

УДК 677.055, 687.053

Дворжак В. М., канд. техн. наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну, dvorzhak@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ CAD-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЦІЛЬОВИХ МЕХАНІЗМІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

Виконання складних рухів робочими органами технологічних машин потребує створення складних механізмів різних класів з використанням аналітичних методів. Після структурного синтезу проводиться геометричний синтез кінематичної схеми, що дозволяє аналізувати рух. Використання аналітичних методів дозволяє отримати точні результати та автоматизувати розрахунки за допомогою комп'ютерних програм. Однак ці методи можуть давати декілька розв'язків, що відповідають різним варіантам складання механізму. Іноді це може призвести до «дефекту галуження». Для вибору найкращого розв'язку рекомендується використовувати візуалізацію схеми, що дозволяє аналізувати рух механізму та досліджувати траєкторії його характерних точок [1]. Візуалізацію схем механізмів здійснюють зазвичай з використанням CAD/CAE-технологій, наприклад, програми MathCAD, що передбачає створення математичних моделей, які описують положення механізму, методами векторної алгебри [1]. У випадках, коли необхідно виконувати побудови положень механізму, зручніше користуватись графічними редакторами, наприклад, програмою AutoCAD, яка також дозволяє здійснювати креслення в автоматичному режимі, використовуючи редактор Visual Lisp. Програмний код Visual Lisp (рис. 1, рис. 2) містить власні функції користувача у вигляді математичних моделей, що описують вектори-ланки механізму та радіус-вектори характерних його точок методами векторної алгебри, та дозволяє створення базових геометричних об'єктів, таких як лінії, кола тощо, які відповідатимуть елементам кінематичної схеми механізму (рис. 3).

```
(defun c:positions1 ()
;Введення вхідних даних для побудови схеми механізму та траєкторій його точок
(setq P1 (getpoint "\nТочка 1: "))
(setq P4 (getpoint "\nТочка 4: "))
(setq L1_2 (getreal "\nДовжина ланки 1-2 (кривошип): "))
(setq L2_3 (getreal "\nДовжина ланки 2-3 (шатун): "))
(setq L4_3 (getreal "\nДовжина ланки 4-3 (коромисло): "))
(setq L3_5 (getreal "\nДовжина ланки 3-5 (відросток шатуна): "))
(setq L3_6 (getreal "\nДовжина ланки 3-6: (відросток коромисла) ")
(setq kut2_3_5_deg (getreal "\nКут 2-3-5 (в градусах): "))
(setq kut4_3_6_deg (getreal "\nКут 4-3-6 (в градусах): "))
(setq W2_3_4 (getreal "\nСкладання 2-3-4 (1 або -1): "))
(setq start_angle_deg (getreal "\nПочатковий кут ланки 1-2 (кривошип) (в градусах):
"))
(setq pol (getreal "\nКількість положень механізму: "))
(setq MSt (getreal "\nМасштаб стояків механізму на кресленнику: "))
;Перерахунок кутових параметрів з градусів у радіани
(setq f0 (* (/ start_angle_deg 180.0) pi) f1_max (+ f0 (* 2.0 pi)))
(setq deltaf (/ (- f1_max f0) pol))
(setq kut2_3_5 (* (/ kut2_3_5_deg 180.0) pi))
(setq kut4_3_6 (* (/ kut4_3_6_deg 180.0) pi))
;Визначення проєкцій радіус-векторів стояків P1 і P4 на осі координат X і Y
(setq P1_x (car P1) P1_y (cadr P1) P4_x (car P4) P4_y (cadr P4))
;Встановлення початкового значення дискретної змінної кута повороту кривошипа f1
(setq f1 f0)
;Створення порожніх списків для зберігання координат точок механізму P5, P6 і P3
(setq points_list_P5 '() points_list_P6 '() points_list_P3 '())
```

Рис. 1 – Лістинг фрагменту програмного коду в редакторі Visual Lisp для AutoCAD для креслення положень механізму ниткопритягача з двома вічками швейної машини

```

;Цикл розрахунку з внутрішніми командами для визначення:
;1) вільних векторів-ланок P1-2, P2-3, P4-3, P3-5, P3_6
;2) радіус-векторів точок P2, P3, P5, P6
(while (<= f1 f1_max)
  (setq P1_2_x (ro_x 1.0 0.0 f1 1.0 L1_2) P1_2_y (ro_y 1.0 0.0 f1 1.0 L1_2))
  (setq P2_x (+ P1_x P1_2_x) P2_y (+ P1_y P1_2_y))
  (setq L4_2 (distance P4 (list P2_x P2_y)))
  (setq P4_2_x (- P2_x P4_x) P4_2_y (- P2_y P4_y))
  (setq kut2_4_3 (tcos L4_2 L4_3 L2_3))
  (setq P4_3_x (ro_x P4_2_x P4_2_y (* -1.0 W2_3_4 kut2_4_3) L4_2 L4_3))
  (setq P4_3_y (ro_y P4_2_x P4_2_y (* -1.0 W2_3_4 kut2_4_3) L4_2 L4_3))
  (setq P3_x (+ P4_x P4_3_x) P3_y (+ P4_y P4_3_y))
  (setq P2_3_x (- P3_x P2_x) P2_3_y (- P3_y P2_y))
  (setq P3_5_x (ro_x (* -1.0 P2_3_x) (* -1.0 P2_3_y) kut2_3_5 L2_3 L3_5))
  (setq P3_5_y (ro_y (* -1.0 P2_3_x) (* -1.0 P2_3_y) kut2_3_5 L2_3 L3_5))
  (setq P3_6_x (ro_x (* -1.0 P4_3_x) (* -1.0 P4_3_y) kut4_3_6 L4_3 L3_6))
  (setq P3_6_y (ro_y (* -1.0 P4_3_x) (* -1.0 P4_3_y) kut4_3_6 L4_3 L3_6))
  (setq P5_x (+ P3_x P3_5_x) P5_y (+ P3_y P3_5_y))
  (setq P6_x (+ P3_x P3_6_x) P6_y (+ P3_y P3_6_y))
;Креслення ліній, які зображують ланки механізму
(command "_line" P1 (list P2_x P2_y) "")
(command "_line" P4 (list P3_x P3_y) "")
(command "_line" (list P2_x P2_y) (list P3_x P3_y) "")
(command "_line" (list P3_x P3_y) (list P5_x P5_y) "")
(command "_line" (list P3_x P3_y) (list P6_x P6_y) "")
;Креслення кіл, які зображують обертальні кінематичні пари механізму 2, 3 та робочі
точкі механізму 5, 6
(command "_circle" (list P2_x P2_y) (* MSt 3.0))
(command "_circle" (list P3_x P3_y) (* MSt 3.0))
(command "_circle" (list P5_x P5_y) (* MSt 1.0))
(command "_circle" (list P6_x P6_y) (* MSt 1.0))
;Додавання нових координат точок P5 і P3 до початку відповідних списків
(setq points_list_P5 (cons (list P5_x P5_y) points_list_P5))
(setq points_list_P6 (cons (list P6_x P6_y) points_list_P6))
(setq points_list_P3 (cons (list P3_x P3_y) points_list_P3))
(setq f1 (+ f1 deltaf))
)

```

Рис. 2 – Лістинг фрагменту програмного коду в редакторі Visual Lisp для AutoCAD для креслення положень механізму ниткопритягача з двома вічками швейної машини (продовження)

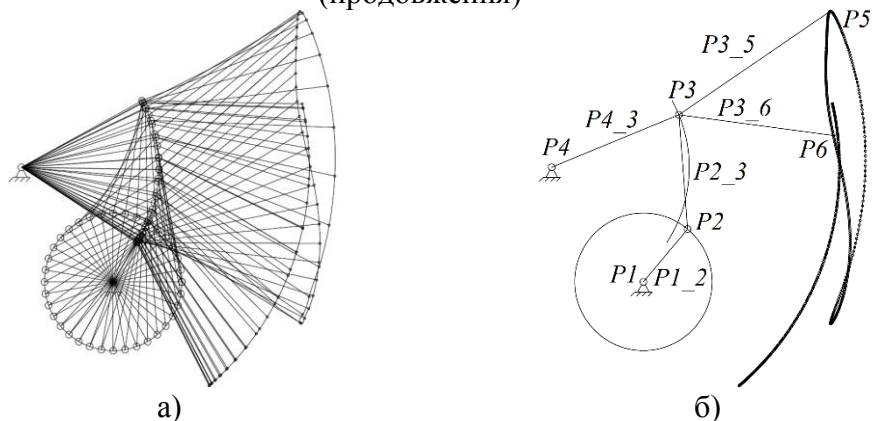


Рис. 3 – Схеми, отримані в результаті виконання програмного коду в редакторі Visual Lisp для AutoCAD а) 36 положень механізму; б) траєкторій за 360 положеннями механізму
 Результати роботи можуть бути використані для дослідження положень та траєкторій точок механізмів технологічних машин в програмі AutoCAD.

Список посилань

1. Візуалізація схемотехнічного моделювання механізмів технологічних машин [Електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Д. Л. Литвяк, І. С. Мелашенко, В. В. Мочоник // Технології та дизайн. - 2018. - № 4 (29). - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_4_9.