

УДК 677.057

МЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ ОБЕРНЕНОГО КУЛІСНОГО МЕХАНІЗМУ НИТКОПРИТЯГУВАЧА ШВЕЙНОЇ МАШИНИ

Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Є. С. Радченко

Київський національний університет технологій та дизайну

Повідомлення 1

Розглянуто метричний синтез аналітичним методом оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини човникового стібка, побудована діаграма подачі голкової нитки, що реалізується вказаним механізмом, із застосуванням програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD

Ключові слова: ниткопритягувач, швейна машина, нитка, куліса.

Доцільність «оберненості» кулісного механізму ниткопритягувача впливає з необхідності підвищення безпеки роботи оператора на швейній машині, а саме – з можливості травмування рухомим відростком куліси з вічком для нитки у механізмах, які застосовуються на швейних машинах. Під «оберненістю» слід розуміти розворот кулісного механізму в горизонтальній площині на кут π радіанів, тобто розворот вічком з ниткою від оператора. Зміна траси заправки голкової нитки не впливає на якість утворення човникових стібків і швів.

Постановка завдання

Відомий з роботи [1] графічний метод метричного синтезу багатоланкового механізму кулісного ниткопритягувача швейної машини човникового стібка передбачає при пошуку раціональних параметрів кінематичної схеми механізму змінювати ті чи інші його параметри, виходячи з особливостей форм графіка закону дійсної подачі голкової нитки, порівнювати отриманий графік із заданим графіком необхідної подачі, встановлюючи тотожність відповідних характерних точок. Як інструмент пошуку раціонального механізму авторами пропонується [1] використовувати прозорі *темплети* графіків закону дійсної подачі нитки, отриманих за різними значеннями змінюваних параметрів, та порівнювати ці графіки з графіком необхідної подачі нитки. Це є досить кропітким процесом, що вимагає виконання великої кількості побудов.

Тому завданням дослідження є розробка математичної моделі оберненого кулісного механізму ниткопритягувача для аналітичного синтезу у прикладній комп'ютерній програмі MathCAD для автоматизації розрахунків з метою вдосконалення проектування швейних машин.

Об'єкт та методи дослідження

Предметом дослідження є процес створення математичної моделі оберненого механізму кулісного ниткопритягувача та функція дійсної подачі голкової нитки, яка реалізується цим механізмом. Дослідження виконувалися з використанням програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD [4], методом векторного перетворення координат [2].

Результати дослідження та їх обговорення

В якості об'єкту дослідження вибраний обернений кулісний механізм ниткопритягувача швейних машин човникового стібка (Рис. 1), головний вал 1 яких обертається проти годинникової стрілки. Відомо [1], що кулісний механізм ниткопритягувача є шестиланковим механізмом з одною ведучою ланкою – кривошипом 1-2, і двома веденими ланками – повзуном П (голководом з голкою, яка розташовується аксіально відносно осі обертання кривошипа) та кулісою К коромислового типу з ниткопритягувачем 5-7, у якого є вічко 7 для голкової нитки Н. Зазвичай шатун 2-3-4 цього механізму є тричленним та утворює три обертальні кінематичні пари з іншими рухомими ланками. Рухаючись по дузі кола радіусом $R = L_{5-7}$, вічко 7 змінює довжину контуру голкової нитки від максимальної до мінімальної величини у залежності від кута повороту кривошипа 1-2. Різниця вказаних довжин контурів голкової нитки, що подається, визначає дійсну подачу нитки P_0 .

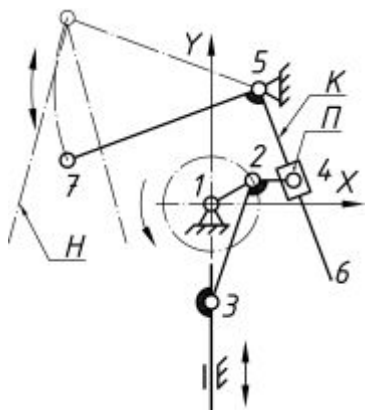


Рис. 1. Структурна схема оберненого кулісного механізму ниткопритягувача

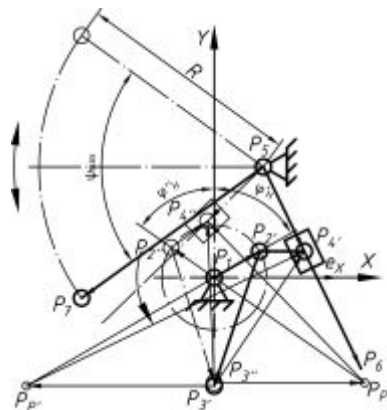


Рис. 2. Розрахункова схема до метричного синтезу оберненого кулісного механізму ниткопритягувача

При метричному синтезі механізму, що розглядається, основною задачею є визначення геометричних параметрів механізму, які забезпечували би передбачене діаграмою необхідної подачі нитки $P_n(\varphi_1)$ співвідношення фазових кутів руху ниткопритягувача вниз і вгору [1], ураховуючи певні обмеження (умови), при яких

закон дійсної подачі голкової нитки $P_d(\varphi_1)$ з певною точністю відтворював би закон необхідної подачі голкової нитки $P_n(\varphi_1)$. Як зазначено у роботі [1], відповідність указаних законів подачі нитки оцінюється за співставленням характерних тотожних точок на діаграмі необхідної та дійсної подач голкової нитки. Розв'язок основної задачі, як вказано у роботі [1], зводиться до визначення вектора-стовпчика P_5 координат кінематичної пари 5 стояк-куліса з відростком ниткопритягувача, при яких забезпечувалося би співвідношення фазових кутів повороту кривошипа при русі ниткопритягувача вниз та вгору згідно з діаграмою необхідної подачі нитки $P_n(\varphi_1)$.

Таким чином, для метричного синтезу кулісного механізму ниткопритягувача заданими повинні мати бути: закон необхідної подачі голкової нитки $P_n(\varphi_1)$ у вигляді графіка функції $P_n = f(\varphi_1)$; радіус кривошипа 1-2 та довжина елемента 2-3 тричленного шатуна. Як зазначається у роботі [1], радіус L_{1-2} кривошипа та довжина L_{2-3} елемента тричленного шатуна визначаються при метричному синтезі механізму голки.

Згідно із законом необхідної подачі голкової нитки $P_n(\varphi)$ фазовий кут повороту кривошипа, що відповідає руху ниткопритягувача знизу вгору, становить $\varphi_n \approx 120^\circ$ [1]. При цьому значення кута φ'_n (Рис. 2) повороту кривошипа, який є одним із складових кута φ_n , варіюється з міркувань отримання найбільшої відповідності законів необхідної та дійсної подач голкової нитки. Кут φ''_n , який є другим із складових кута φ_n , обчислюється згідно з виразом (1):

$$\varphi''_i := \varphi_i - \varphi'_i. \quad (1)$$

Фазовий кут φ'_n встановлення кривошипа відкладається від верхнього положення голки за годинниковою стрілкою, а фазовий кут φ''_n – проти годинникової стрілки.

Визначаємо функції положення $P_2(\varphi_1)$ точки 2 кінематичної пари кривошип-шатун та $P_3(\varphi_1)$ точки 3 кінематичної пари шатун-повзун (голковід з голкою), приймаючи початок координат правої декартової системи координат XYZ у точці 1 та спрямовуючи вісь Z уздовж осі головного вала на спостерігача, а вісь Y – уздовж траєкторії повзуна:

$$P_2(\varphi_1) := \begin{pmatrix} L_{1-2} \cdot \cos(\varphi_1) \\ L_{1-2} \cdot \sin(\varphi_1) \\ 0 \end{pmatrix}; \quad (2)$$

$$P_3(\varphi_1) := \begin{pmatrix} 0 \\ L_{1-2} \cdot \sin(\varphi_1) - L_{2-3} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{L_{1-2} \cdot \cos(\varphi_1)}{L_{2-3}}\right)^2} \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

де L_{1-2} – радіус кривошипа;
 L_{2-3} – довжина шатуна.

У виразах (2) та (3), а також в наступних виразах, кут φ_1 – це поточний кут повороту кривошипа, який відраховується від осі X проти годинникової стрілки.

Визначаємо вектори-стовпчики координат $P_{2'}$ точки 2 та $P_{3'}$ точки 3 при встановленні кривошипа $I-2$ у положення, які відповідають фазовим кутам φ'_H та φ''_H :

$$P_{2'} := P_2(90^\circ - \varphi'_1); \quad (4)$$

$$P_{2''} := P_2(90^\circ + \varphi''_1); \quad (5)$$

$$P_{3'} := P_3(90^\circ - \varphi'_1); \quad (6)$$

$$P_{3''} := P_3(90^\circ + \varphi''_1). \quad (7)$$

Визначаємо вектор $P_{2'-4'}$ елемента 2-4 тричленного шатуна на фазовому куті φ'_H , довжина елемента 2-4 зазвичай вибирається у границях $L_{2-4} = 8 \div 12$ мм [1], розташовуючи його уздовж перпендикуляра до лінійної швидкості повзуна, тобто уздовж осі X :

$$P_{2'-4'} := \begin{pmatrix} L_{2-4} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Визначаємо вектор-стовпчик $P_{4'}$ координат точки 3 на фазовому куті φ'_H :

$$P_{4'} := P_{2'} + P_{2'-4'}. \quad (9)$$

Визначаємо вектор $P_{3'-4'}$ елемента 3-4 тричленного шатуна на фазовому куті φ'_H :

$$P_{3'-4'} := P_{4'} - P_{3'}. \quad (10)$$

Обчислюємо кут U_{3-2-4} , який характеризує положення елемента 2-4 тричленного шатуна відносно елемента 2-3 (додатне значення кута відраховується від елемента 2-3 до елемента 2-4 проти годинникової стрілки):

$$U_{3-2-4} := \begin{cases} \arccos\left(\frac{L_{2-3}^2 + L_{2-4}^2 - |P_{3'-4'}|^2}{2 \cdot L_{2-3} \cdot L_{2-4}}\right) & \text{if } L_{2-4} \neq 0; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (11)$$

Визначаємо вектор $P_{2''-3''}$ елемента 2-3 тричленного шатуна на фазовому куті φ''_H :

$$P_{2''-3''} := P_{3''} - P_{2''}. \quad (12)$$

Визначаємо вектор $P_{2''-4''}$ елемента 2-4 тричленного шатуна на фазовому куті φ''_H :

$$P_{2''-4''} := \begin{pmatrix} \cos(U_{3-2-4}) & -\sin(U_{3-2-4}) & 0 \\ \sin(U_{3-2-4}) & \cos(U_{3-2-4}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot P_{2''-3''} \cdot \frac{L_{2-4}}{|P_{2''-3''}|}. \quad (13)$$

Визначаємо вектор-стовпчик $P_{4''}$ координат точки 4 на фазовому куту φ''_H :

$$P_{4''} := P_{2''} + P_{2''-4''}. \quad (14)$$

Визначаємо вектори $P_{3'-P'}$ та $P_{3''-P''}$, які спрямований перпендикулярно до вектора лінійної швидкості точки 3 шатуна на відповідних фазових кутах φ'_H та φ''_H з початком відповідно у точках $P_{3'}$ та $P_{3''}$ і модулем, який дорівнює 1 м:

$$P_{3'-P'} := -e_X \cdot 1\text{м} + P_{3'}, \quad (15)$$

$$P_{3''-P''} := e_X \cdot 1\text{м} + P_{3''}, \quad (16)$$

де $e_X := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ – орт осі X (як зазначалося вище, вісь X збігається з перпендикуляром

до вектора швидкості точки 3).

У виразах (15) та (16) орт e_X помножений на одиницю довжини 1 м з метою узгодження розмірності координат векторів-стовпчиків $P_{3'}$ та $P_{3''}$ точки 3 на відповідних фазових кутах φ'_H та φ''_H .

Використовуючи семантику MathCAD, запишемо функцію користувача для визначення координат $P_{Per}(P_1, P_2, P_3, P_4)$ миттєвого центра повороту шатуна як точку перетину двох векторів P_{1-2} та P_{3-4} , заданих відповідними координатами їхніх початків та кінців P_1, P_2, P_3 , та P_4 :

$$P_{Per}(P_1, P_2, P_3, P_4) := \begin{pmatrix} \frac{\left(\begin{matrix} P_{4x} \cdot P_{1x} \cdot P_{3y} - P_{4x} \cdot P_{2x} \cdot P_{3y} - P_{4x} \cdot P_{1x} \cdot P_{2y} - P_{3x} \cdot P_{1x} \cdot P_{4y} + \\ + P_{4x} \cdot P_{1y} \cdot P_{2x} + P_{3x} \cdot P_{1x} \cdot P_{2y} + P_{3x} \cdot P_{2x} \cdot P_{4y} - P_{3x} \cdot P_{1y} \cdot P_{2x} \end{matrix} \right)}{\left(\begin{matrix} -P_{2y} \cdot P_{4x} + P_{2y} \cdot P_{3x} + P_{1y} \cdot P_{4x} - P_{1y} \cdot P_{3x} + \\ + P_{2x} \cdot P_{4y} - P_{2x} \cdot P_{3y} - P_{1x} \cdot P_{4y} + P_{1x} \cdot P_{3y} \end{matrix} \right)} \\ \frac{\left(\begin{matrix} P_{2y} \cdot P_{3x} \cdot P_{4y} - P_{2y} \cdot P_{3y} \cdot P_{4x} - P_{1y} \cdot P_{3x} \cdot P_{4y} + P_{1y} \cdot P_{3y} \cdot P_{4x} - \\ - P_{1x} \cdot P_{2y} \cdot P_{4y} + P_{1x} \cdot P_{2y} \cdot P_{3y} + P_{1y} \cdot P_{2x} \cdot P_{4y} - P_{1y} \cdot P_{2x} \cdot P_{3x} \end{matrix} \right)}{\left(\begin{matrix} -P_{2y} \cdot P_{4x} + P_{2y} \cdot P_{3x} + P_{1y} \cdot P_{4x} - P_{1y} \cdot P_{3x} + \\ + P_{2x} \cdot P_{4y} - P_{2x} \cdot P_{3y} - P_{1x} \cdot P_{4y} + P_{1x} \cdot P_{3y} \end{matrix} \right)} \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (17)$$

Згідно з виразом (17) визначаємо вектори-стовпчики $P_{P'}$ та $P_{P''}$ координат миттєвого центра повороту шатуна на відповідних фазових кутах φ'_H та φ''_H :

$$P_{P'} := P_{Per}(P_1, P_2', P_3, P_{3'-P'}), \quad (18)$$

$$P_{P''} := P_{Per}(P_1, P_2'', P_3'', P_{3''-P''}). \quad (19)$$

У виразах (18) та (19) вектори-стовпчики P_1 та P_2 є відповідно координатами початку та кінця вектора P_{1-2} , який визначає напрямок перпендикуляра до вектора швидкості точки 2 кінематичної пари кривошип-шатуна.

Визначаємо вектори $P_{P'-4'}$ та $P_{P''-4''}$, що спрямовані від відповідних миттєвих центрів $P_{P'}$ та $P_{P''}$ повороту шатуна до точок $P_{4'}$ та $P_{4''}$; модулі вказаних векторів дорівнюють відстаням між цими відповідними точками:

$$P_{P'-4'} := P_{4'} - P_{P'}, \quad (20)$$

$$P_{P''-4''} := P_{4''} - P_{P''}. \quad (21)$$

Визначаємо орти $OrtP_{4'-5}$ та $OrtP_{4''-5}$ та відповідні вектори $P_{OrtP_{4'-5}}$ та $P_{OrtP_{4''-5}}$, які лежать на перпендикулярах до відповідних векторів $P_{P'-4'}$ та $P_{P''-4''}$; точка перетину векторів $P_{OrtP_{4'-5}}$ та $P_{OrtP_{4''-5}}$ визначає вектор-стовпчик P_5 координат осі кінематичної пари стояк-куліса з відростком ниткопритягувача:

$$OrtP_{4'-5} := \begin{pmatrix} \cos(90^\circ) & -\sin(90^\circ) & 0 \\ \sin(90^\circ) & \cos(90^\circ) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot P_{P'-4'} \cdot \frac{1M}{|P_{P'-4'}|}, \quad (22)$$

$$OrtP_{4''-5} := \begin{pmatrix} \cos(-90^\circ) & -\sin(-90^\circ) & 0 \\ \sin(-90^\circ) & \cos(-90^\circ) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot P_{P''-4''} \cdot \frac{1M}{|P_{P''-4''}|}, \quad (23)$$

$$P_{OrtP_{4'-5}} := P_{4'} + OrtP_{4'-5}, \quad (24)$$

$$P_{OrtP_{4''-5}} := P_{4''} + OrtP_{4''-5}. \quad (25)$$

Використовуючи функцію (17), визначаємо вектор-стовпчик P_5 координат точки 5:

$$P_5 := P_{Per}(P_{4'}, P_{OrtP_{4'-5}}, P_{4''}, P_{OrtP_{4''-5}}). \quad (26)$$

Як зазначено в роботі [1], необхідний хід вушка ниткопритягувача вниз і вгору досягається за рахунок визначення величини R відростка куліси, яка залежить від її кута повороту ψ_{\max} . Спочатку визначимо вектори $P_{5-4'}$ та $P_{5-4''}$, які характеризують положення точки 4 кінематичної пари повзун-куліса на кулісі на відповідних фазових кутах φ'_H та φ''_H , та вектор $P_{4'-4''}$:

$$P_{5-4'} := P_{4'} - P_5, \quad (27)$$

$$P_{5-4''} := P_4'' - P_5, \quad (28)$$

$$P_{4'-4''} := P_4'' - P_{4'}. \quad (29)$$

Використовуючи модулі цих векторів, обчислюємо кут $\psi = U_{4'-5-4''}$ повного розмаху куліси:

$$U_{4'-5-4''} := \arccos\left(\frac{|P_{5-4'}|^2 + |P_{5-4''}|^2 - |P_{4'-4''}|^2}{2 \cdot |P_{5-4'}| \cdot |P_{5-4''}|}\right). \quad (30)$$

Для визначення кута U_{6-5-7} , який характеризує конструктивне розміщення відростка ниткопритягувача з вічком для голкової нитки відносно куліси, обчислюємо кут $U_{X-5-4''}$ нахилу вектора $P_{5-4''}$ до осі X , використовуючи вбудовану в MathCAD функцію $angle(X, Y)$; при цьому приймаємо, що відросток куліси з ниткопритягувачем здійснює коливальний рух симетрично відносно осі X :

$$U_{X-5-4''} := angle(P_{5-4''_X}, P_{5-4''_Y}) \cdot deg^{-1} - 180^\circ, \quad (31)$$

де deg – вбудована в MathCAD функція для переведення градусної міри кута у радіани.

Використовуючи значення виразу (31), обчислюємо кут U_{6-5-7} , який відраховується від вектора $P_{5-4''}$ проти годинникової стрілки:

$$U_{6-5-7} := -\left(\frac{U_{4'-5-4''}}{2} + U_{X-5-4''}\right). \quad (32)$$

Визначаємо величину $R = L_{5-7}$ – довжину відростка ниткопритягувача згідно з виразом (1.37) [1]:

$$L_{5-7} := \frac{0,5 \cdot P_{maxT} \cdot k}{2 \cdot \sin\left(\frac{U_{4'-5-4''}}{2}\right)}, \quad (33)$$

де P_{maxT} – максимальна теоретична довжина контуру голкової нитки, що подається; k – коефіцієнт відповідності, що характеризує особливості контуру нитки, що подається.

Як зазначалося вище, оцінювання відповідності законів необхідної та обхідної подач голкової нитки здійснюється за співставленням відповідних характерних точок по діаграмі необхідної та дійсної подач голкової нитки. Для побудови графіка закону дійсної подачі нитки слід виконати схемотехнічне моделювання синтезованого оберненого кулісного механізму ниткопритягувача, про що йтиметься у повідомленні 2.

Висновки

Обґрунтована доцільність обертання механізму кулісного ниткопритягувача. На засадах відомого графічного методу метричного синтезу кулісного механізму

ниткопритягувача швейної машини [1] отримані аналітичні вирази для визначення його геометричних параметрів. Результати розрахунку дозволять виконати схемотехнічне моделювання [3] цього механізму з метою одержання цільової функції – закону дійсної подачі нитки, провести його оптимізацію із застосуванням прикладної комп'ютерної програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD. Результати розрахунку впроваджені в курсове проектування з навчальної дисципліни «Проектування машин легкої промисловості» кафедри машин легкої промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пищиков В. О. Проектування швейних машин / В. О. Пищиков, Б.В. Орловський – К.: Видавничо-поліграфічний дім «Формат», 2007. – 320 с.
2. Орловський Б. В. Визначення реакцій в кінематичних парах механізмів основов'язальних машин методом векторного перетворення координат / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 3. – С. 34-44.
3. Дворжак В. М. Схемотехнічне проектування машин – нова дисципліна кафедри машин легкої промисловості КНУТД / В. М. Дворжак, Б. В. Орловський // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Т. 4. – 2010. – № 5. – С. 144-146.
4. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD / Е. Г. Макаров – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.

Б.В. Орловский, В.Н. Дворжак, Е.С. Радченко
Метрический синтез обращённого кулисного механизма
нитепритягивателя швейной машины

В статье рассмотрен метрический синтез аналитическим методом обращённого кулисного механизма нитепритягивателя швейной машины челночного стежка, построена диаграмма подачи игольной нитки, реализуемая указанным механизмом, с применением программы, созданной в среде математического процессора MathCAD.

Ключевые слова: нитепритягиватель, швейная машина, нить, кулиса.

B.V. Orlovsky, V.M. Dvorzhak, E.S. Radchenko
Metric synthesis facing crank mechanism thread sewing machine.
In article the metric synthesis based on analytical method of inverted crank thread-takeup mechanism of sewing machine with bobbin stitch is considered, the diagram of the needle thread serve using the MathCAD program software is built.

Keywords: thread takeup, sewing machine, thread, backstage.