

УДК 62-529

КІНЕМАТИКА 3D МАНІПУЛЯТОРА З РУЧНИМ КЕРУВАННЯМ

В. М. Дворжак, кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну

Б. В. Орловський, доктор технічних наук, професор
Київський національний університет технологій та дизайну

В. М. Попов, студент
Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: промисловий робот, шарнірний чотириланковик, кінематичний аналіз

Переважає більшість роботів, які використовуються в промисловості, є маніпуляторами, керованими за допомогою мікропроцесорних контролерів. Багатоланкова конструкція маніпулятора закінчується захватом або змінним інструментом, за допомогою якого можливо переміщати об'єкти в робочому просторі, або виконувати технологічні операції.

При плануванні рухів маніпулятора вибирається траєкторія робочого інструмента, яка разом із законами зміни швидкостей і прискорень повинна відповідати вимогам технологічного процесу та можливостям робота. У зв'язку з вирішенням завдань планування рухів в робототехніці виникли поняття «прямої» і «зворотної» задач кінематики. Розв'язуючи пряму задачу кінематики, тобто здійснюючи кінематичний аналіз, можна визначити положення і орієнтацію робочого інструмента, закріпленого на кінці маніпулятора, у робочому просторі за заданими кутами та переміщеннями ланок, а розв'язуючи зворотну – визначити ці кути та переміщення, якщо задані потрібні положення та орієнтація захвату.

Завданням дослідження є кінематичний аналіз 3D маніпулятора (рисунок 1, а), який складається з двох ведучих коромисел 1 та 4 та приєднаних до них трьох двоповідкових груп Асура 2 класу 1 виду.

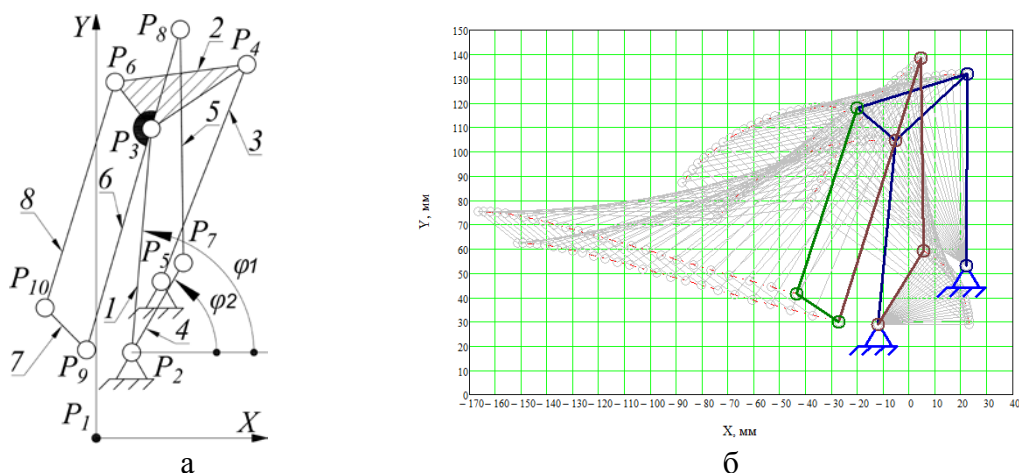


Рисунок 1 – Розрахункова схема (а) та графік візуалізації в Mathcad (б) кінематичної схеми маніпулятора, суміщений з траєкторіями характерних точок

Захват маніпулятора (на рисунку 1, а не показаний) кріпиться до шатуна 7. Узагальненими координатами механізму маніпулятора є кути ведучих коромисел φ_1 та φ_2 . Представимо ланки маніпулятора у вигляді вільних векторів, які позначимо P_{i-j} (i – точка початку, j – точка кінця вектору), характерні точки – радіус векторами P_k . Визначення функції положення маніпулятора проводиться на основі апарату векторної алгебри.

Функції векторів-ланок та радіус-векторів характерних точок маніпулятора у залежності від кутів φ_1 та φ_2 визначалися за виразами:

$$P_{2-3}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_1, l_{2-3}); \quad P_3(\varphi_1) := P_2 + P_{2-3}(\varphi_1); \quad (1)$$

де e_X – орт осі абсцис; l_{i-j} – довжини рухомих ланок, що відповідають векторам P_{i-j} ; ρ_Z – функція в Mathcad повороту вектору [1].

$$P_{5-3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_5; \quad U_{3-5-4}(\varphi_1) := \text{Кум}(P_{5-3}(\varphi_1), l_{5-4}, l_{4-6}); \quad (2)$$

де Кум – функція в Mathcad для визначення кута між векторами [1]; U_{3-5-4} – кут між P_{5-3} та P_{5-4} .

$$P_{5-4}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{5-3}(\varphi_1), -W_{3-4-5} \cdot U_{3-5-4}(\varphi_1), l_{5-4}); \quad P_4(\varphi_1) := P_5 + P_{5-4}(\varphi_1); \quad (3)$$

де W_{3-4-5} – параметр, що визначає складання групи 3-4-5.

$$U_{4-3-6}(\varphi_1) := \text{Кум}(l_{3-4}, l_{3-6}, l_{4-6}); \quad P_{3-4}(\varphi_1) := P_4(\varphi_1) - P_3(\varphi_1); \quad (4)$$

$$P_{3-6}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{3-4}(\varphi_1), U_{4-3-6}(\varphi_1), l_{3-6}); \quad P_6(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) + P_{3-6}(\varphi_1); \quad (5)$$

$$P_{2-7}(\varphi_2) := \rho_Z(e_X, \varphi_2, l_{2-7}); \quad P_4(\varphi_2) := P_2 + P_{2-7}(\varphi_2); \quad (6)$$

$$P_{3-7}(\varphi_1, \varphi_2) := P_7(\varphi_2) - P_3(\varphi_1); \quad U_{7-3-8}(\varphi_1, \varphi_2) := \text{Кум}(P_{3-7}(\varphi_1, \varphi_2), l_{3-8}, l_{7-8}); \quad (7)$$

де U_{7-3-8} – кут між P_{3-7} та P_{3-8} .

$$P_{3-8}(\varphi_1, \varphi_2) := \rho_Z(P_{3-7}(\varphi_1, \varphi_2), -W_{7-8-3} \cdot U_{7-3-8}(\varphi_1, \varphi_2), l_{3-8}); \quad (8)$$

де W_{7-8-3} – параметр, що визначає складання групи 7-8-3.

$$P_8(\varphi_1, \varphi_2) := P_3(\varphi_1) + P_{3-8}(\varphi_1, \varphi_2); \quad (9)$$

$$P_{3-9}(\varphi_1, \varphi_2) := \rho_Z(P_{3-8}(\varphi_1, \varphi_2), U_{8-3-9}, l_{3-9}); \quad P_9(\varphi_1, \varphi_2) := P_3(\varphi_1) + P_{3-9}(\varphi_1, \varphi_2); \quad (10)$$

де U_{8-3-9} – кут між P_{3-8} та P_{3-9} .

$$P_{6-9}(\varphi_1, \varphi_2) := P_9(\varphi_1, \varphi_2) - P_6(\varphi_1); \quad U_{9-6-10}(\varphi_1, \varphi_2) := \text{Кум}(P_{6-9}(\varphi_1, \varphi_2), l_{6-10}, l_{9-10}); \quad (11)$$

де U_{9-6-10} – кут між P_{6-9} та P_{6-10} .

$$P_{6-10}(\varphi_1, \varphi_2) := \rho_Z(P_{6-9}(\varphi_1, \varphi_2), -W_{9-10-6} \cdot U_{9-6-10}(\varphi_1, \varphi_2), l_{6-10}); \quad (12)$$

де W_{9-10-6} – параметр, що визначає складання групи 9-10-6.

$$P_{10}(\varphi_1, \varphi_2) := P_6(\varphi_1) + P_{6-10}(\varphi_1, \varphi_2); \quad P_{9-10}(\varphi_1, \varphi_2) := P_{10}(\varphi_1, \varphi_2) - P_9(\varphi_1, \varphi_2). \quad (13)$$

Вирази (1)-(6) визначають функції положення першої приєднаної до ланки 1 групи 2-3; вирази (7)-(10) – другої приєднаної до ланки 4 групи 5-6; вирази (11)-(13) – третьої приєднаної до ланки 7 групи 7-8.

З використанням отриманих виразів побудована комп'ютерна модель кінематичної схеми маніпулятора (рисунок 2, б) та досліджений закон руху шатуна 7 – тримача захвату, у залежності від зміни кутів φ_1 та φ_2 .

Список використаних джерел

1. Орловський Б. В. Комп'ютерне моделювання та синтез типового механізму технологічних машин / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник КНУТД. – 2014. – № 5. – С. 103-108.