

УДК 677.055, 621.01

СХЕМОТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН ЗІ СТРУКТУРНИМИ ГРУПАМИ ІІІ КЛАСУ

В.М. Дворжак, Б.В. Орловський, Б.М. Петрів, М.Г. Залюбовський

Київський національний університет технологій та дизайну

Повідомлення 2

Розглянуто схемотехнічне моделювання механізму основов'язальної машини, який містить одну ведучу ланку у вигляді кривошипа, одну приєднану до нього структурну групу Асура ІІІ класу та реалізує закон руху робочого органу петлетворення із зупинкою за цикл в'язання одного петельного ряду трикотажу, із застосуванням програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD, отримані функції швидкостей та прискорень

Ключові слова: структурна група ІІІ класу, шарнірно-важільний механізм, основов'язальна машина, закон руху із зупинкою

У повідомленні 1 [3] виконане схемотехнічне моделювання кінематичної схеми 6-ланкового шарнірно-важільного механізму ІІІ класу з одним ведучим кривошипом у *MathCAD*, у результаті якого отримані математичні моделі функцій положення рухомих ланок та характерних точок механізму.

Ця стаття є продовженням попередніх досліджень, а саме розглядатиметься кінематичне дослідження вищеозначеного механізму у *MathCAD*.

Постановка завдання

Метою роботи є схемотехнічне моделювання кінематичної схеми 6-ланкового шарнірно-важільного механізму ІІІ класу з одним ведучим кривошипом та отримання функції положення, функції швидкості та функції прискорення за цикл утворення одного петельного ряду трикотажу.

Об'єкт та методи досліджень

Предметом дослідження є процес створення математичної моделі 6-ланкового шарнірно-важільного механізму ІІІ класу основов'язальної машини та на її основі дослідити кінематику цього механізму. Дослідження виконувалися з використанням програми, створеної в середовищі математичного процесора *MathCAD* [8], методом векторного перетворення координат [10].

Результати досліджень та їх обговорення

При дослідженні механізму позначення всіх вихідних і розрахункових

параметрів були прийняті як у роботах [3, 7 та 10].

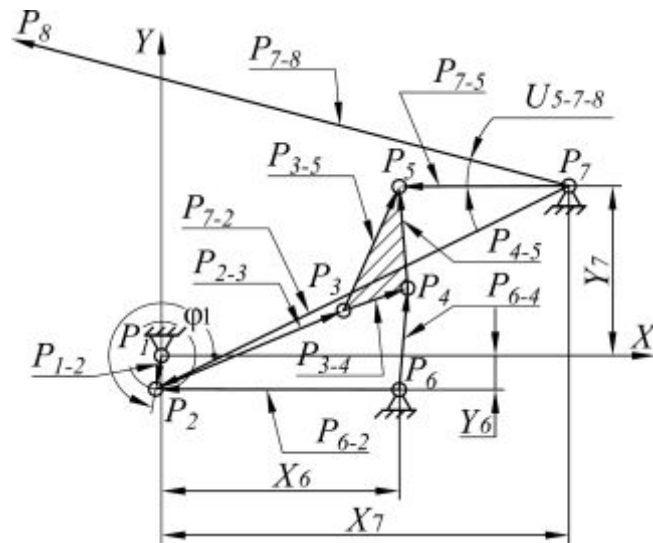


Рис. 1. Розрахункова схема механізму, що досліджується згідно з [3]

Для визначення функцій векторів лінійних та кутових швидкостей та прискорень відповідно точок та ланок механізму III класу створимо у *MathCAD* відповідні функції користувача, користуючись рекомендаціями [5]. Складемо функцію користувача для обчислення вектора аналога кутової швидкості ω_a ланки механізму, використовуючи семантику *MathCAD* для подібних функцій, згідно з якою спочатку записується ім'я функції користувача, потім у круглих дужках через кому її аргументи, потім символ присвоєння, після чого сам вираз:

$$\omega_a(r, V_a) := \frac{Ort(r) \times V_a}{|r|}, \quad (1)$$

де r – перший аргумент функції – вектор-ланка механізму, для якої визначається кутова швидкість;

V_a – другий аргумент функції – вектор аналога лінійної швидкості точки ланки, для якої визначається кутова швидкість (ця точка розміщується на кінці вектора-ланки r ; вектор аналога лінійної швидкості V_a спрямовується перпендикулярно до вектора-ланки r ; таким чином, вектор V_a визначає аналог лінійної швидкості кінця вектора-ланки r відносно його початку);

$Ort(r)$ – функція користувача для визначення орта вектора r [5, 10].

Складемо функцію користувача для обчислення вектора аналога лінійної швидкості V_a будь-якої точки механізму:

$$V_a(r, \alpha) := \begin{bmatrix} \frac{d}{d\alpha}(r(\alpha)_X) \\ \frac{d}{d\alpha}(r(\alpha)_Y) \\ \frac{d}{d\alpha}(r(\alpha)_Z) \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де α – другий аргумент функції – узагальнена координата механізму (наприклад, кут повороту кривошипа);

X, Y, Z – матричні індекси, що визначають осі координат, на які проектується вектор-ланка r .

Складемо функцію користувача для обчислення вектора аналога кутового прискорення ε_a ланки механізму:

$$\varepsilon_a(r, a_a) := \frac{Ort(r) \times a_a}{|r|}, \quad (3)$$

де a_a – другий аргумент функції – вектор аналога тангенціального прискорення точки ланки, для якої визначається кутове прискорення.

Складемо функцію користувача для обчислення вектора аналога тангенціального прискорення a_a будь-якої точки механізму:

$$a_a(r, \alpha) := \begin{bmatrix} \frac{d^2}{d\alpha^2}(r(\alpha)_X) \\ \frac{d^2}{d\alpha^2}(r(\alpha)_Y) \\ \frac{d^2}{d\alpha^2}(r(\alpha)_Z) \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Застосовуючи функції користувача (1) та (2), запишемо загальні вирази для визначення вектора кутової швидкості ω_{i_j} будь-якої ланки у *MathCAD*:

$$V_{ai_j}(\varphi_1) := V_a(P_{i_j}, \varphi_1); \quad (5)$$

$$\omega_{ai_j}(\varphi_1) := \omega_a(P_{i_j}(\varphi_1), V_{ai_j}(\varphi_1)); \quad (6)$$

$$\omega_{i_j}(\varphi_1) := \omega_{ai_j}(\varphi_1) \cdot \omega_1. \quad (7)$$

У виразах (5), (6) та (7) літеральний індекс i ($i = 1, 2, \dots, n$) вказує на початок вектора-ланки, для якої визначається кутова швидкість, а літеральний індекс j ($j = 1, 2, \dots, m$) – на його кінець; φ_1 та ω_1 – відповідно кут повороту та кутова швидкість кривошипа.

Застосовуючи функції користувача (3) та (4), запишемо загальні вирази для визначення вектора кутового прискорення ε_{i_j} будь-якої ланки у *MathCAD*:

$$a_{ai_j}(\varphi_1) := a_a(P_{i_j}, \varphi_1); \quad (8)$$

$$\varepsilon_{ai_j}(\varphi_1) := \varepsilon_a(P_{i_j}, a_{ai_j}(\varphi_1)); \quad (9)$$

$$\varepsilon_{i_j}(\varphi_1) := \varepsilon_{ai_j}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{ai_j}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1. \quad (10)$$

Вираз (10) складений відповідно з [1], у ньому ε_1 – кутове прискорення кривошипа (при рівномірному обертанні кривошипа $\varepsilon_1 = 0$, і вираз (10) матиме тільки перший доданок).

Згідно з виразами (5), (6), (7), (8) та (9) складемо блок для обчислення у *MathCAD* кутових швидкості ω_{7_8} та прискорення ε_{7_8} коромисла 7-8 з робочою точкою 8 механізму:

$$V_{a7_8}(\varphi_1) := V_a(P_{7_8}, \varphi_1); \quad (11)$$

$$\omega_{a7_8}(\varphi_1) := \omega_a(P_{7_8}(\varphi_1), V_{a7_8}(\varphi_1)); \quad (12)$$

$$\omega_{7_8}(\varphi_1) := \omega_{a7_8}(\varphi_1) \cdot \omega_1; \quad (13)$$

$$a_{a7_8}(\varphi_1) := a_a(P_{7_8}, \varphi_1); \quad (14)$$

$$\varepsilon_{a7_8}(\varphi_1) := \varepsilon_a(P_{7_8}(\varphi_1), a_{a7_8}(\varphi_1)); \quad (15)$$

$$\varepsilon_{7_8}(\varphi_1) := \varepsilon_{a7_8}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a7_8}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1. \quad (16)$$

У виразах (11), (12), (14) та (15) використаний вектор-ланка P_{7_8} , який обчислений у повідомленні 1 [3].

Застосовуючи функції користувача (2) та (4), запишемо загальні вирази для визначення векторів лінійних швидкості V_i та прискорення a_i будь-якої точки у *MathCAD*:

$$V_i(\varphi_1) := V_a(P_i, \varphi_1) \cdot \omega_1; \quad (17)$$

$$a_i(\varphi_1) := a_{ai}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + V_{ai}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1. \quad (18)$$

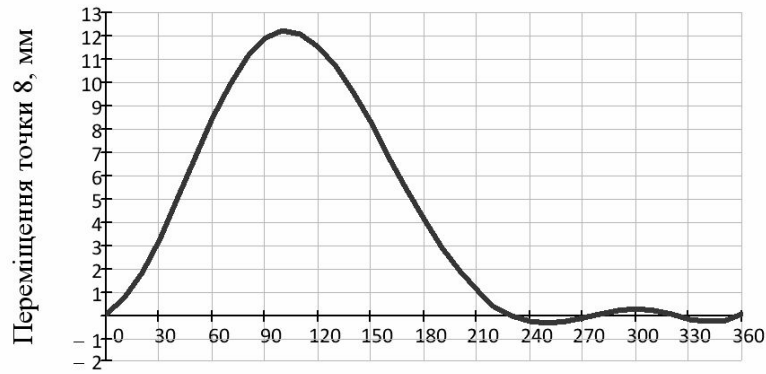
У виразах (17) та (18) використаний вектор-точка P_8 , який обчислений у повідомленні 1 [3], літеральний індекс i ($i = 1, 2, \dots, n$) вказує на номер кінематичної пари або будь-якої іншої рухомої точки механізму.

Згідно з виразами (17) та (18) складемо обчислювальний блок у *MathCAD* для визначення векторів лінійних швидкості V_8 та прискорення a_8 робочої точки 8:

$$V_8(\varphi_1) := V_a(P_8, \varphi_1) \cdot \omega_1; \quad (19)$$

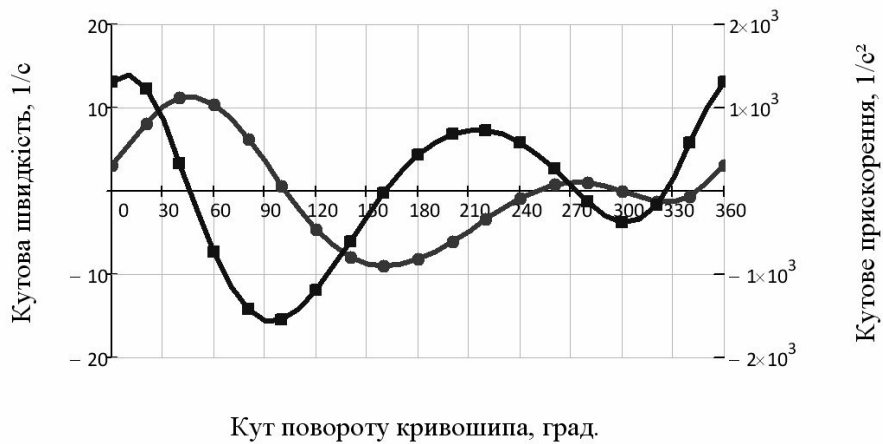
$$a_8(\varphi_1) := a_{a8}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + V_{a8}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1. \quad (20)$$

Для функцій (13) та (16) і (19) та (20) побудовані відповідні графіки, представлені на рис. 3 та рис. 4 для кутової швидкості кривошипа $\omega_1 = 94,4 \text{ c}^{-1}$ при $\varepsilon_1 = 0$. Згідно з графіками максимальне кутове прискорення коромисла 7-8 з робочою точкою 8 становить $\varepsilon_{7_8\text{max}} = -1,57 \cdot 10^3 \text{ c}^{-2}$ на куті повороту кривошипа $\varphi_1 = 94^\circ 7'$, коли вушкова голка перебуває перед гачком голки (наприклад, крючкової чи язичкової); максимальне лінійне прискорення робочої точки 8 становить $a_{8\text{max}} = -133,65 \cdot 10^3 \text{ м/с}^2$ на тому ж куті повороту кривошипа $\varphi_1 = 94^\circ 7'$.



Кут повороту кривошипа, град.

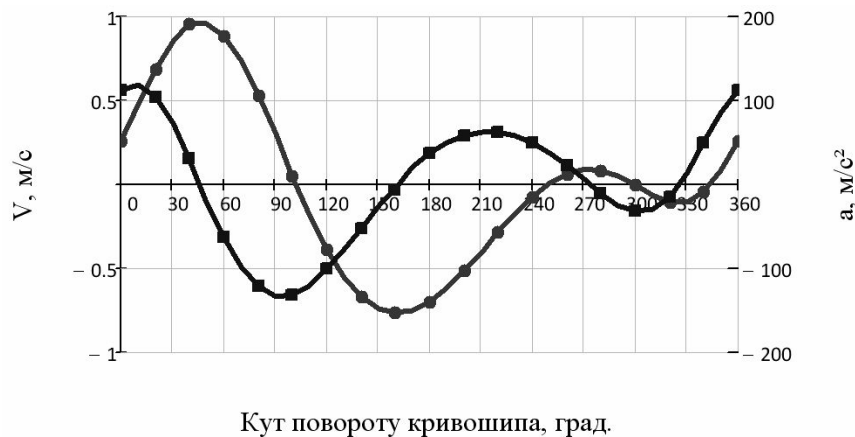
Рис. 2. Графік функції положення робочої точки 8 механізму, отриманий у повідомленні 1 [3]



Кут повороту кривошипа, град.

- кутова швидкість
- кутове прискорення

Рис. 3. Суміщені графіки функцій кутових швидкості ω_{7-8} та прискорення ϵ_{7-8} коромисла 7-8



Кут повороту кривошипа, град.

- лінійна швидкість
- лінійне прискорення

Рис. 4. Суміщені графіки функцій лінійних швидкості V_8 та прискорення a_8 робочої точки 8

Висновки

Отримані математичні вирази дозволяють виконати кінематичне дослідження шарнірно-важільного механізму III класу для приводу робочого органу петлетворення основов'язальної машини із зупинкою за цикл утворення одного петельного ряду трикотажу із застосуванням прикладної комп'ютерної програми, створеної в середовищі математичного процесора *MathCAD*. Результати розрахунку впроваджені в навчальну дисципліну «Схемотехнічне проектування машин», яка викладається студентам, що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавра за напрямом підготовки «Інженерна механіка», кафедри машин легкої промисловості Київського національного університету технологій та дизайну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : [учеб. для вузов] / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с. – ISBN 5-02-013810-X.
2. Гарбарук В. Н. Проектирование трикотажных машин: [ученик для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты текстильной промышленности»] / В. Н. Гарбарук – М. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние 1980. – 472 с.
3. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами III класу. [електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Б. В. Орловський, Б. М. Петрів, М. Г. Залюбовський // Технології та дизайн. – 2012. – № 4. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_4/index.html.
4. Кирьянов Д. В. Mathcad 14 / Д. В. Кирьянов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 704 с.
5. Котов А. В. Математическое моделирование [Электронный ресурс] // Режим доступу: <http://www.androskv.na.by/matm.html>. Загол. з титул. екрану.
6. Кошель С. О. Аналіз плоских механізмів з структурними групами 3-го класу / С. О. Кошель, Г. В. Кошель // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 4. – С. 22-25.
7. Майданюк Т. А. Схемотехнічне моделювання механізму голок основов'язальної машини. [електронний ресурс] / Т. А. Майданюк, Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Технології та дизайн. – 2012. – № 2. – Режим доступу до журн.:

http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html.

8. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2005. – 448 с. – ISBN 5-94723-530-7.
9. Мацюк И. Н. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов высоких классов в программе MathCAD. [электронный ресурс] / И. Н. Мацюк, В. М. Третьяков, Э. М. Шляхов // Теория механизмов и машин. – 2012. – № 1. Том 10. – С. 65-70. – Режим доступа до журн.: <http://tmm.spbstu.ru/journal.html>.
10. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем механізмів з двома ступенями вільності основов'язальних машин / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 1. – С. 33-42.
11. Пат. 84693 Україна, МПК D 04 В 23/00. Основов'язальна машина / Орловський Б. В., Дворжак В. М., Орловський Я. Б.; заявник і патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну. – № а 200506679; заявл. 07.07.2005 ; опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22.

В.Н. Дворжак, Б.В. Орловский, Б.М. Петрив, М.Г. Залюбовский

Схемотехническое моделирование механизмов основовязальных машин со структурными группами III класса. Сообщение 2

В статье рассматривается схематехническое моделирование механизма основовязальной машины, содержащего одно ведущее звено в виде кривошипа, одну присоединенную к нему структурную группу Ассура III класса и реализующего закон движения рабочего органа петлеобразования с выстоем за цикл вязания одного петельного ряда трикотажа, с применением программы, созданной в среде математического процессора MathCAD, получены функции скоростей и ускорений.

Ключевые слова: структурная группа III класса, шарнирно-рычажный механизм, основовязальная машина, закон движения с выстоем

V.M. Dvorzhak, B.V. Orlovsky, B.M. Petriv, M.G. Zalyubovsky

Circuit simulation mechanisms of warp-knitting machines to structural class III groups. Report 2

The article deals with circuit simulation mechanism warp machine containing one master link in a crank attached to it a structural group of Assure III class, the mechanism implements the law of motion to dwell for a series of knitting a looped series jersey, simulation was carried out in the program MathCAD, obtained function of velocities and accelerations.

Keywords: structural group III class, track-bar mechanism, warp-knitting machine, law of motion to dwell