

УДК 681.31

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРЯМОЇ ТА ІНВЕРСНОЇ КІНЕМАТИКИ РОБОТА МАНІПУЛЯТОРА З ШІСТЬМА СТУПЕНЯМИ СВОБОДИ

**С.О. ТЮТЮМА<sup>1\*</sup>, О.Є. ІСТОМІН<sup>2</sup>**

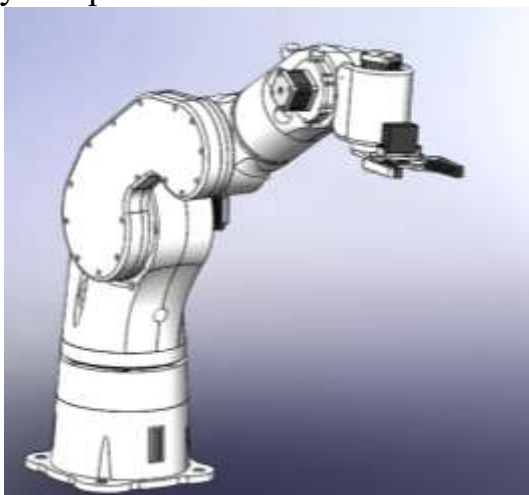
<sup>1</sup> магістрант кафедри ІТС КГМ ім. О.О. Морозова, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

<sup>2</sup> доцент кафедри ІТС КГМ ім. О.О. Морозова, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

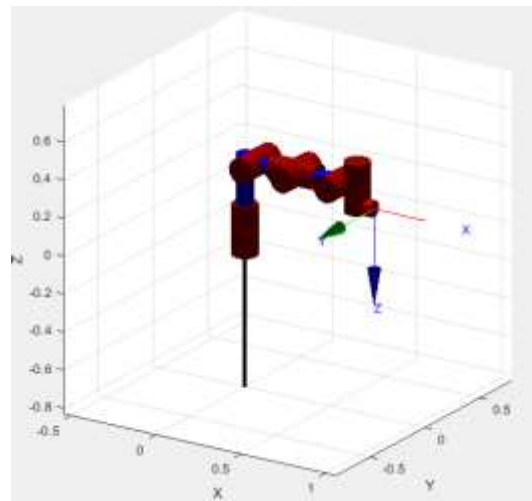
\* email: [a.e.istomin@gmail.com](mailto:a.e.istomin@gmail.com)

Роботи є основною частиною гнучких виробничих систем. Вони використовуються в різних задачах де людську працю можна замінити і автоматизувати, а також там, де необхідно оптимізувати працю людини, за рахунок спільної роботи (колаборативні роботи). В світі існує достатньо велика кількість відомих виробників промислових та колаборативних роботів маніпуляторів, таких як UR, ABB, Fanuc та інші. Однак, такі роботи є досить коштовними для широкого використання у виробничих сферах промисловості України. Таким чином, актуальною є спроба створення колаборативного робота маніпулятора з використанням адитивних технологій для потреб виробництва та суттєво меншою ціною, порівняно з зарубіжними аналогами.

У даній роботі розглядається задача моделювання роботизованої руки маніпулятора з шістьма ступенями свободи в MATLAB. Для цього необхідно побудувати моделі розрахунку прямої та інверсної кінематики роботизованої руки маніпулятора. На рис. 1а зображена розроблена тривимірна модель руки маніпулятора.



а



б

Рис. 1 – Роботизована рука маніпулятор:  
а – тривимірна модель; б – кінематична схема

Для опису геометрії робота-маніпулятора використовують так звану кінематичну схему, яка представляє собою графічне зображення послідовності

ланок маніпулятора, з'єднаних між собою зчленуваннями, що представлена на рис. 1б.

Пряма задача кінематики полягає в розрахунку положення та орієнтації системи координат, пов'язаної з робочим інструментом, при заданому наборі узагальнених параметрів маніпулятора. Інверсна кінематика полягає в розрахунку набору узагальнених кутів маніпулятора при заданих координатах положення і орієнтації кінцевої системи координат, пов'язаної з робочим інструментом. Для кінематичної схеми, зображеної на рисунку 1б, були отримані наступні параметри Денавіта-Хартенберга [1], що представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Визначення параметрів Денавіта-Хартенберга

Ланка, $i$	$a$ , м	$A$	$d$ , м	$q$
1	0.06	$\pi/2$	0.357	$q_1$
2	0.24	0	0	$q_2$
3	0	$\pi/2$	0	$q_3$
4	0	$-\pi/2$	0.26	$q_4$
5	0.10	$\pi/2$	0	$q_5$
6	0.10	0	0.1	$q_6$

Для вирішення задачі прямої кінематики необхідно записати відповідні матриці однорідного перетворення для кожної ланки робота.

Підставивши всі параметри Денавіта-Хартенберга, отримаємо  $n=6$  матриць однорідного перетворення. Підсумкову матрицю, яка б пов'язала всі системи координат, як і в випадку з матрицями обертання, можна отримати послідовним перемноженням:

$$T_n^0(q) = T_1(q) \cdot T_2(q) \cdot \dots \cdot T_n(q) = \begin{bmatrix} R_n^0(q) & p_n^0(q) \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

де матриця обертання  $R_n^0(q)$  та вектор  $p_n^0(q)$  задають, відповідно орієнтацію і положення системи координат, пов'язаної з робочим органом, щодо базової системи в залежності від конфігурації маніпулятора, заданої вектором узагальнених координат  $q \in R^n$ .

При розрахунку інверсної кінематики можуть бути використані аналітичний (геометричний) та числовий методи. Для запропонованої кінематичної схеми (рис. 1б) була побудована математична модель вирішення задачі інверсної кінематики на основі аналітичного методу. Для побудови такої моделі був використаний метод кінематичної декомпозиції, що полягає у розділенні задачі розрахунку кінематики на дві: визначення позиції та орієнтації [2].

Таким чином в роботі побудовано та виконано моделювання прямої та інверсної кінематики колаборативного робота маніпулятора.

**Список літератури:**

1. Corke P. I., Robotics, Vision & Control: Fundamental Algorithms in MATLAB / P. I. Corke // Springer. – 2011. – P. 241.
2. Siciliano B. Springer handbook of robotics / B. Siciliano, O. Khatib // Springer Science & Business Media. – 2008. – P. 1650.