

УДК 677.055, 687.053

**ВІЗУАЛІЗАЦІЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМІВ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН****Дворжак В. М., Литвяк Д. Л., Мелашенко І. С., Мочоник В. В.**

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. *Вдосконалення методів проектування цільових механізмів технологічних машин легкої промисловості із застосуванням прикладних САД-програм.*

Методика. *Використані методи комп'ютерного аналізу типових механізмів технологічних машин легкої промисловості на основі векторного перетворення координат.*

Результат. *Отримані графіки візуалізації схемотехнічного моделювання кінематичних схем механізмів ниткопритягачів швейних машин та механізмів вушкових голок основов'язальної машини; створений програмний блок для візуалізації схемотехнічного моделювання механізмів в програмі Mathcad.*

Наукова новизна. *Запропонований метод візуалізації схемотехнічного моделювання кінематичних схем типових механізмів технологічних машин в програмі Mathcad.*

Практична значимість. *Полягає у використанні одержаних результатів при проектуванні та кінематичному дослідженні типових механізмів технологічних машин.*

Ключові слова: *шарнірно-важільний механізм, кінематична схема, візуалізація*

Відтворення робочими органами технологічних машин складних законів руху, що можуть мати зупинки та зворотні ходи при виконанні технологічного процесу, зумовлює проектувати складні багатоланкові структури механізмів другого, третього та вище класів, й інколи з декількома ведучими ланками [1].

При проектуванні механізмів після структурного синтезу виконується метричний (геометричний) синтез кінематичної схеми, результати якого використовуються при кінематичному аналізі. Для дослідження кінематики механізмів технологічних машин застосовуються головним чином аналітичні методи розрахунку, які відрізняються точністю результатів та дозволяють автоматизувати розрахунки з використанням прикладних комп'ютерних програм. Ці методи засновані на отриманні формальних математичних виразів (математичних моделей), що описують функції положення, у вигляді функцій кутів повороту рухомих ланок або у вигляді функцій переміщення характерних точок механізму [2]. Особливістю більшості аналітичних методів дослідження є отримання декількох математичних розв'язків, що відповідають кільком варіантам складання механізму в залежності від його структури. Інколи отримані розв'язки не забезпечують так званої стабільності обчислення при цьому може виникати

«дефект галуження» [3]. Для вибору відповідного до структури механізму розв'язку пропонується виконувати візуалізацію схемотехнічного моделювання, що дозволяє отримати графіки візуалізації кінематичної схеми механізму для потрібної кількості положень або за повний цикл роботи механізму, або на фазових кутах ведучої ланки.

Постановка завдання

Візуалізацію схемотехнічного моделювання будемо розглядати на прикладі типового кривошипно-коромислового механізму ниткопритягача швейної машини [4, 5], схема якого представлена на рис. 1. Застосовуючи програму Mathcad, створимо програмний блок для отримання матриці координат характерних точок, за якими здійснюється візуалізація механізму.

Результати досліджень

Візуалізацію схемотехнічного моделювання будемо проводити на основі математичних моделей радіус-векторів характерних точок механізму за методом векторного перетворення координат [6, 7, 8, 9, 10] та відповідно до розрахункової схеми механізму на рис. 1.

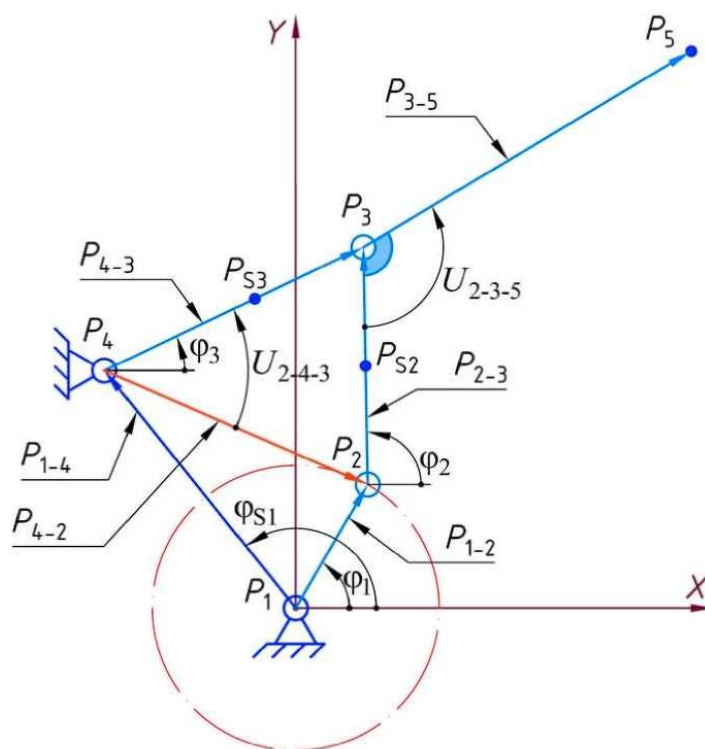


Рис. 1. Розрахункова схема для візуалізації схемотехнічного моделювання механізму в Mathcad

В механізмі, що досліджується, виділимо п'ять радіус-векторів рухомих точок: P_1 , P_2 , P_3 , P_4 та P_5 . Створимо матрицю P розміром 1×6 , елементами якої є радіус-вектори, з дотриманням послідовності обходу для утворення кінематичної схеми:

$$P := (P_1(\varphi_1) \ P_2(\varphi_1) \ P_3(\varphi_1) \ P_5(\varphi_1) \ P_3(\varphi_1) \ P_4(\varphi_1))^T; \quad (1)$$

де $P_1(\varphi_1)$ та $P_4(\varphi_1)$ – сталі координати стояків механізму представляються у вигляді залежності від дискретної змінної кута повороту кривошипа φ_1 .

Запишемо функцію користувача «Положення» у вигляді програмного блоку для побудови положень механізму на графіку візуалізації кінематичної схеми в Mathcad:

$$\text{Положення}(P, f_{\min}, n, N, K) := \begin{array}{l} j \leftarrow 1 \\ i \leftarrow 1 \\ k \leftarrow \text{rows}(P) \\ \text{for } i \in 1..k \\ \quad \text{for } j \in 1..n+1 \\ \quad \quad P1 \leftarrow P_i \\ \quad \quad M_{i,j} \leftarrow P1 \left[f_{\min} + \left(\frac{\text{Rotation} \cdot N}{n} \right) \cdot (j-1) \right]_K \\ \quad \quad j \leftarrow j+1 \\ \quad i \leftarrow i+1 \\ M \end{array} \quad (2)$$

Функція користувача «Положення» має три аргументи. Першим аргументом є матриця P розміром 1×6 складена з радіус-векторів характерних точок механізму, другим аргументом є кут кривошипа в початковому положенні механізму, третім аргументом є кількість положень механізму, четвертим аргументом є фазовий кут ведучої ланки і п'ятим аргументом є змінна, яка відповідає за поточну координату X , Y або Z .

Перші дві строки програмного блоку функції користувача «Положення» відповідають за присвоєння дискретним змінним j та i початкового значення; у третій строчці змінній k присвоюється значення, що дорівнює кількості строк в матриці P ; четверта строчка відповідає за організацію циклу розрахунку i -го елемента матриці P ($i = 1, 2 \dots k$); п'ята строчка відповідає за організацію циклу розрахунку координат i -го елемента матриці P для j -го положення ($j = 1, 2 \dots n+1$); шоста строчка відповідає за локальне присвоєння вектору координат $P1$ значень i -го елемента матриці P ; сьома строчка відповідає за визначення матриці координат для j -го положення i -го елемента матриці P вектор-функції $P1$, аргументом якої є поточний кут кривошипа, що

обчислюється за виразом $\left(f_{\min} + \left(\frac{\text{Rotation} \cdot N}{n} \right) \cdot (j-1) \right)$ з урахування напрямку обертання кривошипа *Rotation* для *K*-ої координати елементу матриці *P*; восьма та дев'ята строчки забезпечують організацію циклу розрахунку, збільшуючи значення дискретних змінних *i* та *j* на одиницю; десята строчка забезпечує формування матриці координат характерних точок.

Використовуючи вираз (2), запишемо функцію для візуалізації схемотехнічного моделювання кривошипно-коромислового механізму ниткопритягача в Mathcad для 36 положень за один оберт кривошипа:

$$L_{\text{Mech}}(K) := \text{Положення}(P_M, \varphi_0, 36, 360, K) \quad (3)$$

Замінюючи аргумент *K* функції L_{Mech} у виразі (3) координатами *X* та *Y*, отримаємо матриці координат характерних точок, які представлені на рис. 2.

		1	2	3	4	5
$\frac{L_{\text{Mech}}(X)}{\text{мм}}$	1	0	0	0	0	0
	2	7.5	9.642	11.491	12.99	14.095
	3	7.044	7.742	8.47	9.123	9.625
	4	41.314	40.763	40.44	40.254	40.132
	5	-20	-20	-20	-20	...

		1	2	3	4	5
$\frac{L_{\text{Mech}}(Y)}{\text{мм}}$	1	0	0	0	0	0
	2	12.99	11.491	9.642	7.5	5.13
	3	37.986	36.418	34.459	32.199	29.727
	4	58.615	58.993	58.498	57.317	55.599
	5	25	25	25	25	...

Рис. 2. Фрагмент матриць координат характерних точок (P1, P2, P3, P4 та P5) для візуалізації кінематичної схеми механізму в Mathcad

Застосовуючи вираз (3) побудовані графіки візуалізації кінематичних схем механізмів ниткопритягачів типового кривошипно-коромислового з одним та двома вічками для різних фазових кутів кривошипа (рис. 3), а також механізму третього класу для приводу вушкових голок основов'язальної машини (рис. 4).

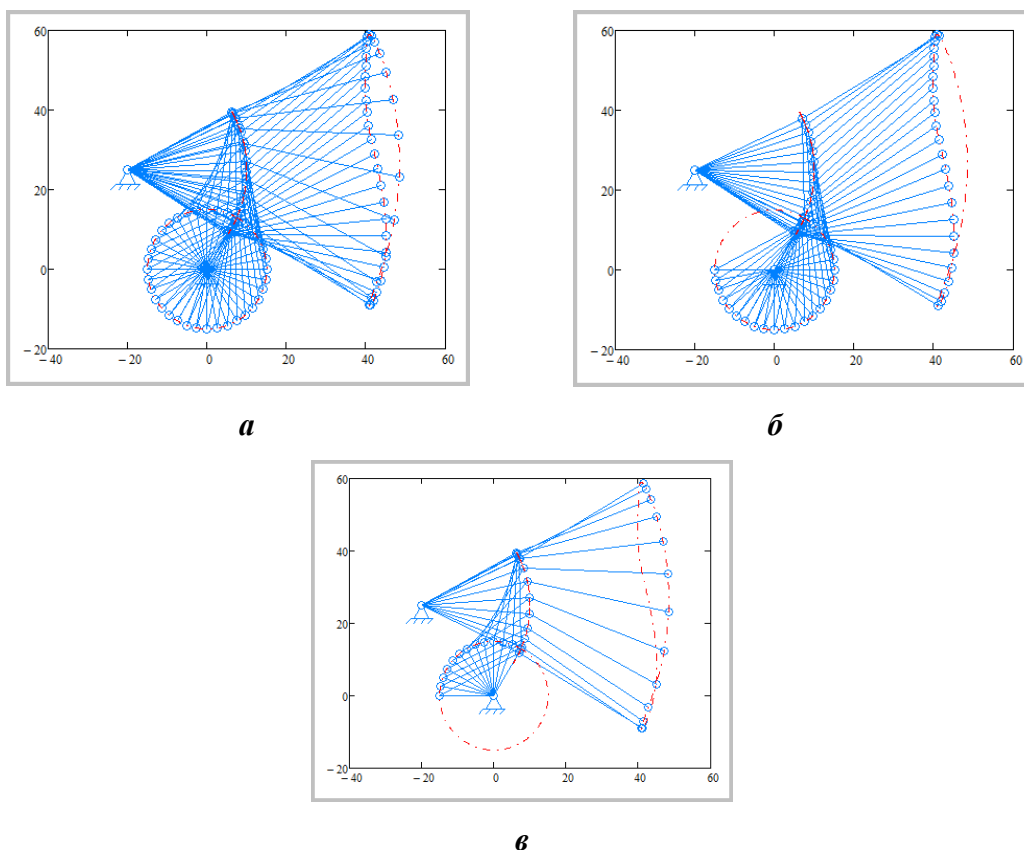


Рис. 3. Візуалізація схематехнічного моделювання механізму
ниткопритягача швейної машини для: *a* – 36 положень;
б – 24 положення на фазовому куті подачі нитки;
в – 12 положень на фазовому куті виведення нитки

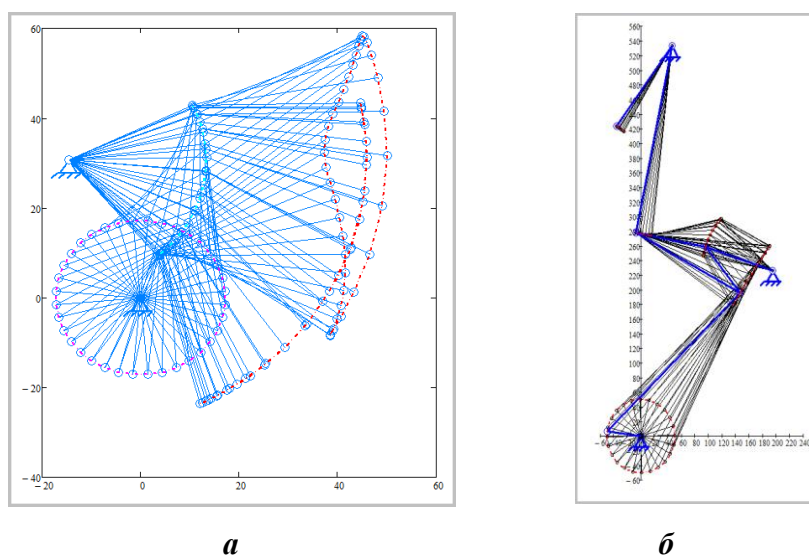


Рис. 4. Візуалізація схематехнічного моделювання механізму:
a – ниткопритягача з двома вічками швейної машини для 36
положень; *б* – механізму третього класу третього порядку для
приводу вушкових голок основ'язальної машини для 24 положень

Графіки візуалізації кінематичних схем механізмів дозволяють перевірити стабільність обчислення функцій положення за математичними моделями механізмів при чисельному методі розрахунку, дозволяють вибрати початкові значення змінних, вибрати потрібний варіант складання механізму, дослідити взаємні рухи робочих органів механізму тощо.

Висновки

Отриманий програмний блок із застосуванням результатів схемотехнічного дослідження механізмів методом векторного перетворення координат дозволяє виконати візуалізацію схемотехнічного моделювання кінематичних схем механізмів в програмі Mathcad. Подальші дослідження передбачають візуалізацію схемотехнічного моделювання просторових механізмів технологічних машин з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Список використаних джерел

1. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин з трьома ступенями вільності зі структурними групами III класу IV порядку / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, І. В. Савченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 3. – С. 174-181.
2. Дворжак В. М. Аналітичне дослідження динаміки типових двокривошипних механізмів технологічних машин легкої промисловості / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2017. – № 5. – С. 54-64.
3. Кикин А. Б. Разработка методов и средств для структурно-кинематического проектирования рычажных механизмов машин легкой промышленности : дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы (легкая промышленность)» / А. Б. Кикин. – СПб, 2006. – 362 с.

References

1. Orlovskiy, B.V., Dvorzhak, V.M. & Savchenko, I.V. (2013). *Skhemotekhnichne modeliuвання mekhanizmv osnovoviazalnykh mashyn z troma stupeniamy vlnosti zi strukturnymy hrupamy III klasu IV poriadku*. [Schematic modeling of mechanisms of basic machines with three degrees of freedom with structural groups of the III class IV order]. Khmelnytsky: KhNU. Tekhnichni nauky, 3, 174-181 [in Ukrainian].
2. Dvorzhak, V.M. (2017). *Analitichne doslidzhennia dynamiky typovykh dvokryvoshypnykh mekhanizmv tekhnolohichnykh mashyn lehkoii promyslovosti*. [An analytical study of the dynamics of typical two-crank mechanisms of technological light industry machines]. Kyiv: KNUTD, 5, 54-64 [in Ukrainian].
3. Kikin, A.B. (2006). *Razrabotka metodov i sredstv dlya strukturno-kinematischekogo proektirovaniya ryichazhnyih mehanizmv mashin legkoy promyshlennosti*. [Development of methods and tools for structural and kinematic design of lever mechanisms of light industry machines]. St. Petersburg: SPb [in Russian].
4. Frants, V.Ya. (2010). *Oborudovanie*

4. Франц В. Я. Оборудование швейного производства / В. Я. Франц – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 448 с.
5. Пищиков В. О. Проектування швейних машин / В. О. Пищиков, Б. В. Орловський – К. : Видавничо-поліграфічний дім «Формат», 2007. – 320 с.
6. Дворжак В. М. Комп'ютерний аналіз кінематичних схем багатоланкових важільних механізмів основов'язальних машин [електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Б. В. Орловський, Ю. Ю. Чудінович // Технології та дизайн. – 2014. – № 2(11). – Режим доступу до журн.: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td_2014_2_4.pdf
7. Дворжак В. М. Розробка і дослідження механізму коливального руху вушкових голок для основов'язальної машини / В. М. Дворжак, Ю. Ю. Чудінович, С. Г. Чмихало. // Технології та дизайн. – 2017. – № 3. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_3_14
8. Дворжак В. М. Комп'ютерне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з поступальними парами / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2015. – № 6. – С. 37-46.
9. Дворжак В. М. Математичне моделювання механізмів швейних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з двома поступальними парами / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2016. – № 5. – С. 99-108.
10. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2005. – 448 с.
- shveynogo proizvodstva.* [Sewing production equipment]. Moscow: Akademiya [in Russian].
5. Pyshchikov, V.O., Orlovskiy, B.V. (2007). *Proektuvannia shveinykh mashyn.* [Designing sewing machines]. Kyiv: «Format» [in Ukrainian].
6. Dvorzhak, V.M., Orlovskiy, B.V. & Chudinovych, Yu.Yu. (2014). *Kompiuternyi analiz kinematychnykh skhem bahatolankovykh vazhilynykh mekhanizmiv osnovoviazalnykh mashyn.* [Computer analysis of kinematic schemes of multi-faceted lever mechanisms of machine tools]. Kyiv: Tekhnolohii ta dyzain. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td_2014_2_4.pdf [in Ukrainian].
7. Dvorzhak, V. M., Chudinovych, Yu. Yu. & Chmykhalo, S. H. (2017). *Rozrobka i doslidzhennia mekhanizmu kolyvalnoho rukhu vushkovykh holok dlia osnovoviazalnoi mashyny.* [Development and research of the mechanism of oscillatory movement of ear needles for a basic machine]. Kyiv: Tekhnolohii ta dyzain. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_3_14 [in Ukrainian].
8. Dvorzhak, V.M. (2015). *Kompiuterne modeliuvannia mekhanizmiv osnovoviazalnykh mashyn zi strukturnymy hrupamy tretoho klasu tretoho poriadku z postupalnymy paramy.* [Computer modeling of mechanisms of basic machines with third-order third-order structural groups with translational pairs]. Kyiv: KNUTD. Tekhnichni nauky. 6, 37-46 [in Ukrainian].
9. Dvorzhak, V.M. (2016). *Matematychni modeliuvannia mekhanizmiv shveinykh mashyn zi strukturnymy hrupamy tretoho klasu tretoho poriadku z dvoma postupalnymy paramy.* [Mathematical modeling of mechanisms of sewing machines with third-order third-order structural groups with two translational pairs]. Kyiv: KNUTD. Tekhnichni nauky. 5. 99-108 [in Ukrainian].

– ISBN 5-94723-530-7.

10. Makarov, E.G. (2005). *Inzhenernye raschety v MathCAD*. [Engineering calculations in MathCAD]. St. Petersburg: Piter [in Russian].

Dvorzhak Volodymyr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1693-9106>

ResearcherID: [P-5907-2018](https://pubs.rsos.royalsocietypublishing.org/author/P-5907-2018)

v_dvorjak@ukr.net

Kyiv National University of
Technologies and Design

Melaschenko Igor

diversant0908@gmail.com

Kyiv National University of
Technologies and Design

Lytyyak Dmytro

litvyak_94@mail.ru

Kyiv National University of
Technologies and Design

Mochonyk Vladyslav

Vladlen_9643@mail.ru

Kyiv National University of
Technologies and Design

Визуализация схемотехнического моделирования механизмов технологических машин

Дворжак В. М., Лытвяк Д. Л., Мелашенко И. С., Мочонок В. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Совершенствование методов проектирования целевых механизмов технологических машин легкой промышленности с применением прикладных CAD-программ.

Методика. Используются методы компьютерного анализа типовых механизмов технологических машин легкой промышленности на основе векторного преобразования координат.

Результаты. Получены графики визуализации схемотехнического моделирования кинематических схем механизмов нитепротягивателей швейных машин и механизмов ушкового игл основовязальных машин; создан программный блок для визуализации схемотехнического моделирования механизмов в программе Mathcad.

Научная новизна. Предложены метод визуализации схемотехнического моделирования кинематических схем типовых механизмов технологических машин в программе Mathcad.

Практическая значимость. Заключается в использовании полученных результатов при проектировании и кинематической исследовании типовых механизмов технологических машин.

Ключевые слова: шарнирно-рычажный механизм, кинематическая схема, визуализация

Visualization of schematic modeling of mechanisms of technological machines

Dvorhak V. M., Lytyyak D. L., Melaschenko I. S., Mochonyk V. V.

Kyiv National University of Technology and Design

Purpose. Improvement of methods of designing target mechanisms of light industry process machines with application of CAD applications.

Methodology. Used methods of computer analysis of typical mechanisms of light industry technological machines on the basis of vector transformation of coordinates.

Findings. *The graphs of visualization of the schematic design of the kinematic schemes of mechanisms of thread-attracting sewing machines and mechanisms of needle-syringes of the basic machine; the software block for visualization of the schematic design of the mechanisms in the program Mathcad is created.*

Originality. *The proposed method of visualization of the schematic design of the kinematic schemes of the typical mechanisms of technological machines in the program Mathcad.*

Practical value. *To use the obtained results in the design and kinematic study of typical mechanisms of technological machines.*

Keywords: *hinge-lever mechanism, kinematic scheme, visualization*