

УДК 687.053

ДО СИНТЕЗУ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ ПОДАЧІ НИТКИ ШВЕЙНИХ МАШИН ЛАНЦЮГОВОГО СТІБКА

Шквира В.В., Манойленко О.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

У комбінованому важільно-кулачковому механізмі подачі нитки [1, 2] закон подачі формує кулачок, профіль якого добирають під конкретний тип стібка та технологічні параметри операції. Тим самим задача проєктування такого механізму зводиться до задачі синтезу профілю. Якість роботи механізму оцінюють за ступенем збіжності функцій дійсної $P(\varphi)$ та необхідної $P'(\varphi)$ подачі нитки [3, 4], а відповідним критерієм оптимізаційного синтезу є мінімум їх інтегрального квадратичного відхилення

$$F = \int [P'(\varphi) - P(\varphi)]^2 d\varphi \rightarrow \min. \quad (1)$$

Критерій (1) оцінює наближення однієї функції до іншої в середньому, тоді як вимога до подачі за своєю природою однобічна. Позначимо відхилення $\Delta(\varphi) = P(\varphi) - P'(\varphi)$ [4]. Нестача поданої нитки ($\Delta < 0$) спричиняє перетягування й обриви, а надлишок понад допустимий – провисання, та пропуски стібків. Отже умова якісної подачі нитки є двобічним обмеженням на відхилення:

$$0 \leq \Delta(\varphi) \leq [m], \quad \varphi \in [\varphi_i, \varphi_{i+1}], \quad (2)$$

де: $[m]$ – допустиме провисання.

Критерій (1) є інтегральним і нечутливим до знака відхилення, тому мінімум F не забезпечує виконання нерівностей (2). Отже (2) слід задавати як систему обмежень-нерівностей на всій області визначення $\varphi \in [0, 2\pi]$, а за цільову функцію синтезу прийняти габаритний радіус кулачка $R \rightarrow \min$.

Функція дійсної подачі є сумою складових, що формуються окремими рухомими ланками контуру подачі:

$$P(\varphi) = \sum P_i(\varphi), \quad i = 1 \dots n. \quad (3)$$

Складові утворюють рухомі ланки контуру: ниткоподавачі $T_1(\varphi)$ і $T_2(\varphi)$, рухомий нитконапрячник $G_4(\varphi)$ на голководі та кулачок. Ділянки між точками, заданими координатами, тобто нерухомими, мають сталу довжину і в (3) не входять. Складову кулачка позначимо $P_K(\varphi)$. Кулачок приводиться від головного вала гвинтовою передачею з передаточним відношенням 1:1 [1], чим забезпечено фазову узгодженість його профілю з циклограмою машини.

Особливості схеми. Кулачок установлено на ділянці контуру подачі між регульованим нитконапряником G_1 і ниткоподавачем T_1 коромислового типу (рис. 1, а). Нитка контактує з профілем безпосередньо: важіль, ролик і замикальна пружина відсутні – замикання забезпечує власний натяг нитки, а пряма G_1T_1 лежить у площині, перпендикулярній осі кулачка, на відстані d від неї. Звідси два наслідки. Перший: гнучка нитка реалізує не сам профіль, а лише його опуклу оболонку, бо увігнуті ділянки вона перекриває хордою. Другий: ділянка розпадається на три елементарні – дві прямолінійні $p_{G_1-M_1}(\varphi)$, $p_{T_1-M_2}(\varphi)$ та одну криволінійну $p_{M_2-M_1}(\varphi)$, межами яких є точки дотику M_1 і M_2 , а їх положення задає змінний за оберт вала кут охоплення $\theta(\varphi)$ (рис. 1, б).

Позначивши суму цих трьох ділянок $\lambda(\varphi)$, маємо складову подачі, що її формує кулачок: $P_K(\varphi) = \lambda(\varphi) - \lambda(0)$.

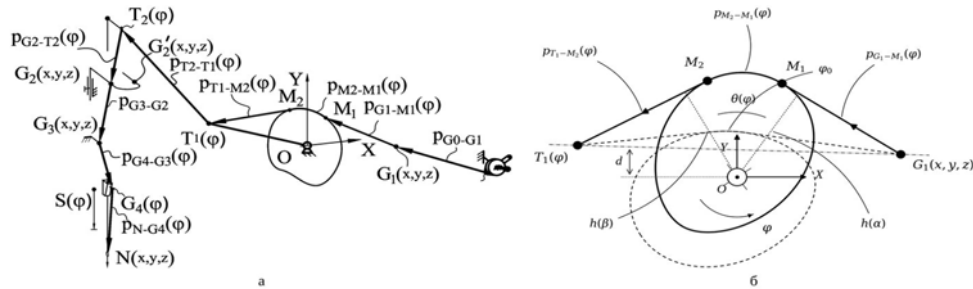


Рисунок 1 – Схема контуру подачі нитки з кулачком: а – контур подачі в цілому; б – ділянка G_1T_1 у збільшеному вигляді (M_1, M_2 – точки дотику нитки з профілем, θ – кут охоплення, $h(\alpha), h(\beta)$ – відстані від осі кулачка до прямолінійних ділянок, d – відстань від осі до прямої G_1T_1 ; суцільне – положення φ , штрихове – початкове φ_0)

З цих міркувань шуканою величиною доцільно взяти не полярний профіль $r(\theta)$, а опорну функцію опуклої області – відстань від осі O до дотичної із зовнішньою нормаллю $u(\psi)$:

$$h(\psi) = h_0 + \sum (A_k \cos k\psi + B_k \sin k\psi), \quad k = 1 \dots N. \quad (4)$$

Приріст довжини ділянки від повороту кулачка визначається різницею опорних функцій у точках дотику:

$$d\lambda/d\varphi = h(\beta) - h(\alpha), \quad (5)$$

де α і β – кути нормалей у точках дотику M_1 і M_2 (рис. 1, б); переміщення ниткоподавача T_1 утворює власну складову у сумі (3). Права частина (5) лінійна за коефіцієнтами (4), отже лінійними за ними є складова $P_K(\varphi)$, обмеження (2) та умова опуклості профілю $\rho = h + h'' \geq [\rho]$. Тому синтез профілю набуває вигляду задачі лінійного програмування: мінімізувати габаритний радіус за обмежень (2) і $\rho(\psi) \geq [\rho]$. Оскільки положення точок дотику самі залежать від профілю, її розв'язують послідовністю таких задач.

Висновки. Запропоновано визначати профіль кулачка з умови (2) як жорсткого обмеження, а не з критерію найменших квадратів. За шуканий параметр узято опорну функцію, і завдяки (5) задача синтезу зводиться до послідовності задач лінійного програмування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шквира В. В. До питання проєктування механізмів подачі голкових ниток багатофункціональних швейних машин / В. В. Шквира, О. П. Манойленко // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : збірник наукових праць IX Міжнародної наук.-практ. конф. (23 квітня 2026 р., м. Київ). – Київ : КНУТД, 2026. – С. 45-47.
2. Манойленко О., Горобець В., Дворжак В., Писаренко Д., Билик К. Аналітичний огляд та розроблення класифікації механізмів подачі голкових ниток швейних машин ланцюгового стібка // Технології та інжиніринг. 2022. № 4(9). С. 35–47.
3. Manoilenko O. P., Horobets V. A., Dvorzhak V. M., Kovalov Y. A., Kniaziev I., Shkvyra V. Research of variable parameters of needle thread take-up mechanisms and development of recommendations for adjusting multi-thread chain stitch sewing machines // Vlákna a textil (Fibres and Textiles). 2023. Vol. 30, No. 5. P. 52–60.
4. Manoilenko O. Mathematical Modeling and Experimental Analysis of the Thread Take-up Function in Single-thread Chain Stitch Sewing Machines Type 101 / O. Manoilenko, V. Horobets, V. Puts, L. Volokh, D. Bezuhlyi, K. Bilashov, S. Pleshko // Engineering Letters. – 2026. – Volume 34, Issue 3. – P. 1062–1070.