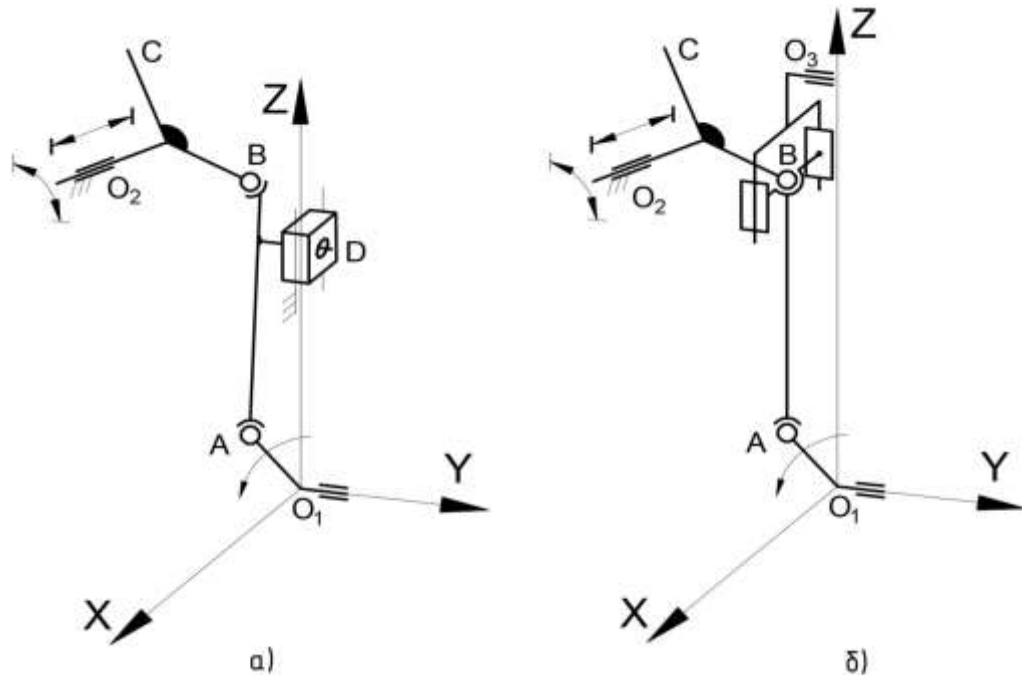


Рисунок 2 – П'ятиланкові просторові механізми

Ці механізми містять по одній кінематичній парі 3-го класу (повзун D – стійка) (рис. 2а), або куліса O_3B – зовнішня головка B шатуна AB (рис. 2б). Відносний рух цих ланок: вздовж осей Y та Z та поворот відносно осі X . Також вони мають по три кінематичні пари 4го класу (кривошип O_1A – головка A шатуна AB , головка B цього шатуна – ведена ланка BO_2C та ведена ланка BO_2C – стійка). Перші дві пари це так звані «сферичні з пальцем», третя – циліндрична. Нарешті, ці механізми містять дві пари 5-го класу (палець шатуна AB – повзун D (рис. 2а) або вісь куліси O_3B – стійка (рис. 2б) та кривошип O_1A – стійка).

В даних механізмах на ланки накладений загальний зв'язок – неможливість обертання відносно осі Z . Тому ступінь вільності цих механізмів визначається за формулою першого сімейства:

$$W = 5 \cdot 4 - 4 \cdot 2 - 3 \cdot 3 - 2 \cdot 1 = 1$$

Таким чином, обидва запропоновані механізми працездатні.

Висновки. Значна кількість просторових важільних механізмів, що застосовуються в промисловому обладнанні має накладені на її ланки загальні механічні



зв'язки. Тому при структурному їх аналізі потрібно застосовувати сімейства формул, які знаходяться між формулами Сомова-Малишева та Чебишева.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поліщук, Л.К., (2018). Верстатні комплекси. Проектування роботів та маніпуляторів. Частина I. Вінниця: ВНТУ.
2. Anna University. (2025, 24 лютого). "Mechanical Engineering". <https://www.brainkart.com/menu/mechanical-engineering/>
3. Бучинський, М.Я., & Горик, О.В., & Чернявський, А.М., & Яхін, С.В. (2020). Основи творення машин. Київ: Ліра-К.
4. Стрілець, О.Р. (2023). Теорія механізмів і машин. <https://ep3.nuwm.edu.ua/27728/1/Посібник%20ТММ-11.pdf>
5. Мачульський, В.Б., & Горобець, В.А., & Манойленко, О.П. (2023). Розроблення механізмів петельників швейних машин з П-подібною платформою. Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції молодих вчених та студентів (с. 74-75)

