

УДК 687.053.2

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЗАКОНИ РУХУ ГОЛКОВОДА ДВОКРИВОШИПНОГО МЕХАНІЗМУ ГОЛКИ

Сугулов В.С., Кошель С.О., Манойленко О.П.

Київський національний університет технологій та дизайну

Працездатність механізму голки високошвидкісної швейної машини залежить від закону руху голководу [1-3]. Зв'язок геометрії механізму із цим законом доцільно встановити в узагальненому вигляді, придатному для синтезу механізмів і розроблення синхrogramм швейних машин різних типів.

Для цього використано аналог переміщення голководу $\bar{S}(\varphi) = S(\varphi)/r$, де $S(\varphi)$ – переміщення голководу, r – радіус кривошипа. Вираз дістаємо з рівняння двокривошипного механізму [2]:

$$S(\varphi) = (r \cos \varphi - 1) + 1/\lambda \cdot \left[\sqrt{(1 - \lambda^2(\kappa - \eta \sin \varphi)^2)} - \sqrt{(1 - \lambda^2 \kappa^2)} \right] \quad (1)$$

де: $\lambda = r/L$ – відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна; $\kappa = e/r$ – відносний дезаксіал; φ – кут повороту кривошипа; $\eta = \pm 1$ – напрям обертання кривошипа.

Повний оберт кривошипа можливий за умови $\lambda(1+|\kappa|) < 1$. У цих межах досліджено діапазони $\lambda = 0,1 \dots 0,5$ та $\kappa = -1 \dots +1$, тобто зміщення напрямної повзуна ліворуч і праворуч від осі обертання кривошипа (рис. 1, 2), при цьому аналоги швидкості $\bar{V}(\varphi) = d\bar{S}/d\varphi$, прискорення $\bar{A}(\varphi) = d^2\bar{S}/d\varphi^2$ та ривка $\bar{J}(\varphi) = d^3\bar{S}/d\varphi^3$ знайдено аналітичним диференціюванням виразу (1), а дійсна швидкість голководу дорівнює $v = r\omega\bar{V}$.

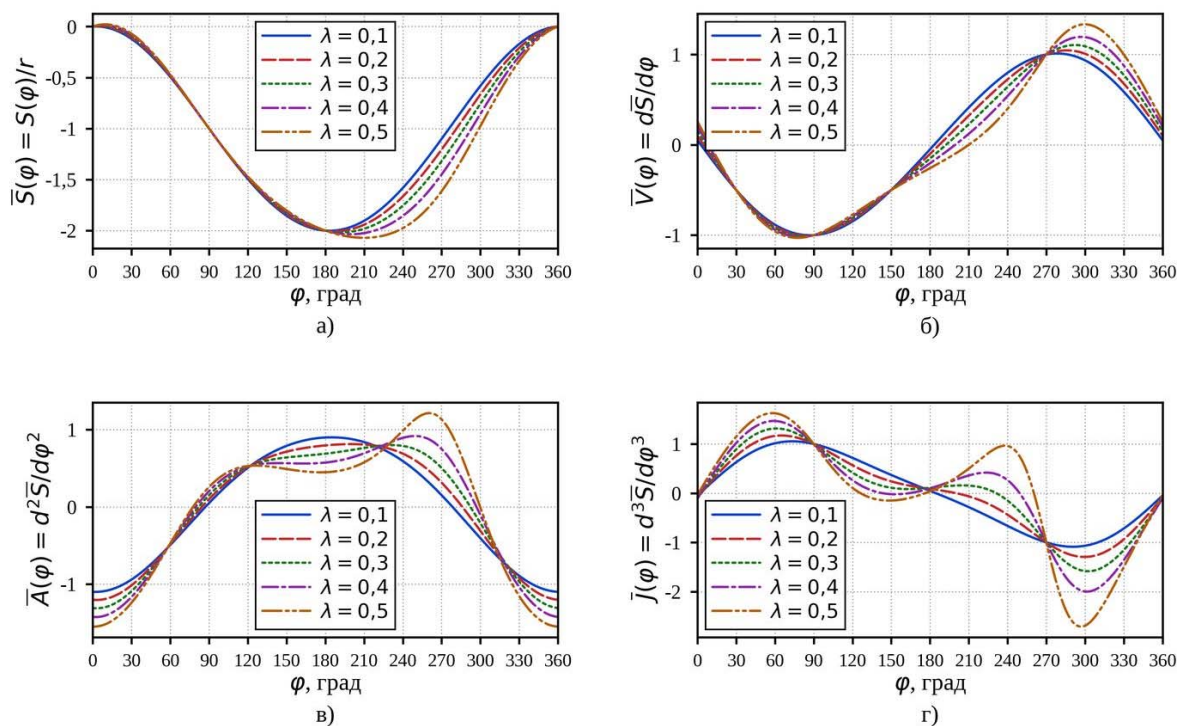


Рисунок 1 – Аналоги кінематичних характеристик голководу при $\kappa=0,5$ та $\eta=+1$ для $\lambda=0,1 \dots 0,5$: а – переміщення $\bar{S}(\varphi)$; б – швидкість $\bar{V}(\varphi)$; в – прискорення $\bar{A}(\varphi)$; г – ривок $\bar{J}(\varphi)$

В результаті аналізу діаграм рис. 1 встановлено, що параметр λ змінює форму закону руху, (рис. 1, а), а вищі похідні аналогів швидкості чутливіші, так при $\kappa=0,5$ і зростанні λ від 0,1 до 0,5 максимум $|\bar{A}|$ зростає з 1,10 до 1,55, а максимум $|\bar{J}|$ – з 1,09 до 2,71, тобто у 2,5 рази (рис. 1, в, г). Таким чином, вибір цього параметра на етапі синтезу зумовлений законом руху голководу та динамічними навантаженнями.

У розглянутому механізмі [1, 4, 5] спільний повзун – голковід – приводять у рух два дзеркально розташовані кривошипи, з'єднані зубчастою парою. Обидва ланцюги задають переміщення однієї ланки, тому мають бути кінематично сумісними. Другий ланцюг дзеркальний до першого: його дезаксіал дорівнює $-\kappa$, а зубчаста пара отримує протилежний напрям обертання кривошипа ($\eta=-1$). Умова сумісності має вигляд:

$$\bar{S}(\varphi; +\kappa, \eta=+1) \equiv \bar{S}(\varphi; -\kappa, \eta=-1) \quad (2)$$

Тотожність (2) виконується за будь-яких λ і κ , оскільки $(-\kappa+\sin\varphi)^2=(\kappa-\sin\varphi)^2$. Кути тиску обох ланцюгів рівні за модулем і протилежні за знаком, $\theta_B=-\theta_A$, тому поперечні складові зусиль на напрямну голководу взаємно зрівноважуються. Тому вибір κ , не обмежений умовою сумісності (2).

І навпаки, за однакового напрямку обертання переміщення ланцюгів розходяться на $\Delta(\varphi)=\bar{S}(\varphi,+\kappa)-\bar{S}(\varphi,-\kappa)$: при $\lambda=0,3$ – на 15,7 % ходу голководу для $\kappa=0,5$ і 31,6 % для $\kappa=1$, при $\lambda=0,4$ і $\kappa=1$ – на 44,7 %.

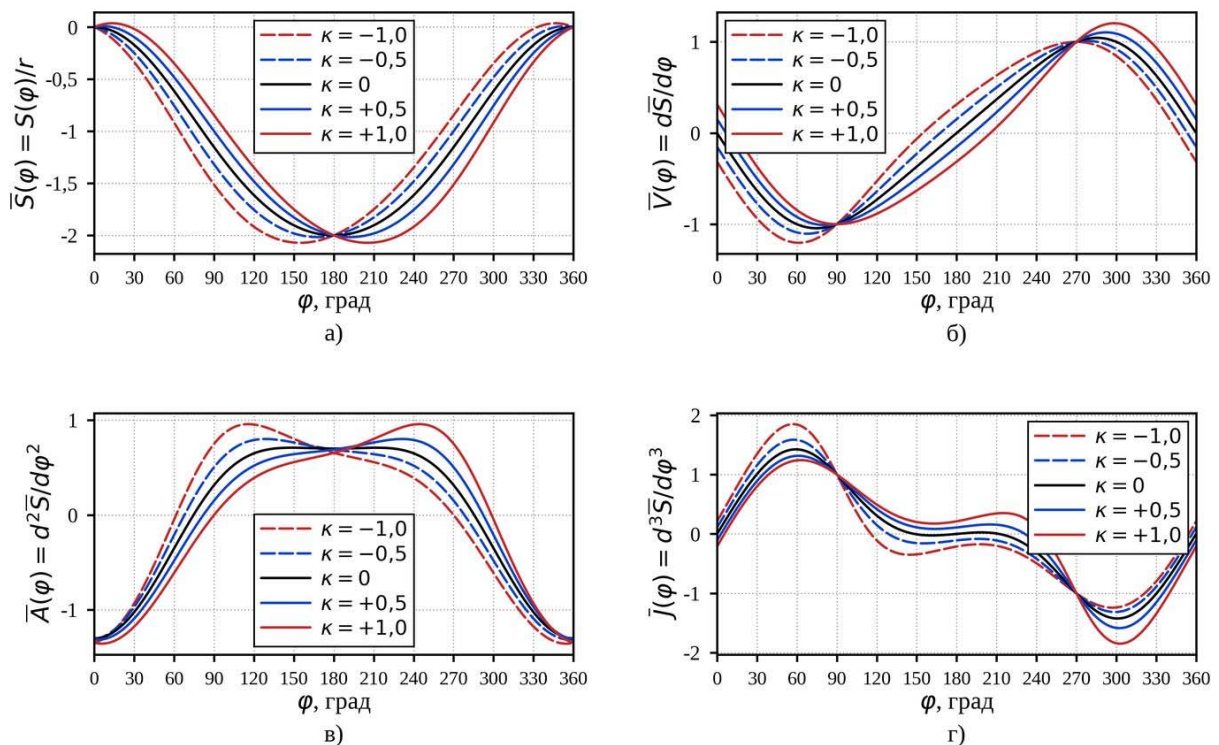


Рисунок 2 – Аналоги кінематичних характеристик голководу при $\lambda=0,3$ та $\eta=+1$ для $\kappa=-1\dots+1$: а – переміщення $\bar{S}(\varphi)$; б – швидкість $\bar{V}(\varphi)$; в – прискорення $\bar{A}(\varphi)$; г – ривок $\bar{J}(\varphi)$. Однаковому модулю κ відповідає однаковий колір, знаку – суцільна (+) або штрихова (–) лінія; чорна суцільна – центральний механізм $\kappa=0$

Встановлено, що зміна знаку κ дзеркально обертає закон руху відносно $\varphi=180^\circ$ (рис. 2): при $\lambda=0,3$ максимум аналога прискорення припадає на $\varphi\approx 230^\circ$ для $\kappa=+0,5$ і на $\varphi\approx 130^\circ$ для $\kappa=-0,5$, а модулі екстремумів від знака не залежать.

Практичне значення має перерозподіл повороту кривошипа між прямим і зворотним ходами: при $\lambda=0,3$ та $|\kappa|=1$ вони становлять 168° і 192° , тобто середні швидкості ходів різняться на 14 %, а при $\lambda=0,4$ – 155° і 205° з різницею 33 %. Знак дезаксіалу визначає, на який із ходів припадає більша швидкість, тому його вибирають так, щоб голка мала максимальну швидкість в момент проколювання матеріалів, і навпаки, сповільнювалася на ділянці утворення «петлі-напуску».

Висновки. Закон руху голковода двокривошипного механізму голки визначають два незалежні геометричні параметри – $\lambda=r/L$ і $\kappa=e/r$. Параметр λ задає рівень динамічного навантаження: у діапазоні $\lambda=0,1\dots 0,5$ максимумами аналогів прискорення та ривка зростають відповідно у 1,4 та 2,5 раза.

Дезаксіал κ перерозподіляє поворот кривошипа між прямим і зворотним ходами: за $|\kappa|=1$ середні швидкості ходів різняться на 14 % при $\lambda=0,3$ і на 33 % при $\lambda=0,4$, а знак κ визначає, на якому з ходів швидкість вища, що дає змогу збільшити швидкість голки в момент проколу матеріалів.

Дзеркальна пара ланцюгів зі спільним повзуном сумісна за будь-яких λ і κ , якщо кривошипи обертаються назустріч; за однакового напрямку обертання переміщення розходяться на 16...45 % ходу голковода, і механізм непрацездатний.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сугулов В.С., Кошель С.О., Манойленко О.П. До питання проектування двокривошипних механізмів голки швейних машин // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: зб. наук. праць IX Міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: КНУТД, 2026. – С. 78–80.
2. Сугулов В.С., Манойленко О.П., Кошель С.О. Дослідження кінематичних та динамічних характеристик двокривошипного механізму голки швейної машини // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: зб. наук. праць IX Міжнар. наук.-практ. конф. – Київ: КНУТД, 2026. – С. 84–87.
3. Манойленко О.П., Дворжак В.М., Горященко С.Л., Сугулов В.С. Порівняльний аналіз інерційно-енергетичних і кінематичних характеристик механізмів голки швейних машин ланцюгового стібка // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2025. – № 359 (6.1). – С. 37–47.
4. Патент України на корисну модель № 121674, МПК D05B 3/02. Механізм голки швейної машини / І.В. Лазар, Г.В. Кошель, С.О. Кошель; заявник і власник Київський національний університет технологій та дизайну. – Опубл. 11.12.2017, бюл. № 23.
5. Патент України на корисну модель № 127085, МПК D05B 3/02, D05B 55/00. Механізм голки швейної машини / С.О. Кошель, Г.В. Кошель, А.В. Круговий; заявник і власник Київський національний університет технологій та дизайну. – Опубл. 10.07.2018, бюл. № 13.