

УДК 621.865.8

О.А. Стенін, д.т.н., проф.  
С.В. Лапковський, к.т.н., доц.  
М.О. Стеніна, студ.

Національний технічний університет України "КПІ"

## ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ОРІЄНТУЮЧИХ РУХІВ ДЕТАЛЕЙ

*Наведено спосіб визначення складу орієнтуючих рухів і методика опису різних положень орієнтованих деталей.*

Визначення складу орієнтуючих рухів (СОР), необхідних для переведення деталі з його початкового орієнтованого положення (ПОП) у кінцеве орієнтоване положення (КОП), є одним з найважливіших завдань при проектуванні роботизованих технологічних процесів [1, 3, 4].

У процесі орієнтування стійким відмінним положенням деталі є таке, при якому проекції деталі на орієнтуючі поверхні не збігаються з проекціями для інших орієнтованих положень [1, 3, 6].

Методи визначення складу орієнтуючих рухів, які вже існують і які ґрунтуються на табличному [1, 3], цифровому [7] і кінцево-автоматному [5] поданні процесу орієнтування, не є універсальними за механізмом визначення СОР для орієнтованої деталі з різною кількістю стійких відмінних положень (КСВП) [4]. Це не дозволяє розробити досить компактний і лаконічний алгоритм визначення складу орієнтуючих рухів.

Аналіз симетричності деталей дозволяє зробити висновок про те, що всі вони, залежно від кількості паяних у них площин і осей симетрії, можуть бути розділені на 5 груп [1, 3, 6]:

- 1) група 1: КСВП = 24;
- 2) група 2: КСВП = 12;
- 3) група 3: КСВП = 6;
- 4) група 4: КСВП = 3;
- 5) група 5: КСВП = 1.

Усі ці деталі при моделюванні процесів орієнтування можуть бути замінені просторовою моделлю типу «Куб» [1–4, 6]. Залежно від КСВП грані цієї моделі мають відповідні мітки [2, 4]. У табл. 1 наведені моделі типу «Куб» для деталей з різним значенням КСВП.

Однією з особливостей процесу орієнтування деталей за допомогою промислових роботів є така кінематична характеристика, як склад маніпуляційних рухів. Тому як смислові однієї терміни опису ПОП і КОП орієнтованих деталей доцільно використовувати оператори координатних напрямів (ОКН), які є ідентифікаторами одиничних векторів елементарних переміщень, реалізованих захопленням робота вздовж чи навколо координатних осей [2]. При цьому ОКН надають узагальнену характеристику процесу орієнтування на рівні кінематики.

Для опису початкового і кінцевого орієнтованих положень деталей пропонується використовувати трисимвольну алфавітну конструкцію, у якій кожний з трьох елементів визначає відносне положення осей власної системи координат XYZ орієнтованої деталі (ОД) відносно абсолютної системи координат  $X^A Y^A Z^A$  (рис. 1).

Пропонуються такі правила опису ПОП і КОП:

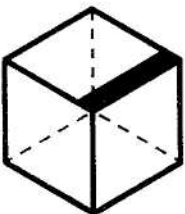
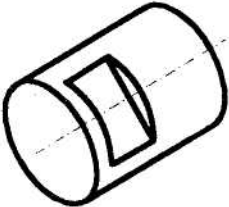
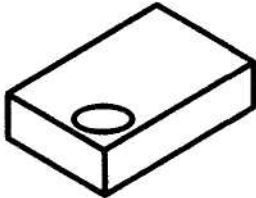
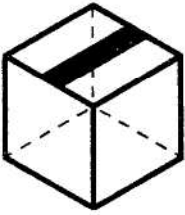
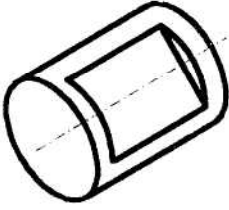
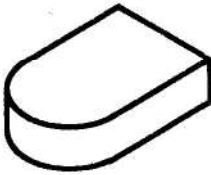
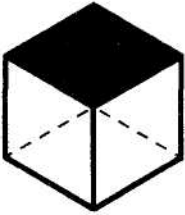
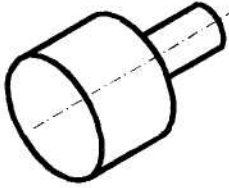
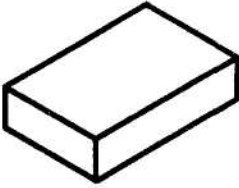
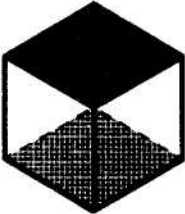
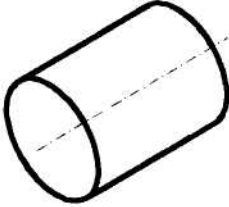
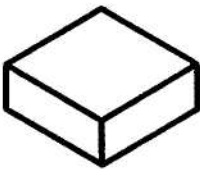
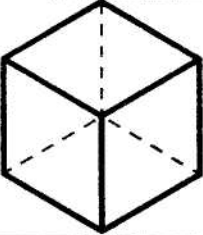
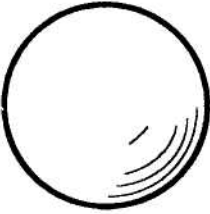
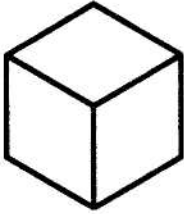
- 1) алфавітною одиницею описання ПОП і КОП буде один із семи елементів: X, Y, Z, x, y, z, « » (пропуск);
- 2) кожна позиція трисимвольної алфавітної конструкції знаходиться в точній відповідності до однієї з осей абсолютної системи координат (наприклад, першої позиції опису ПОП і КОП стосується відповідність вісь X, до другої позиції – вісь Y, до третьої позиції – вісь Z);
- 3) для описання ПОП і КОП у кожній з трьох позицій записується найменування тієї осі власної системи координат XYZ ОД, що колінеарна відповідній даній позиції осі абсолютної системи координат  $X^A Y^A Z^A$ ;
- 4) при збіганні позитивного напрямку осі власної системи координат XYZ з позитивним напрямком осі абсолютної системи координат  $X^A Y^A Z^A$  у відповідній позиції проставляється один із трьох символів: X, Y, Z (прописні символи);

5) при збіганні негативного напрямку осі власної системи координат XYZ з додатним напрямком осі абсолютної системи координат X<sup>A</sup>Y<sup>A</sup>Z<sup>A</sup> у відповідній позиції проставляється один із трьох символів: x, y, z (рядкові символи);

6) у випадку «байдужого» напрямку координатних осей, обумовленого властивостями симетричності конструкції ОД, жоден із шести елементів X, Y, Z, x, y, z не проставляється – у відповідній позиції трисимвольної алфавітної конструкції проставляється пропуск.

Таблиця 1

Моделі типу «Куб» для деталей з різним значенням КСВП

КСВ П	Модель типу «Куб»	Типові деталі	
		Тіло обертання	Призматична деталь
24			
12			
6			
3			
1			

На рис. 2–5 наведені всі можливі положення моделі типу «Куб» для деталей з різним значенням КСВП та відповідні описи цих положень.

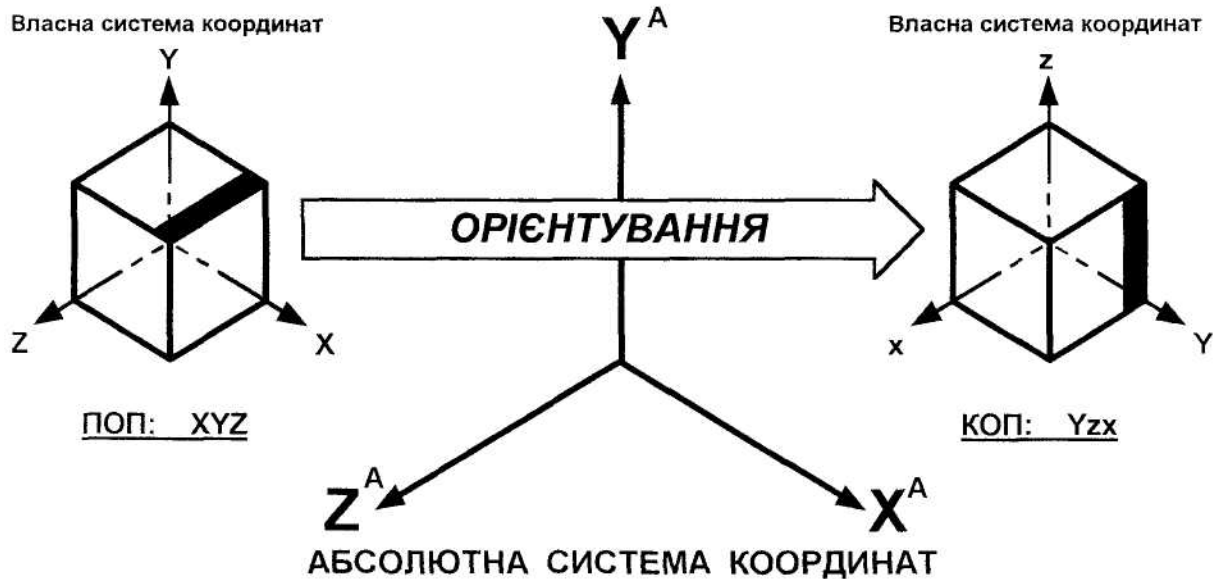


Рис. 1. Приклад опису ПОП і КОП ОД

Взаємозв'язок між різними стійкими відмінними положеннями для деталей з різним значенням КСВП можна представити у вигляді графових моделей, що наведені на рис. 6–9.

Аналіз цих графових моделей дозволяє зробити такі висновки:

- 1) які б не були початкове і кінцеве орієнтовані положення деталі, оптимальний шлях орієнтування буде складатися з поворотів навколо не більш, ніж двох осей;
- 2) які б не були початкове і кінцеве орієнтовані положення деталі, оптимальний шлях орієнтування буде складатися не більш, ніж із трьох кроків.

Однак для визначення складу орієнтуючих рухів для деталей з різними значеннями КСВП ці графові моделі є майже некорисними через відсутність у них універсальності, велику складність (для деталей з КСВП = 24 і КСВП = 12) і, як наслідок, – поганю формалізацію.

Усе це говорить про те, що необхідний інший шлях розв'язання задачі знаходження універсального алгоритму визначення складу орієнтуючих рухів для деталей з різними значеннями КСВП.

На підставі аналізу рис. 2–5 можна помітити таку закономірність: незалежно від значення КСВП, склад орієнтуючих рухів можна визначити, скориставшись таким виразом:

$$COP = ((\overset{\circ}{O}_1 \setminus \overset{\circ}{O}_1) \wedge (\overset{\circ}{O}_2 \vee \overset{\circ}{O}_3) \setminus \overset{\circ}{O}_2) \vee ((\overset{\circ}{O}_2 \wedge \overset{\circ}{O}_3) \setminus \overset{\circ}{O}_3),$$

де  $\overset{\circ}{O}$  – обертальний ОКН, що позначає обертання орієнтованої деталі навколо осі  $O$  ( $O \in \{X, Y, Z\}$ );

1, 2, 3 – порядкові номери осі  $O$  ( $O_1 \in \{X, Y, Z\}$ ,  $O_2 \in \{X, Y, Z\}$ ,  $O_3 \in \{X, Y, Z\}$ ,  $O_1 \neq O_2 \neq O_3$ );

$\setminus$  – символ операції віднімання множин;

$\overset{\circ}{O}$  – «коригувальний» ОКН, що може приймати два значення:  $\emptyset$ , або вирази, які знаходяться у наведеному вище виразі для визначення COP після символу “ $\setminus$ ”.

З рис. 2–5 видно, що кількість збігів позицій у трисимвольних алфавітних конструкціях опису ПОП і КОП може приймати одне з чотирьох значень: 0, 1, 2 і 3.

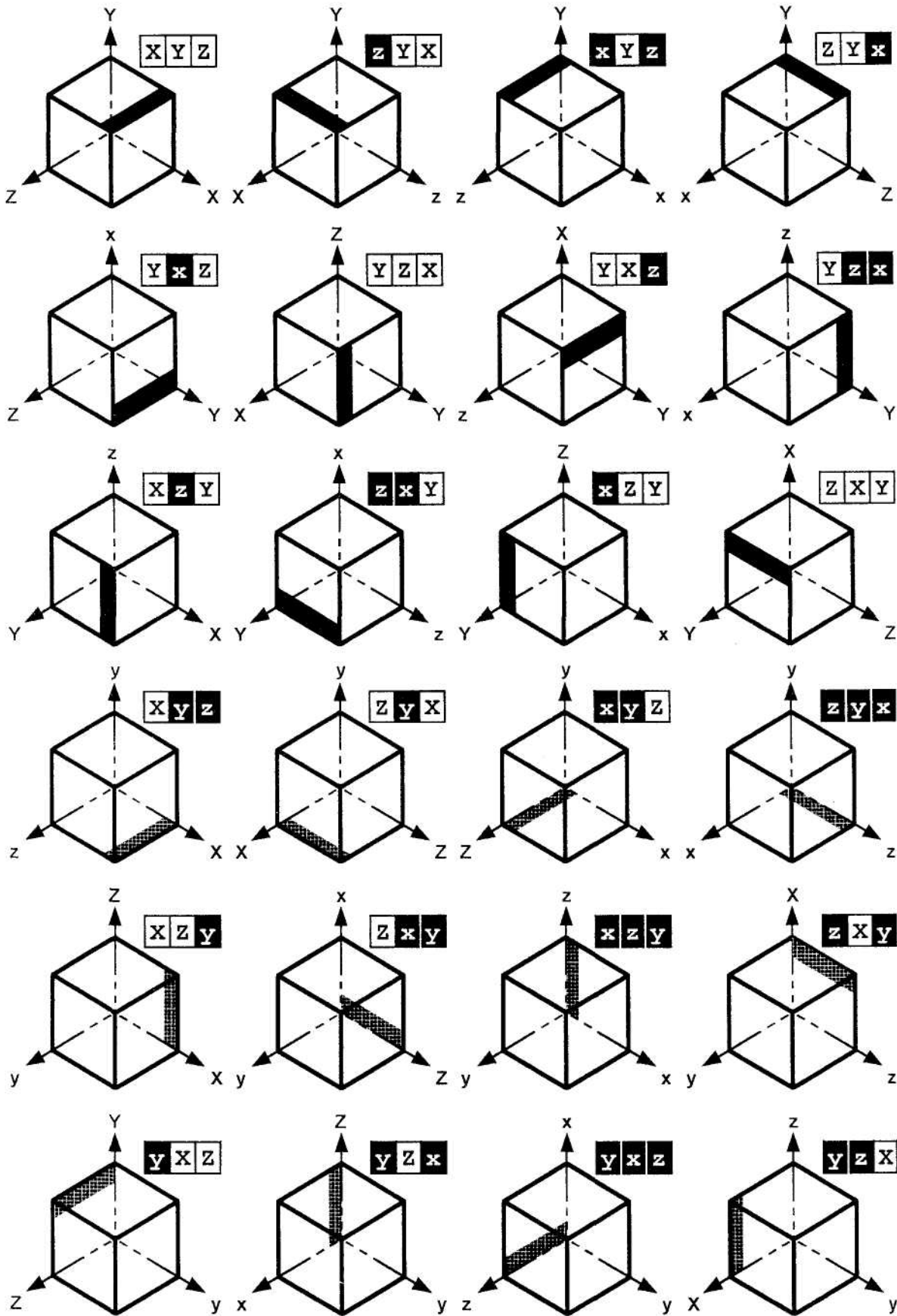


Рис. 2. Можливі положення моделі типу «Куб» і описання цих положень для деталей з КСВП = 24

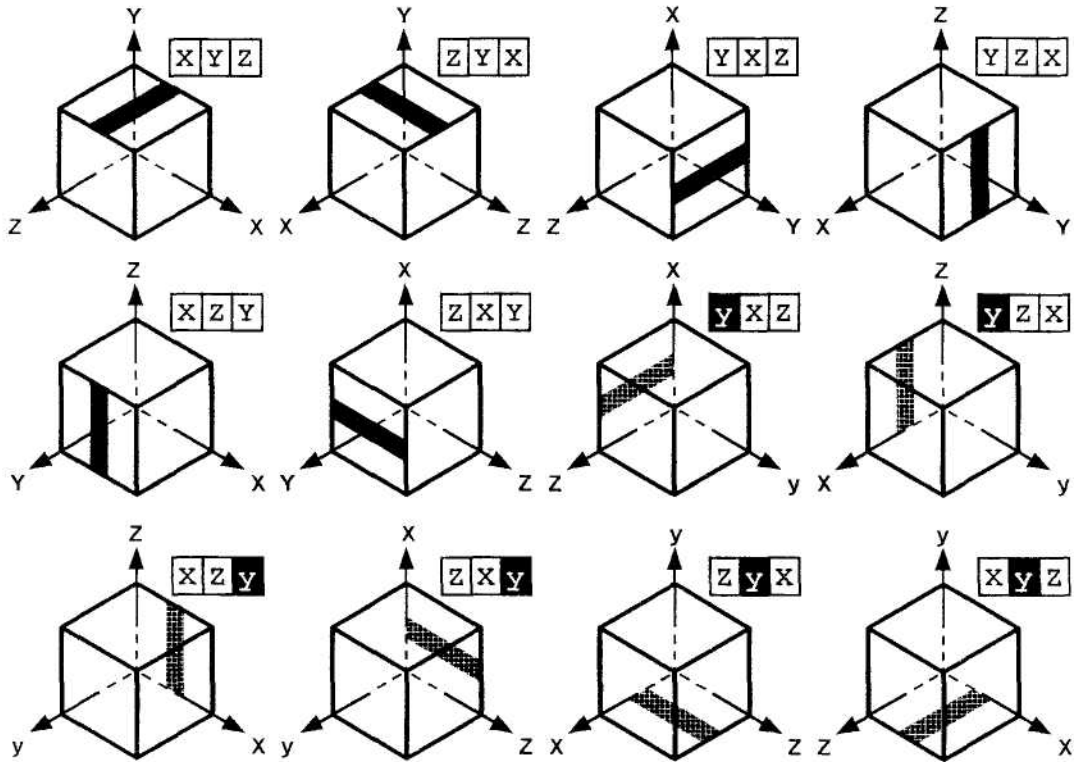


Рис. 3. Можливі положення моделі типу «Куб» і описання цих положень для деталей з КСВП = 12

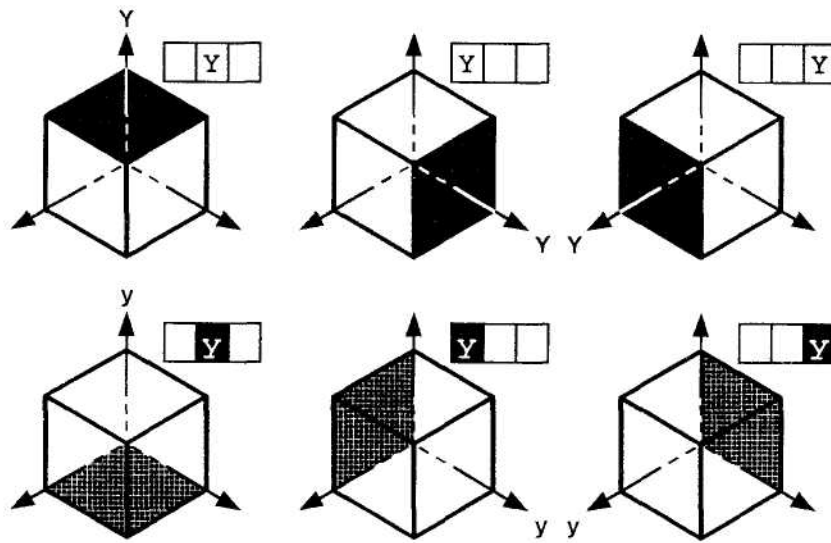


Рис. 4. Можливі положення моделі типу «Куб» і описання цих положень для деталей з КСВП = 6

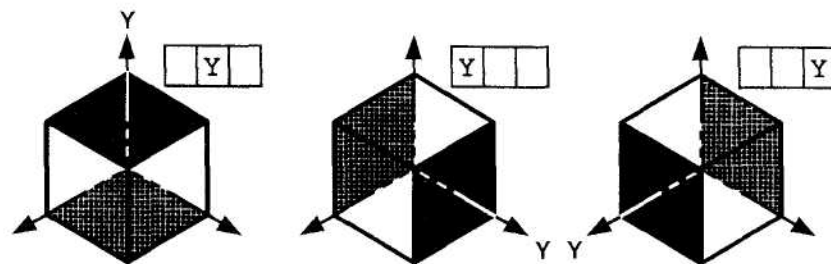


Рис. 5. Можливі положення моделі типу «Куб» і описання цих положень для деталей з КСВП = 3

В залежності від цих значень  $\overset{\circ}{O}_1$ ,  $\overset{\circ}{O}_2$  і  $\overset{\circ}{O}_3$  можуть приймати значення, які наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Значення  $\overset{\circ}{O}_1$ ,  $\overset{\circ}{O}_2$ ,  $\overset{\circ}{O}_3$  і склади орієнтуючих рухів

Кількість збігів позицій ОНП і ОКП	$\overset{\circ}{O}_1$	$\overset{\circ}{O}_2$	$\overset{\circ}{O}_3$	Склад орієнтуючих рухів
0	$\emptyset$	$\emptyset$	$\emptyset$	$(\overset{\circ}{O}_1 \wedge (\overset{\circ}{O}_2 \vee \overset{\circ}{O}_3)) \vee (\overset{\circ}{O}_2 \wedge \overset{\circ}{O}_3)$
1	$\emptyset$	$\overset{\circ}{O}_2 \vee \overset{\circ}{O}_3$	$\overset{\circ}{O}_2 \wedge \overset{\circ}{O}_3$	$\overset{\circ}{O}_1$
2	$\overset{\circ}{O}_1$	$\emptyset$	$\overset{\circ}{O}_2 \vee \overset{\circ}{O}_3$	$\overset{\circ}{O}_2 \vee \overset{\circ}{O}_3$
3	$\overset{\circ}{O}_1$	$\overset{\circ}{O}_2 \vee \overset{\circ}{O}_3$	$\overset{\circ}{O}_2 \wedge \overset{\circ}{O}_3$	$\emptyset$

Під значеннями  $\overset{\circ}{O}_1$ ,  $\overset{\circ}{O}_2$ ,  $\overset{\circ}{O}_3$  маються на увазі конкретні обертальні ОКН, що визначаються в такий спосіб:

1) при кількості збігів позицій у трисимвольних алфавітних конструкціях опису ПОП і КОП, яка дорівнює 1, оператору  $\overset{\circ}{O}_1$  привласнюється найменування обертального ОКН навколо тієї осі абсолютної системи координат, що поставлена у відповідність до «збереженої» позиції, операторам  $\overset{\circ}{O}_2$  і  $\overset{\circ}{O}_3$  привласнюються найменування двох інших осей;

2) при кількості збігів позицій у трисимвольних алфавітних конструкціях опису ПОП і КОП, яка дорівнює 2,  $\overset{\circ}{O}_2$  операторам  $\overset{\circ}{O}_3$  і привласнюються найменування обертальних ОКН навколо тих двох осей абсолютної системи координат, що поставлені у відповідність до «збережених» позиціям.

У табл. 3 представлені приклади визначення складів орієнтуючих рухів. У табл. 3 використовуються такі позначення:  $A = \overset{\circ}{X}$ ,  $B = \overset{\circ}{Y}$ ,  $C = \overset{\circ}{Z}$ .

Запропонований спосіб визначення складу орієнтуючих рухів і методика опису різних положень орієнтованих деталей може бути використана при проектуванні роботизованих технологічних процесів, зокрема при виборі допоміжного технологічного устаткування ГВС металообробки і складання.

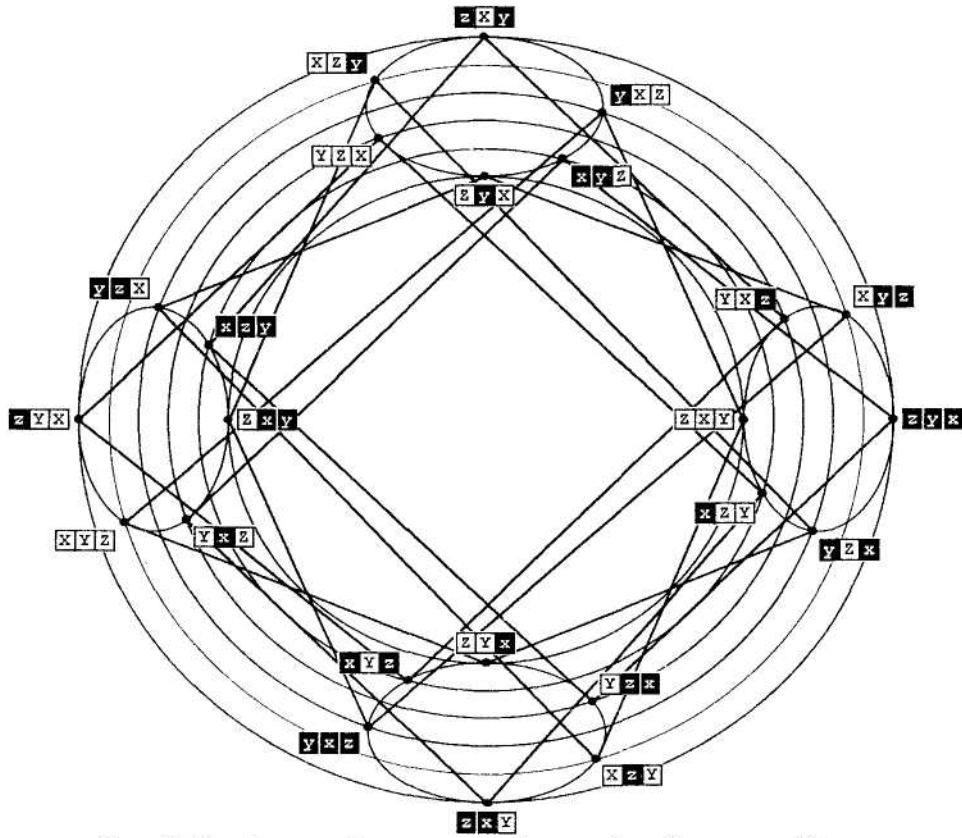


Рис. 6. Графова модель взаємозв'язку між різними стійкими відмінними положеннями для деталей з КСВП = 24

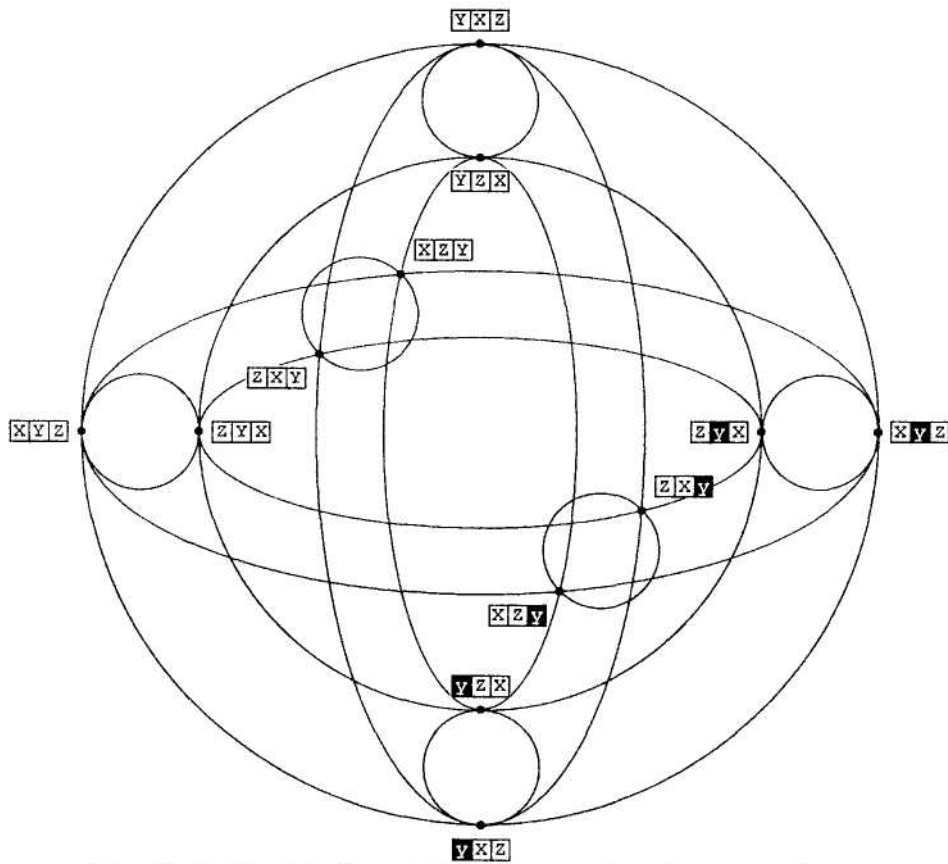


Рис. 7. Графова модель взаємозв'язку між різними стійкими відмінними положеннями для деталей з КСВП = 12

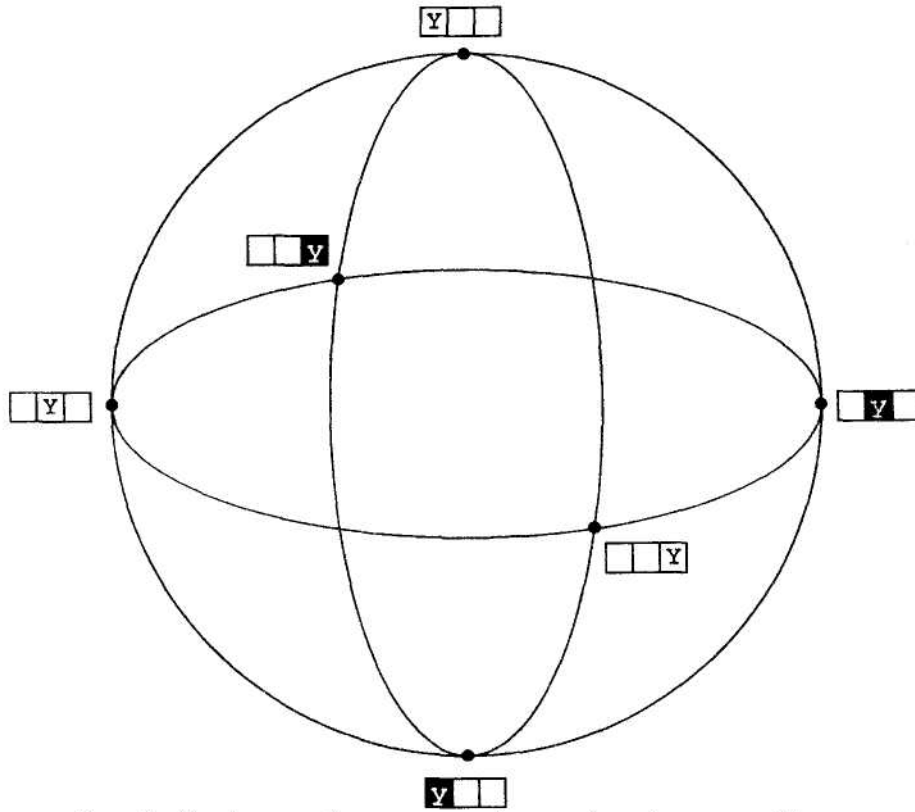


Рис. 8. Графова модель взаємозв'язку між різними стійкими відмінними положеннями для деталей з КСВП = 6

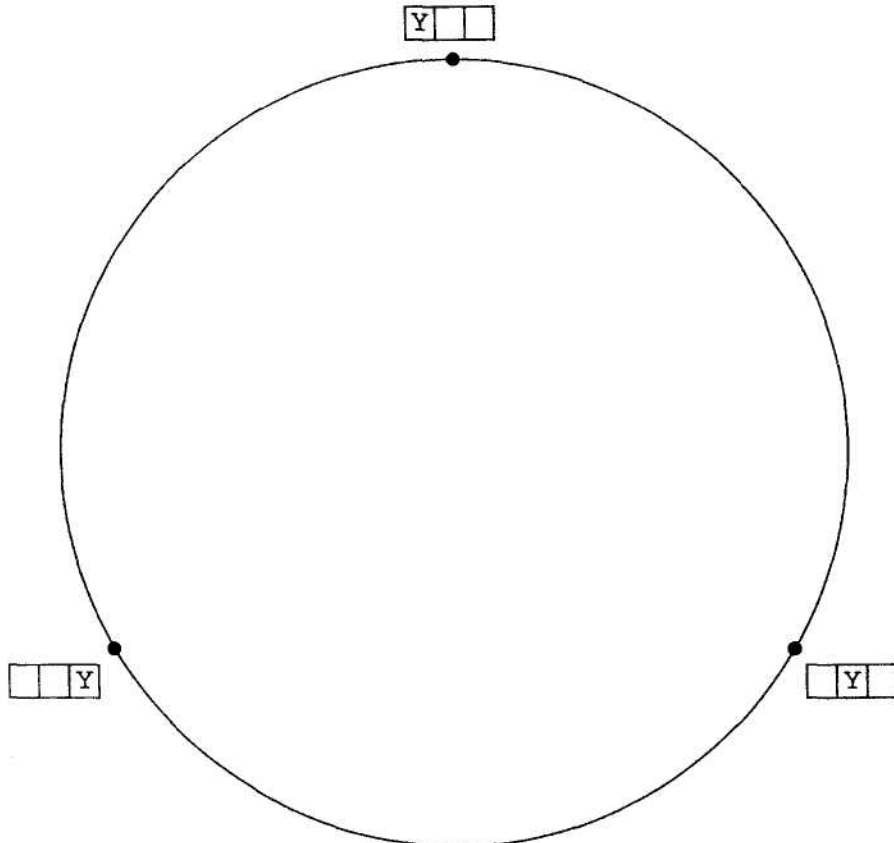


Рис. 9. Графова модель взаємозв'язку між різними стійкими відмінними положеннями для деталей з КСВП = 3



Таблиця 3

Приклади визначення складів орієнтуючих рухів

КСВП	ОНП	ОКП	СОП
24			$(A \wedge (B \vee C)) \vee (B \vee C)$
24			$C$
12			$(A \wedge (B \vee C)) \vee (B \vee C)$
12			$A \vee C$
6			$A \vee C$
3			$B$

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Автоматизированные системы технологической подготовки робототехнического производства / Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин, М.М. Ткач. – К.: Выща школа, 1987. – 271 с.
2. Автоматизированный выбор роботов по кинематическим требованиям сборочной технологии / В.Н. Давыгора, В.А. Кирилович. – К.: Общество «Знание» Украины, 1991. – 24 с.
3. *Гавриш А.П., Ямпольский Л.С.* Гибкие производственные системы: Учебник. – К.: Выща школа, 1989. – 407 с.
4. *Кирилович В.А., Ланковський С.В.* Определение состава ориентирующих движений при автоматизированном проектировании роботизированных технологических процессов сборки // Праці Житомирського філіалу КПІ. Серія А / Техніка. – Вип. 1. – Житомир: ЖФ КПІ. – 1993. – С. 156–160.
5. *Колодницький Н.М., Кирилович В.А., Давыгора В.П.* Представление конечным автоматом процесса ориентирования деталей при роботизированной сборке // Автоматизация сборочных процессов. – Рига: РТУ, 1990. – Вып. 17. – С. 72–80.
6. *Шабайкович В.А.* Ориентирующие устройства с программным управлением: Технологические основы проектирования. – К.: Техніка, 1981. – 183 с.
7. *Ярмош А.Г.* Моделирование и оптимизация последовательности роботизированной сборки: Автореф. дис. канд. техн. наук. – К.: КПИ, 1987. – 16 с.

СТЕПАН Александр Африканович – доктор технічних наук, професор кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання;
- гнучкі виробничі системи.

ЛАНКОВСЬКИЙ С.В. – кандидат технічних наук, доцент Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання;
- гнучкі виробничі системи.

СТЕПАН М.О. – студентка Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання;
- гнучкі виробничі системи.

Подано 3.01.2003