

## СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДНИХ ПЛОСКИХ МЕХАНІЗМІВ ЧЕТВЕРТОГО КЛАСУ

*Розглянуто структурне дослідження складних плоских механізмів четвертого класу зі ступенем вільності  $W=1$ , що базуються на основі різних можливих видів групи Ассура четвертого класу третього порядку, які ураховують кількість і певний характер кінематичних пар групи Ассура та їх місце розташування в групі. Структурний аналіз зроблено за допомогою способу умовної зміни ведучої ланки механізму, який дозволяє отримати формули будов кінематично-еквівалентних механізмів другого класу, що дозволяє з'ясувати послідовність визначення кінематичних параметрів точок та ланок механізмів четвертого класу, спростити кінематичний аналіз та збільшити точність результатів дослідження.*

*Ключові слова: група Ассура, механізм, структурна формула, ланка.*

S.O. KOSHEL, A.V. KOSHEL

Kiev National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

### STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPLEX FLAT MECHANISMS FOURTH CLASS

*Abstract - Structural study of complex planar mechanisms fourth class with degree of freedom  $W = 1$ , which are based on different possible types of Assur fourth class of third order, which take into account the number and nature of a kinematic pairs of Assura and their location in the group. The basic types of groups Assur fourth class of third order, to which received six mobile links and nine kinematics pairs of rotational and translational nature, which differ from one another the number and location of kinematic pairs specific character. Make structural analysis mechanisms on the basis of identified species groups Assur fourth class of third order for one of the other possible option selected entry mechanism. Problem solved taking into account the structure of formula features a mechanism to change the appearance depending on the chosen arbitrarily other leading link and using the basic mechanisms of the theory of the structure of the course the theory of mechanisms and machines. Formulas of structures mechanisms fourth grade for the various possible types of Assur fourth class of third order. The structure formulas of structures mechanisms of Assur come only second class, which allows you to set a sequence of study mechanisms fourth class, which greatly simplifies problem solving kinematic analysis of mechanisms.*

*Keywords: group Assur, mechanism, structural formula, link.*

#### Вступ

Сучасні умови ринкових відносин вимагають від виробників обладнання легкої промисловості конкурентоспроможної продукції. Одним з основних параметрів, що впливає на продуктивність машин є швидкість (частота обертання) головного валу машини. В зв'язку з цим при проектуванні механізмів і машин важливу роль приділяють кінематичним та пов'язаними з ним силовими дослідженнями.

Механізми сучасного технологічного обладнання легкої промисловості відносяться до складних швидкісних механізмів, в яких використовуються структурні групи вищих класів. Це обумовлено складністю технологічного процесу утворення виробів у робочій зоні машини, для забезпечення якого необхідні специфічні складні рухи робочих органів машини, що в свою чергу вимагає від інженерів використання структурних груп вищих класів для проектування схем механізмів таких машин.

#### Постановка завдання

Виконати структурне дослідження механізмів четвертого класу на основі різних можливих видів груп Ассура четвертого класу третього порядку з урахуванням властивості механізмів змінювати клас в залежності від обраної вхідної ланки.

#### Аналіз досліджень та публікацій

В машинах легкої промисловості широке розповсюдження мають механізми третього класу за класифікацією Ассура [1]. На відмінність від механізмів другого класу, до складу яких надходять групи Ассура такого ж класу п'яти різних видів, механізми четвертого класу на базі груп Ассура 4-го класу 3-го порядку не мають певної класифікації їх видів. Така «невизначеність» призводить до складнощів, які пов'язані з наступними кінематичними та подальшими динамічними дослідженнями механізмів. Якщо урахувати те, що кінематичне дослідження груп Ассура третього та вище класів вимагає використання спеціальних методів дослідження [1, 2, 3], стає зрозумілим прагнення дослідників спростити такі дослідження за допомогою структурної заміни механізмів вищих класів кінематично-еквівалентними механізмами нижчих класів. В формулах будов зазначених механізмів присутні групи Ассура другого класу, ступінь вільності та кінематичні параметри точок ланок механізму залишаються незмінними. Таке стає можливим, якщо в механізмі вищого класу зі ступенем вільності  $W=1$  умовно змінити ведучу (вхідну) ланку механізму [4].

#### Формулювання цілей

Отримати формули будов механізмів четвертого класу для різних можливих видів групи Ассура четвертого класу третього порядку за умови обраного можливого іншого початкового механізму, що дозволяє спростити вирішення кінематичного аналізу таких механізмів.

Результати та їх обговорення

Розглянемо різні види груп Ассур четвертого класу третього порядку, що складаються з шести ланок (2, 3, 4, 5, 6, 7) та дев'яти кінематичних пар  $A_1 - A_9$  (пари  $A_1, A_7, A_9$  – зовнішні,  $A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$  – внутрішні) (рис. 1–5).

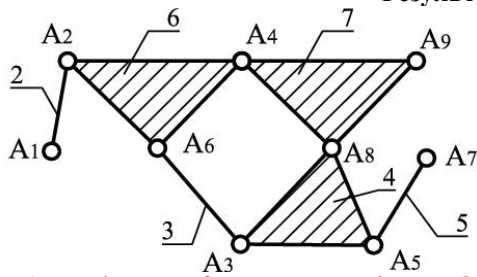


Рис. 1. Група Ассур 4-го класу 3-го порядку з дев'ятьма обертальними кінематичними парами

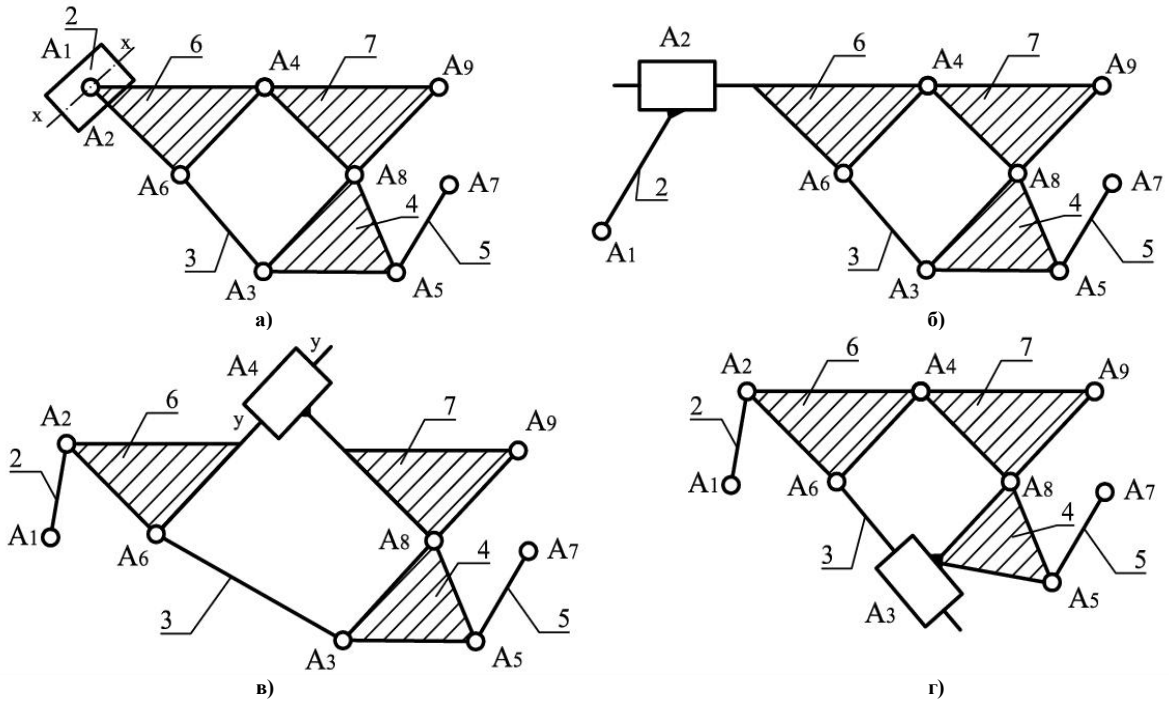


Рис. 2. Групи Ассур четвертого класу третього порядку з восьмими обертальними та однією поступальною кінематичними парами: а – з зовнішньою поступальною парою; б, в, г - варіанти з внутрішньою поступальною парою

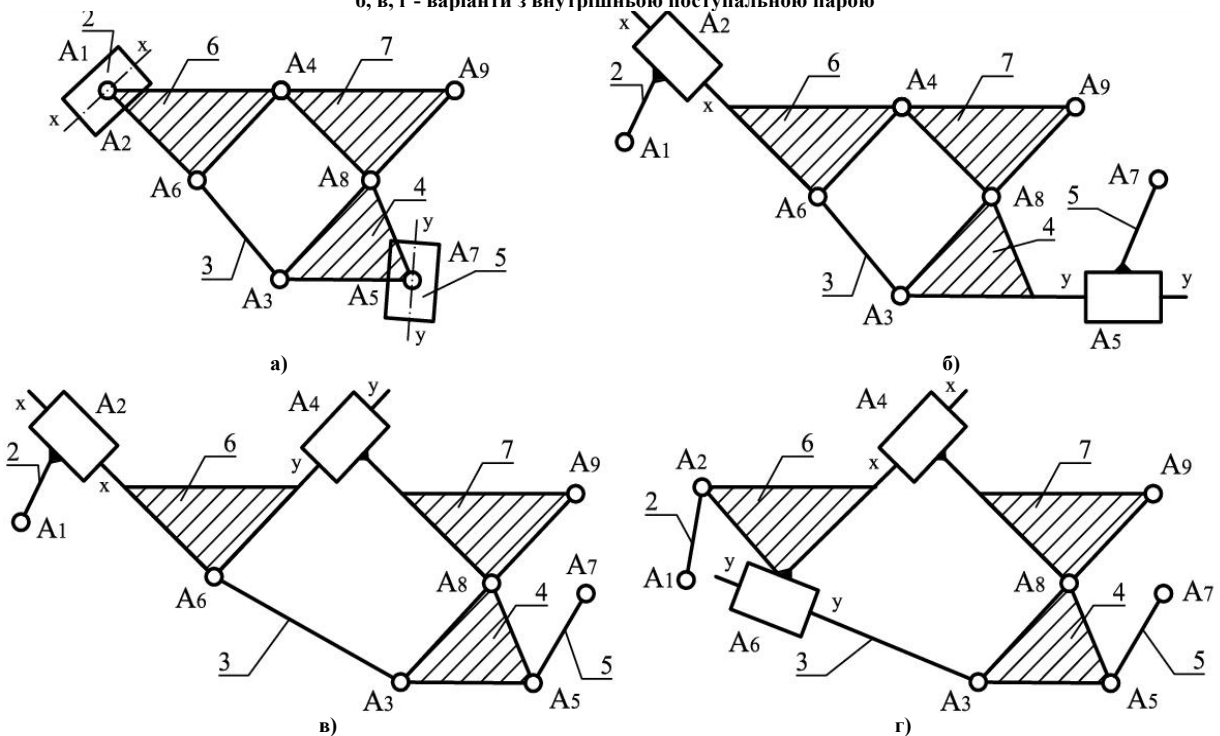


Рис. 3. Групи Ассур четвертого класу третього порядку з сьома обертальними та двома поступальними кінематичними парами (вісі  $xx, yy$  не є паралельними): а – з двома зовнішніми поступальними парами; б, в, г – варіанти з двома внутрішніми поступальними парами

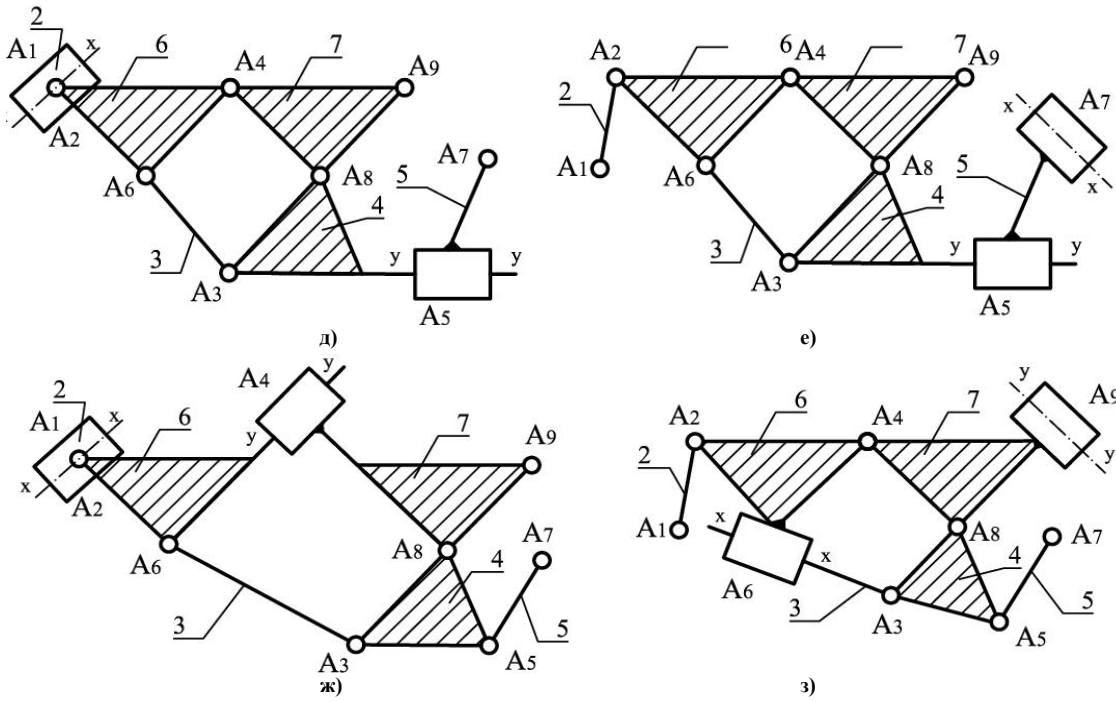


Рис. 3. (продовження) Групи Ассур четвертого класу третього порядку з сьомма обертальними та двома поступальними кінематичними парами (вісі  $xx$ ,  $yy$  не є паралельними): д, е, ж, з – варіанти з однією внутрішньою та однією зовнішньою поступальними парами

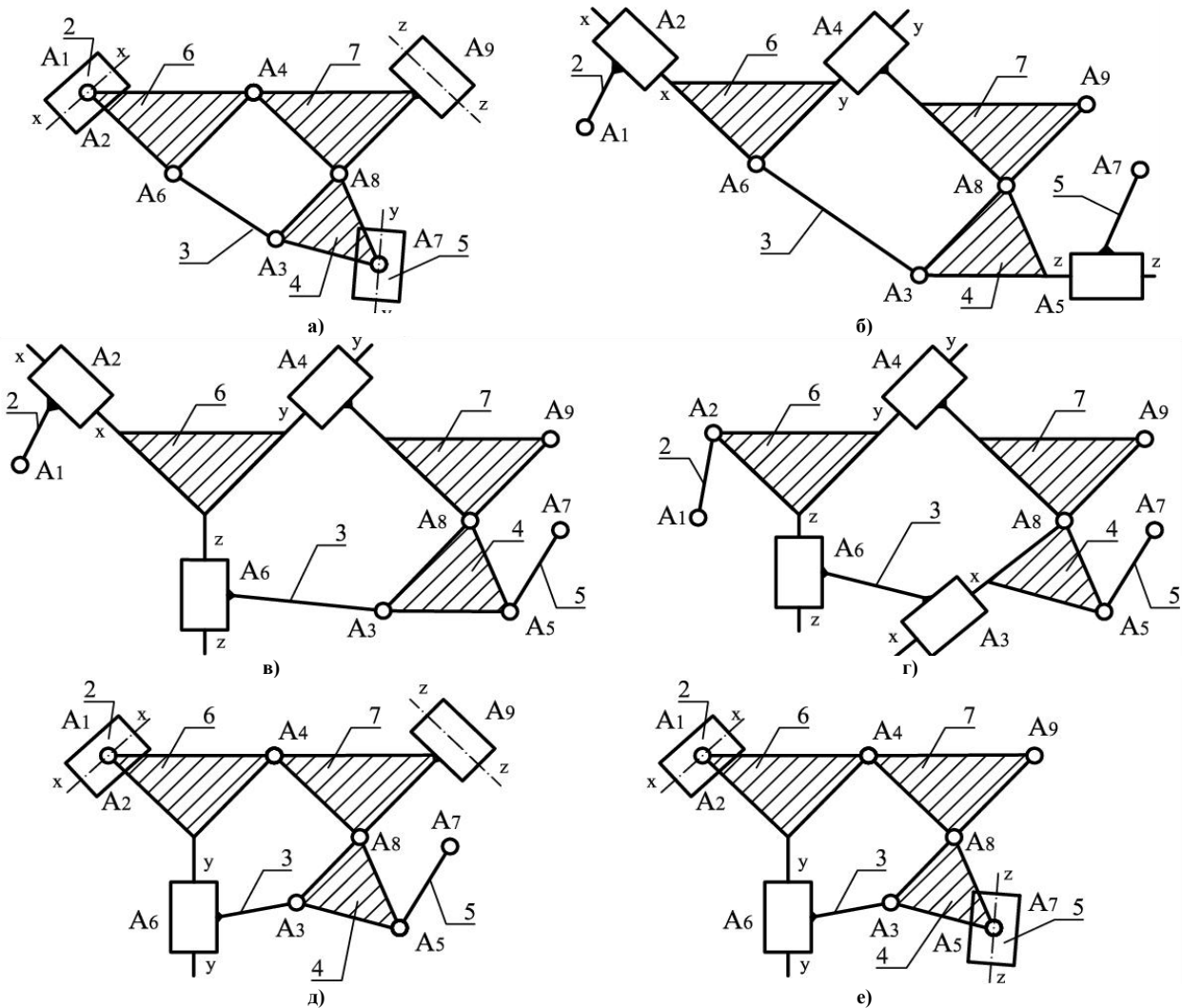


Рис. 4. Групи Ассур четвертого класу третього порядку з шістьма обертальними та трьома поступальними кінематичними парами (вісі  $xx$ ,  $yy$ ,  $zz$  не є паралельними): а – з трьома зовнішніми поступальними парами; б, в, г – варіанти з трьома внутрішніми поступальними парами; д, е – варіанти з двома зовнішніми та однією внутрішньою поступальними парами

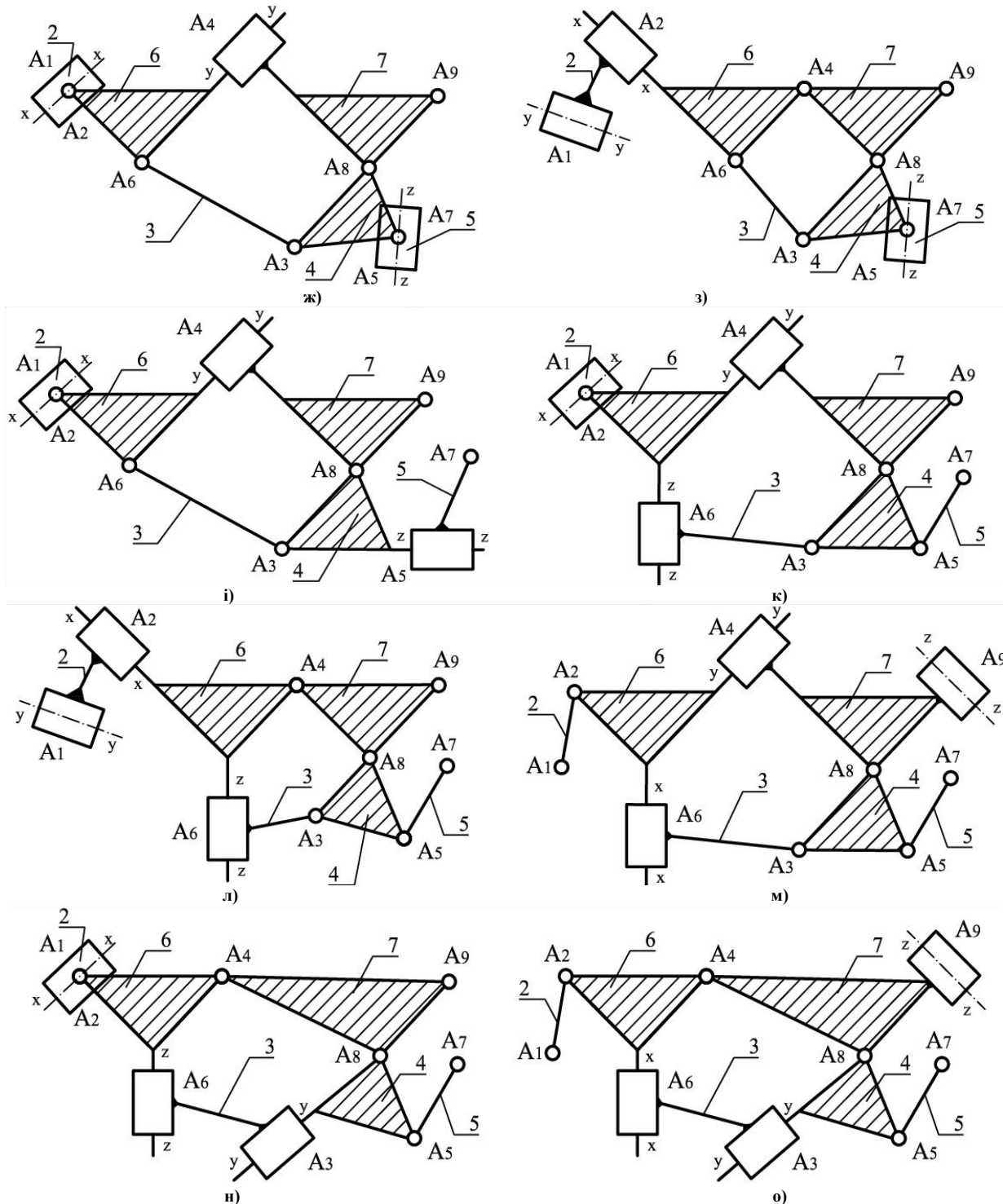


Рис. 4. (Продовження) Групи Ассур четвертого класу третього порядку з шістьма обертальними та трьома поступальними кінематичними парами (вісі  $xx$ ,  $yy$ ,  $zz$  не є паралельними): ж, з – варіанти з двома зовнішніми та однією внутрішньою поступальними парами; и, к, л, м, н, о – варіанти з однією зовнішньою та двома внутрішніми поступальними парами

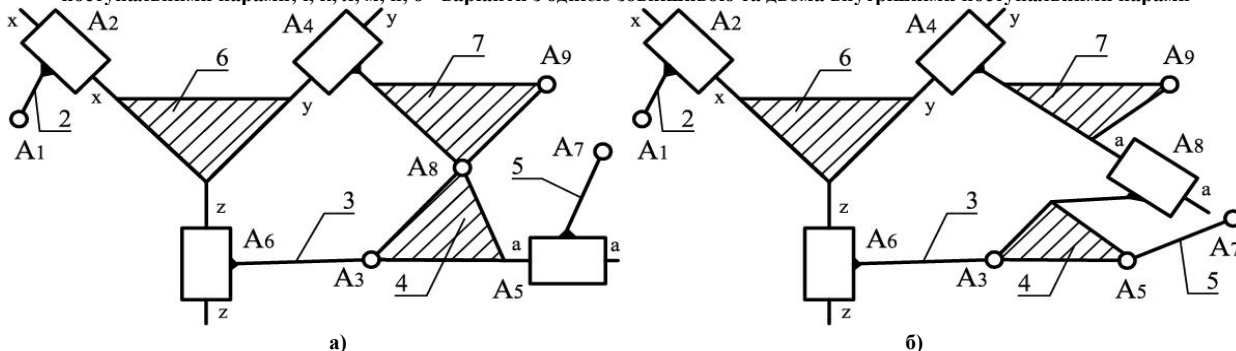


Рис. 5. Групи Ассур четвертого класу третього порядку з п'ятьма обертальними та чотирма поступальними кінематичними парами (вісі  $xx$ ,  $yy$ ,  $zz$ ,  $aa$  не є паралельними): а, б – варіанти з чотирма внутрішніми поступальними парами

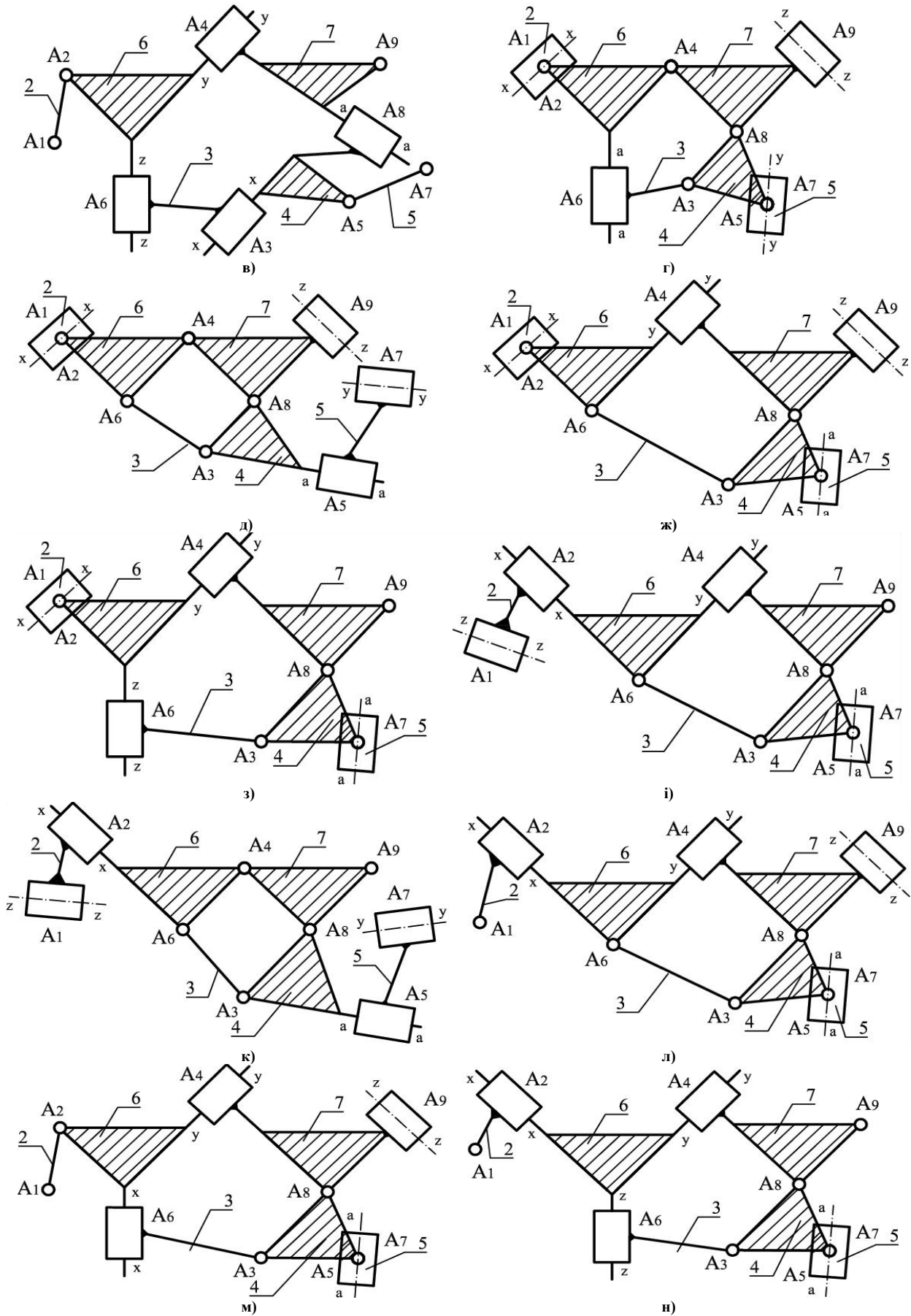


Рис. 5. (продовження) Групи Ассур четвертого класу третього порядку з п'ятьма обертовими та чотирма поступальними кінематичними парами (вісі  $xx$ ,  $yy$ ,  $zz$ ,  $aa$  не є паралельними): в – варіанти з чотирма внутрішніми поступальними парами; г, д, ж – варіанти з трьома зовнішніми і однією внутрішньою поступальними парами; з, і, к, л, м – варіанти з двома зовнішніми і двома внутрішніми поступальними парами; н – варіанти з однією зовнішньою і трьома внутрішніми поступальними парами

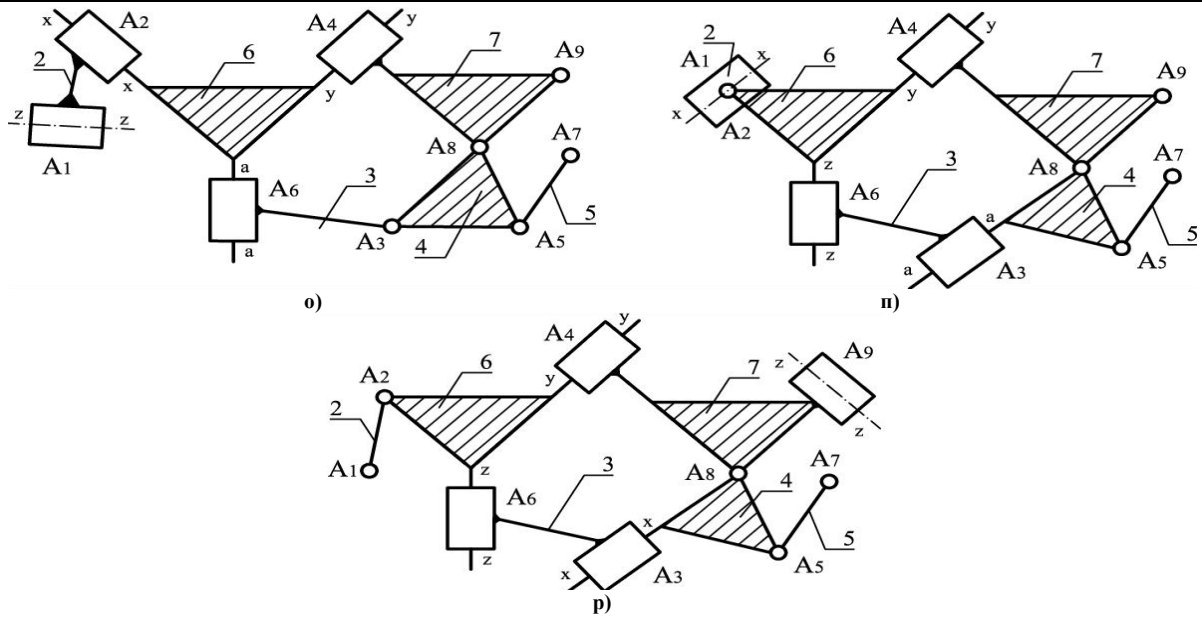


Рис. 5. (продовження) Групи Ассура четвертого класу третього порядку з п'ятьма обертальними та чотирма поступальними кінематичними парами (вісі xx, yy, zz, aa не є паралельними): о, п, р – варіанти з однією зовнішньою і трьома внутрішніми поступальними парами

**Формули будов умовних кінематично-еквівалентних механізмів для різних модифікацій груп Ассура третього класу четвертого порядку**

Формули будов умовних кінематично-еквівалентних механізмів	
Для варіанту рис. 1	
1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
Для варіантів рис. 2	
а) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
б) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)	
в) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
г) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
Для варіантів рис. 3	
а) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
б) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 3вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)	
в) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)	
г) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
д) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 3вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
е) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 5вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
ж) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
з) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 3вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
Для варіантів рис. 4	
а) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
б) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 3вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)	
в) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)	
г) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 6вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)	
д) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 3вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
е) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 3вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
ж) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
з) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 5вид(1,2)	
і) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 3вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
к) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)	
л) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 3вид(3,6) → 2клас 2порядок 5вид(1,2)	

- м) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)  
 н) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)  
 о) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)

Для варіантів рис. 5

- а) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 3вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)  
 б) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)  
 в) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 6вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)  
 г) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 3вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)  
 д) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 5вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)  
 ж) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)  
 з) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)  
 і) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 5вид(1,2)  
 к) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 5вид(4,5) → 2клас 2порядок 1вид(3,6) → 2клас 2порядок 5вид(1,2)  
 л) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 2вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)  
 м) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)  
 н) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 2вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 2вид(1,2)  
 о) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 5вид(3,6) → 2клас 2порядок 5вид(1,2)  
 п) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 6вид(3,6) → 2клас 2порядок 3вид(1,2)  
 р) 1клас(0,7) → 2клас 2порядок 1вид(4,5) → 2клас 2порядок 6вид(3,6) → 2клас 2порядок 1вид(1,2)

Інші види груп Ассура четвертого класу третього порядку можна отримати, якщо в варіантах (рис. 1 – 5) замінити обертальні і поступальні кінематичні пари, відповідно, поступальними і обертальними парами. Для того, щоб визначити послідовність кінематичного дослідження на основі наведених варіантів груп Ассура четвертого класу третього порядку згідно з умовною заміною ведучої ланки будемо вважати, що дійсна ведуча ланка 1 механізму (кривошип) утворює з ланкою 2 групи кінематичну пару  $A_1$ , а дві інші зовнішні кінематичні пари  $A_7$ ,  $A_9$  утворені відповідними ланками 5, 7 групи Ассура та стояком 0.

Результати дослідження для зручності наведені в таблиці. Формули будов механізмів, що є кінематично-еквівалентними механізмам четвертого класу мають варіанти, в яких умовно іншою можливою ведучою ланкою є ланка 7.

Аналіз формул наведених в таблиці дозволяє стверджувати, що будь-який механізм четвертого класу зі ступенем вільності  $W=1$  на основі груп Ассура четвертого класу третього порядку може бути кінематично досліджений в послідовності, яка обумовлена формулою будови умовного кінематично-еквівалентного механізму другого класу.

### Висновки

Зроблено структурне дослідження механізмів 4-го класу на основі можливих видів груп Ассура 4-го класу третього порядку за допомогою умовної зміни ведучої ланки механізму. Отримані результати дозволяють спростити кінематичний аналіз таких механізмів та збільшити точність результатів дослідження.

### Література

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский – М. : Наука, 1988. – 640 с.
2. Баранов Г.Г. Курс теории механизмов и машин / Баранов Г.Г. – М. : Машиностроение, 1975. – 494 с.
3. Сборник научно-методических статей по теории механизмов и машин. Выпуск 9. – М. : Вышш. шк., 1982. – 160 с.
4. Кошель С. О. Аналіз плоских механізмів з структурними групами 3-го класу / С. О. Кошель, Г. В. Кошель // Вісник КНУТД. – 2012. – № 4. – С. 22–26.

### References

1. Artobolevskiy I.I. Teoriya mehanizmov i mashin. M.: Nauka, 1988 – 640 s.
2. Baranov G.G. Kurs teorii mehanizmov i mashin. M.: Mashinostroenie, 1975 – 494 s.
3. Sbornik nauchno-metodicheskikh statey po teorii mehanizmov i mashin. Vyipusk 9. M.: Vyissh. shk., 1982. – 160 s.
4. Anallz ploskih mehanizmlv z strukturnimi grupami 3-go klasu / Koshel S. O., Koshel G. V. K.: VIsnik KNUTD. 2012. № 4, s. 22-26.

Рецензія/Peer review : 14.1.2015 р.

Надрукована/Printed :25.1.2015 р.  
 Рецензент: д.т.н., професор В.П. Місяць