

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНТУРА ІІ НА ЗАКОН РУХУ ВЕДЕНОЇ ЛАНКИ КУЛАЧКОВО-ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Відома робота [3], де досліджується вплив контурів у комбінованому кулачково-важільному механізмі, до складу якого як ведений входить чотириланковий двокоромисловий механізм.

У нашій статті визначається вплив коромислово-повзунного механізму (контур ІІ) на закон руху веденої ланки кулачково-важільного механізму (КВМ) при заданому законі руху коромисла кулачкового механізму (контур І) у критеріальному вигляді [4] та узагальнюються результати досліджень.

На основі функціональних залежностей для кінематичних та кінетичних параметрів «одиничних» п'ятиланкових кулачково-важільних механізмів [1], показаних у вигляді комплексних позиційних інваріантів подібності швидкостей $b_{к4}$ і прискорень $c_{к4}$, був розроблений алгоритм розв'язку задачі аналізу на ЕОМ.

Під час досліджень ми використовували висхідні закони періодичного руху (ЗПР) трьох типів за класифікацією К. В. Тіра [4]: тип І — закон з діаграмами прискорень косинусоїда — «К» та рівномірно спадаючого прискорення — «0000»; тип ІІ — закони з діаграмами прискорень синусоїда — «С₀» та поліномний, описаний многочленом дев'ятого степеня; тип ІІІ — закон з діаграмою прискорень постійне прискорення — «0050».

На основі [1, 2, 3] та аналізу характерних видів діаграм прискорень коромислово- та кривошипно-повзунних механізмів (рис. 1) відібрали чотири види діаграм прискорень веденої ланки контура ІІ: вид І — $f''(\gamma_{п}) = W_{Din} > 0$, $f''(\gamma_{к}) = W_{Dik} > f''(\gamma_{п}) = W_{Din}$ характеризується монотонним зменшенням функції від додатного максимуму до додатного мінімуму з урахуванням двох випадків:

- а) $f'(\gamma_{п}) = V_{Din} = 0$, $f'(\gamma_{к}) = V_{Dik} > f'(\gamma_{п}) = V_{Din}$,
- б) $f'(\gamma_{п}) > 0$, $f'(\gamma_{к}) > f'(\gamma_{п})$,

де $\gamma_{п}$, $\gamma_{к}$ — початкове та кінцеве положення ведучої ланки; V_{Din} , V_{Dik} , W_{Din} , W_{Dik} — відповідно інваріанти швидкостей та прискорень веденої ланки контура ІІ на початку та в кінці руху розглянутих ділянок переміщень; вид ІІ характеризується монотонною зміною функції $f''(\gamma)$ від додатного максимуму до від'ємного мінімуму з переходом через нуль; вид ІІІ — $f''(\gamma_{п}) \geq 0$, $f''(\gamma_{к}) > 0$, $f''(\gamma_{к}) > f''(\gamma_{п})$ характеризується монотонною зміною прискорень від нуля або величин, близьких до нуля, до додатного максимуму; вид ІV — $0 \leq f''(\gamma_{п}) = f''(\gamma_{к}) = \text{const}$, та як частковий випадок — випукла функція з правою віткою, яка аналогічна до діаграми виду І, та лівою — дзеркально-симетричною правій.

При дослідженнях розглядали функції $f''(\gamma)$, парні та обернені висхідним функціям у першому квадранті й дзеркально-симетричні у від'ємних квадрантах декартової системи координат. Таким

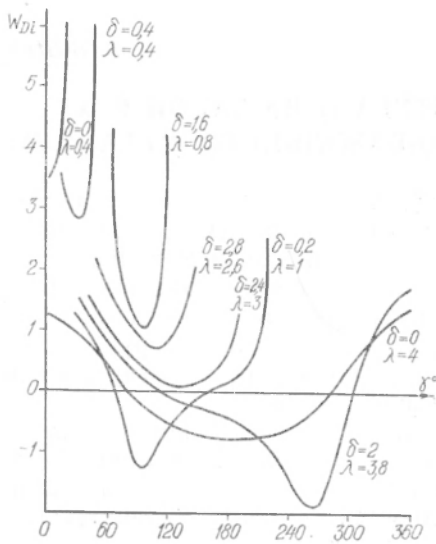


Рис. 1. Характерні діаграми прискорень коромислово- та кривошипно-повзунних механізмів.

руху, і характер ЗПР веденої ланки залежить як від типу діаграми прискорень штовхача кулачкового механізму, так і від характеру зміни позиційних інваріантів швидкостей та прискорень контура II на розглядуваних ділянках руху. При $f'(\gamma_{\text{п}}) = 0$, $f'(\gamma_{\text{к}}) > f'(\gamma_{\text{п}})$ повні однорідні закони типу I $f''(0) > 0$, $f''(0,5) = 0$ та типу III $f''(0) > 0$, $f''(0,5) > 0$ перетворюються у більшості випадків у повні неоднорідні асиметричні закони зі збільшенням часу розбігу T_1 та зменшенням часу вибігу T_3 при коефіцієнті асиметрії, згідно з [4] $\psi = \frac{T_3}{T_1} < 1$. Абсолютні значення піків прискорень збільшуються як для періоду розбігу $|C_4|_{\text{р}}$, так і вибігу $|C_4|_{\text{в}}$, причому $|C_4|_{\text{в}} > |C_4|_{\text{р}}$ і порівняно з висхідними законами «K», «0000», «0050» відношення $[C_4]:[C] \approx 2$, де C_4 і C відповідно константи піків відносних прискорень [4] для веденої ланки КВМ та висхідного ЗПР.

При $f'(\gamma_{\text{п}}) > 0$, $f'(\gamma_{\text{к}}) > f'(\gamma_{\text{п}})$ висхідні закони типів I—III перетворюються в асиметричні закони зі збільшенням констант піків прискорень у період вибігу приблизно в два рази.

Характер спотворення висхідних ЗПР механізмами, які забезпечують види III—IV діаграм прискорень при $W_{\text{Din}} \gg 1$ і $\xi \ll 0,1$ (де ξ — відносний лінійний розмах веденої ланки), аналогічний схемам контура II з діаграмами прискорень виду I—II, а при $W_{\text{Din}} \rightarrow \min$ і $\xi \rightarrow 0,1745$ — схемам механізмів з діаграмами прискорень виду II.

При коректуванні висхідних законів періодичного руху функціями парними, оберненими та дзеркально-симетричними основним

чином, при дослідженні взаємовпливу контурів розглянуті всі можливі варіанти діаграм прискорень, характерних для плоских чотириланкових шарнірно-важільних механізмів, які входять до складу багатоланкових комбінованих кулачково-важільних.

Висхідний закон періодичного руху може істотно змінюватися, перетворюючись в якісно новий, причому характер зміни залежить як від типу діаграми прискорень $f''(\kappa)$ штовхача кулачкового механізму, так і від характеру діаграми $f''(\gamma)$ веденої ланки контура II. Чотириланкові шарнірно-важільні механізми з діаграмами прискорень виду I найбільш істотно впливають на спотворення висхідного закону

видам діаграм прискорень функції взаємодії мають відповідно парний, обернений або дзеркально-симетричний характер зміни прискорень відносно основних видів. Однак потрібно врахувати, що повна збіжність основної та дзеркально-симетричної функцій буде лиш в тому випадку, якщо дзеркально-симетрична функція прискорень II контура за характером та абсолютними значеннями тотожна основній $f''(\gamma)$ на заданому інтервалі руху.

На рис. 2 показані діаграми прискорень $f''(\kappa) = c_{\kappa}$ ведучої ланки КВМ для закону періодичного руху «К» та діаграми прискорень веденої ланки КВМ при різних типах (I, IV) діаграм прискорень $f''(\gamma)$ коромислово-повзунних механізмів. Криві, зображені суцільними лініями 1, 2 — для основних, а штрихпунктирною 3, 4 — для дзеркально-симетричних типів діаграм прискорень контура II.

Таким чином, встановлено, що найбільше впливають на спотворення висхідних законів періодичного руху чотириланкові шарнірно-важільні механізми з геометричними параметрами, які забезпечують типи I, III, IV діаграм прискорень і приводять у більшості випадків до асиметрії висхідних законів.

Зважаючи на різноманітність основних типів діаграм прискорень та дзеркально-симетричних їм, доцільно під час аналізу та синтезу механізмів даного класу провадити оцінку закону руху веденої ланки за характером зміни функцій швидкостей $f'(\gamma)$ контура II та безрозмірних позиційних інваріантів подібності, які відображають їх якісну сторону.

При $0 = f'(\gamma_{\Pi}) < f'(\gamma_{\kappa})$ висхідні закони періодичного руху перетворюються в повні неоднорідні асиметричні закони зі збільшенням константи піків прискорень в період розбігу та вибігу, причому прискорення в період вибігу більші від прискорень у період розбігу $|C_4|_B > |C_4|_P$. При $f'(\gamma_{\Pi}) > 0$, $f'(\gamma_{\kappa}) > f'(\gamma_{\Pi})$ ведена ланка переміщається за асиметричними законами, $|C_4|_B > |C_4|_P$, а $|C_4|_P > C$, де C — константа піків прискорень для висхідних законів; чим більші відношення $\frac{f' \gamma_{\kappa}}{f' \gamma_{\Pi}}$, тим більші піки функції прискорень у період вибігу; при $f'(\gamma_{\kappa}) < f'(\gamma_{\Pi})$ характер зміни функцій прискорень веденої ланки дзеркально-симетричний випадкам $f'(\gamma_{\kappa}) > f'(\gamma_{\Pi})$, але за абсолютним значенням величин c_{k4} не тотожний їм; при $f'(\gamma_{\Pi}) = f'(\gamma_{\kappa}) = \text{const}$ спотворення висхідних законів періодичного руху найменше.

На наступному етапі досліджень визначали вплив геометричних параметрів коромислово-повзунних механізмів на спотворення висхідних законів руху.

При дослідженні змінювали: параметри контура II $\lambda = \frac{l}{R_{\kappa}}$, $\delta = \frac{e}{R_{\kappa}} (R_{\kappa} - \text{радіус коромисла, } l - \text{довжина шатуна, } e - \text{величина дезаксіала});$ початковий кут положення ведучої ланки контура II $\gamma_0 \leq \gamma_{\Pi} \leq \gamma_{\kappa}$, де $\gamma_0 = \arcsin \frac{e}{1 + \lambda}$ — кут, який відповідає положенню

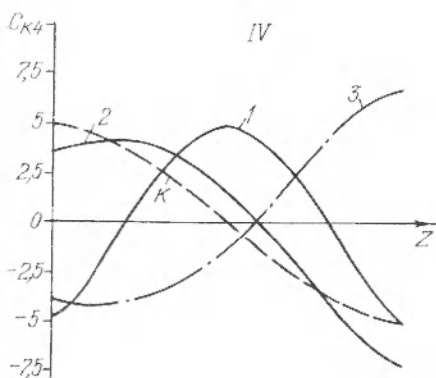
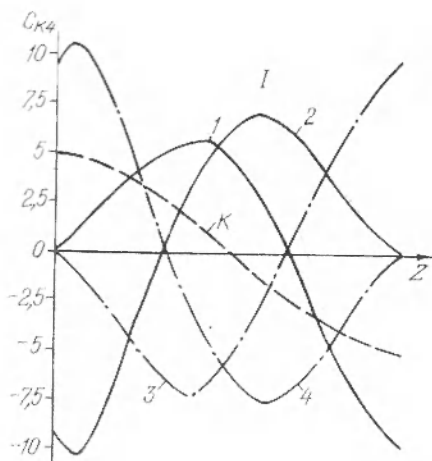


Рис. 2. Графіки відносних прискорень ведучої та веденої ланок кулачково-важільного механізму.

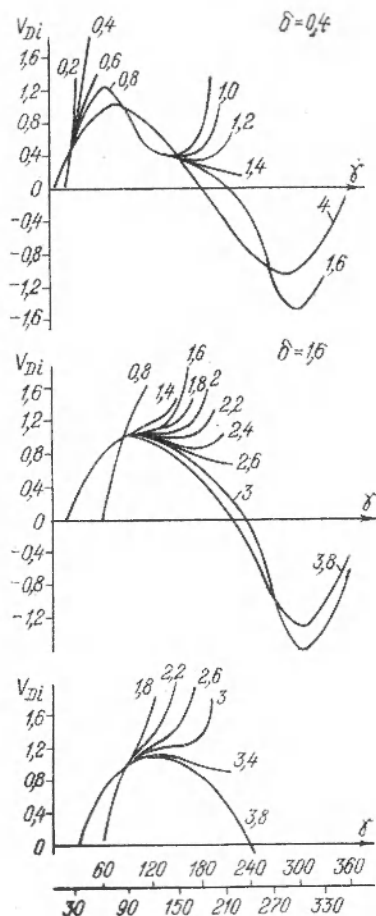


Рис. 3. Діаграми відносних швидкостей $V_{Di} = f(\lambda, \delta, \gamma)$ для коромислово- та кривошипно-повзунних механізмів.

механізму, коли осі коромисла та шатуна збігаються; $\gamma_K = \arcsin(\delta + \lambda \sin[\beta_m])$ — крайній кут повороту коромисла з умови обмеження кута тиску; кутовий розмах ведучої ланки контура II; відносний лінійний розмах $\xi = \frac{S_v}{R_K}$ повзуна.

У результаті досліджень встановлено, що найбільш істотно впливають на спотворення висхідного закону коромислово-повзунні механізми, ведуча ланка яких на заданих інтервалах руху займає початкове положення, яке відповідає

$$\gamma_{II} = \arcsin\{\delta : (1 + \lambda)\}$$

$$\gamma_K = \arcsin(\delta + \lambda \sin[\beta_m]),$$

де $[\beta]_m = 180^\circ$ — $[\alpha]_m$ — максимальний кут нахилу шатуна; $[\alpha]_m$ — кут тиску.

При постійних значеннях λ , δ , γ_{II} та $\gamma_V = \text{const}$ змінюється як характер руху веденої ланки, так і значення піків прискорень; потрібно враховувати, що при $\gamma > 15^\circ$ важче підібрати ділянки руху, при яких $V_{Di} \sim \text{const}$, а тим самим забезпечити мінімальне спотворення висхідних законів руху.

При постійних γ_{II} , γ_V , δ та $\lambda = \text{const}$ ($0,4 \leq \lambda \leq 4$) піки прискорень зменшуються до 1,2 раз при зростанні $\lambda \rightarrow 4$; при збільшенні $\delta \rightarrow 3$ і γ_{II} , γ_V , $\lambda = \text{const}$ піки прискорень незначно збільшуються в період вибігу.

При змінних γ_{II} і γ_V і постійних значеннях λ , δ , ξ якісний характер спотворення висхідних ЗПР залишається таким, як і при λ , δ , $\gamma_V = \text{const}$ та γ_{II} , $\xi = \text{const}$, але при однакових відносних переміщеннях повзуна ($\xi = \text{const}$) піки прискорень C_4 незначно зменшуються, а відношення $[C_4]:[C]$ відповідно становить: для «К» — $1,6 \div 1,75$, для «C₀» — $1,25 \div 1,4$; відношення констант піків прискорень при розбігу та вибігу залишаються без зміни.

Отже, коли потрібно зберегти закон руху, прийнятий при профілюванні кулачка, необхідно вибирати параметри λ , δ , γ_{II} , γ_V контура II, які забезпечують постійність інваріантів швидкостей $V_{Di} = \text{const}$ на заданих ділянках руху. Прагнучи зменшити абсолютні значення піків прискорень у період розбігу, необхідно назначити параметри λ , δ , γ_{II} , γ_V , які забезпечать нерівність $V_{Din} < V_{Dir}$ позиційних інваріантів швидкостей веденої ланки на початку та в кінці переміщень, причому $V_{Din} > 0$. Якщо необхідно зменшити піки від'ємних прискорень, то слід назначити параметри контура II, які забезпечать умову $V_{Din} > V_{Dkr}$. Геометричні параметри контура II λ , δ , початкове положення ведучої ланки γ_{II} та її кутовий розмах γ_V можна назначити за діаграмами $V_{Di} = f(\lambda, \delta, \gamma)$, показаними на рис. 3.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко А. В., Главацький А. С. Функціональні залежності п'ятиланкового кулачково-важільних механізмів.— «Поліграфія і видавнича справа», 1972, № 8.
2. Бойко А. В. Параметричні дослідження коромислово-повзунних механізмів з застосуванням ЕОМ.— «Поліграфія і видавнича справа», 1974, № 10.
3. Главацький А. С. Вопросы оптимизации синтеза кулачково-рычажных механизмов. Автореф. канд. дис., Львов, 1968.
4. Тир К. В. Механика полиграфических автоматов. М., «Книга», 1965.

А. В. БОЙКО

THE INFLUENCE OF THE P OUTLINE ON THE DRIVEN LINK OF THE CAM-LEVEL MECHANISM

Summary

The influence of rocking shaft or crank mechanism (P outline) on the law of motion of the cam level mechanism driven link is studied. The recommendation as to synthesis of P outline mechanisms at given parameters of initial cam mechanism is given.