

ГЕОМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ СИМЕТРИЧНИХ ЛЯМБДОПОДІБНИХ МЕХАНІЗМІВ ЧЕБИШЕВА ЧИСЕЛЬНИМ МЕТОДОМ

Я.Т.КІНИЦЬКИЙ, О.Б.СВЕТЛОВСЬКИЙ, В.О.ХАРЖЕВСЬКИЙ

Технологічний університет Поділля, м.Хмельницький

У роботах [1-4] розглядається синтез симетричних лямбдоподібних механізмів Чебишева (ЛМЧ) методом найкращого наближення. При такому методі синтезу шатунна крива (рис. 1, 2) та наближена крива (коло радіусом R_1 або пряма лінія $x-x$) на ділянці наближення $D_1D'_1$ мають шість точок перетину (вузлів інтерполяції). Таке наближення називають наближенням 5-го порядку. Складність цього методу полягає у тому, що необхідно підібрати наближену (цільову) функцію, яка б виражалась в явному вигляді через вихідні параметри синтезу механізмів. У цих працях така функція описується поліномами Чебишева. В роботах [5-7] використовується квадратичне наближення. Недоліком останнього є те, що не у всіх випадках він дає оптимальних варіант синтезу механізму. Зокрема, при цьому методі в окремих місцях на ділянці наближення $D_1D'_1$ мають місце значні відхилення між шатунною кривою та кривою наближення [8]. Крім цього, цей метод не забезпечує симетричного (рівномірного) відхилення E між ними (див. рис. 1,б, рис. 2,б).

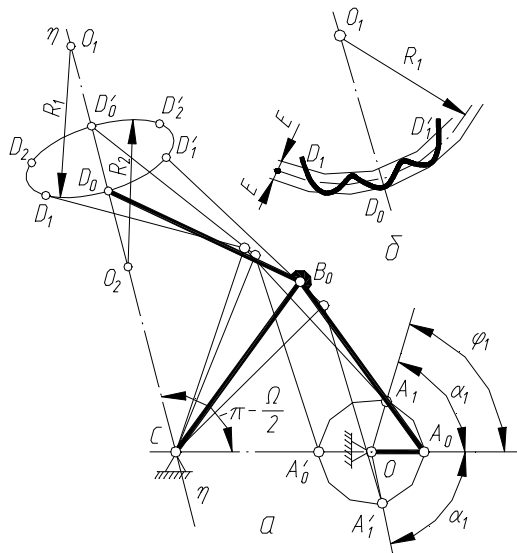


Рис. 1. Симетричний лямбдоподібний механізм Чебишева, який забезпечує наближення шатунної кривої до дуги кола

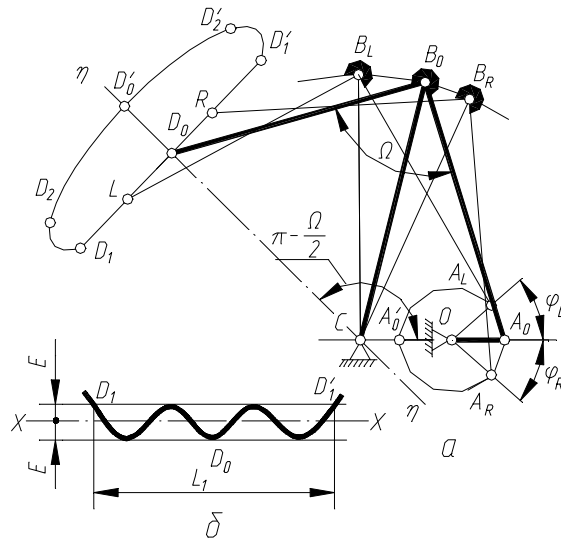


Рис. 2. Симетричний лямбдоподібний механізм Чебишева, який забезпечує наближення шатунної кривої до прямої лінії

В даній роботі розглянемо чисельний метод геометричного синтезу ЛМЧ, при якому немає потреби складати рівняння цільової функції. Крім цього, у роботах [1-4] для наближення використовувалась лише нижня гілка шатунної кривої – $D_1D'_1$. Дана методика дозволяє використовувати для наближення дві гілки цієї кривої – $D_1D'_1$ та $D_2D'_2$ (рис. 1, 2).

Загальний випадок ЛМЧ показано на рис.1. До складу цього механізму, крім кривошипа OA і стояка, входить двоповідкова структурна група, яку утворюють ланки ABD і BC , розміри яких задовольняють умові $l_{AB} = l_{BC} = l_{BD} = l$. Для забезпечення визначеності у рухах ланок та умови існування кривошипа OA необхідно, щоб $l_{OA} < l$ і $l_{OC} + l_{OA} < 2l$ [1-4]. При таких співвідношеннях розмірів ланок механізму точка D шатуна ABD описує шатунну криву, яка симетрична відносно осі $\eta-\eta$, що проходить через центр нерухомого шарніра C . Всі лінійні розміри ЛМЧ виразимо через відносні параметри, прийнявши за одиницю довжини параметр l , наприклад, довжину кривошипа OA

виразимо геометричним параметром $r = l_{OA}/l$, міжосьову відстань $CO - a = l_{CO}/l$ тощо.

При відповідному виборі розмірів ланок ЛМЧ (r, a, Ω) траєкторія точки D на ділянках $D_1D'_1$ і $D_2D'_2$ мало відрізняється від дуг кіл, відповідно, радіусів R_1 і R_2 (рис. 1) або прямої лінії (рис. 2). Для отримання механізму з вистоем вихідної ланки до точки D приєднують одну з структурних груп [4]. Такі механізми мають вистій, тривалість якого дорівнює часу проходження точкою D ділянки її траєкторії, наближеною до дуги кола або прямої лінії. За час вистою кривошип обертається на кут $2\alpha_i$ (тут і далі індекс $i = 1$ відноситься до нижньої гілки, $i = 2$ – до верхньої гілки).

Вхідними даними для розрахунку є r, a, Ω , вихідними – $R_1, R_2, x_{O1}, y_{O1}, x_{O2}, y_{O2}, S, E_1, E_2, \alpha_1, \alpha_2, L_1$, де R_1, R_2 – радіуси кіл, до яких наближаються гілки шатунної кривої, $x_{O1}, y_{O1}, x_{O2}, y_{O2}$ – координати центрів O_1, O_2 наближених кіл, $S = D_0D'_0$ – відрізок $D_0D'_0$ осі симетрії шатунної кривої, E_1, E_2 – максимальні відхилення траєкторії точки D на ділянці наближення від дуги кола, відповідно, радіуса R_1, R_2 ; α_1, α_2 – кути повороту кривошипа, які відповідають половині вистою вихідної ланки, L_1 – довжина прямолінійної ділянки шатунної кривої (рис. 2).

При синтезі механізмів використовуються параметричні рівняння траєкторії точки $D - x_D = f(\Phi_1)$ і $y_D = f(\Phi_1)$. Для знаходження вихідних параметрів синтезу ($R_i, x_{O_i}, y_{O_i}, E_i, \alpha_i, S$) наближеного кола використовуємо теорему про три точки. У нашому випадку однією з цих точок може бути точка D_0 (для нижньої гілки) або D'_0 (для верхньої гілки). Двома іншими точками вибираємо будь-які дві (L і R), які симетричні відносно точок D_0 або D'_0 . Точкам L і R шатунної кривої відповідає положення кривошипа OA_L і OA_R , які визначаються кутами Φ_L, Φ_R (рис. 2). Для кожних значень кутів Φ_L, Φ_R обчислюємо значення координат точок L і R та вихідні параметри синтезу, попередньо вирівнявши екстремальні відхилення E_i між шатунною кривою та наближеним колом радіуса R_i шляхом зміни величини останнього. Положення цих точок поступово змінюємо, збільшуючи відстань між ними.

Здійснюючи обчислення за таким алгоритмом, були одержані залежності $\alpha = f(E), n = f(E)$ (рис.3, 4). З цих діаграм видно, що із збільшенням тривалості вистою зменшується точність наближення. Причому, є таке значення E , для якого значення 2α раптово збільшується (відрізок ab). У цьому випадку одержуємо наближення шатунної кривої до кола або прямої лінії 5-го порядку, тобто крива має шість точок перетину, що є однією з умов найкращого наближення за Чебишевим (рис.3а, в; рис.4в).

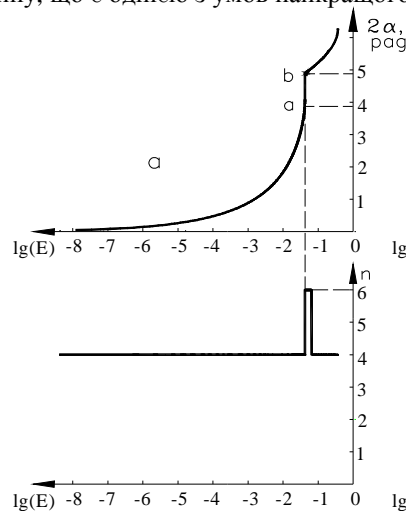


Рис. 3. Діаграми зміни значень кута вистою 2α і числа вузлів інтерполяції n від точності E наближення для нижньої гілки ЛМЧ: а, б – колового напрямного, в, г – прямолінійного напрямного

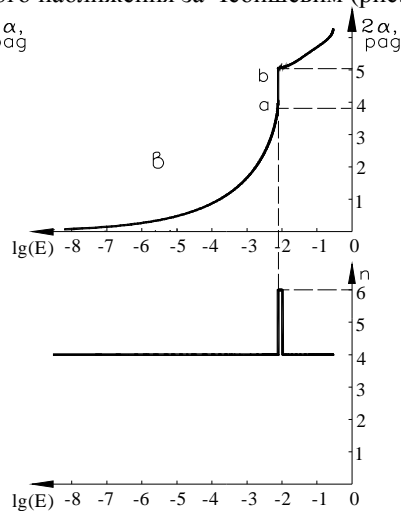


Рис. 4. Діаграми зміни значень кута вистою 2α і числа вузлів інтерполяції n від точності E наближення для верхньої гілки ЛМЧ: а, б – колового напрямного, в, г – прямолінійного напрямного

Тому критерієм знаходження найкращого варіанту механізму можна вважати:

- а) стрибкоподібну зміну значення 2α за незначної зміни E ;
- б) число вузлів інтерполяції ($n = 6$) при мінімальному значенні E .

Виходячи з такого характеру зміни функцій $\alpha = f(E)$ і $n = f(E)$ пошук вихідних параметрів синтезу припиняємо при досягненні відповідної кількості вузлів інтерполяції $n = 6$ (можна ввести умову на стрибок функції $\alpha = f(E)$). У випадку, коли ця умова виконується, методом ітерації знаходиться значення параметрів $R_i, x_{O_i}, y_{O_i}, E_i, \alpha_i, S$, при яких забезпечується мінімальне значення відхилення E наближеної кривої від траєкторії точки D .

Результати розрахунків за даною методикою повністю підтверджують результати, які наведені у [4]. Для прикладу, у табл.1 наведені результати розрахунку двох напрямних механізмів: колового та прямолінійного, де A – чисельний метод, B – аналітичний [4]. Розміри колового напрямного механізму: $r = 0.6215815$, $a = 1.15$, $\Omega = 210^\circ$; прямолінійного напрямного $r = 0.3914590$, $a = 1.2994880$, $\Omega = 260^\circ$.

Верхня гілка шатунної кривої, як правило, дає наближення 3-го порядку. З 700 варіантів кінематичних схем механізмів, наведених у роботі [4], лише біля 2 %, де верхня гілка має найкраще наближення. Наближення 5-го порядку має місце лише у тому випадку, коли шатунна крива утворює на краях петлю і відстань між верхньою гілкою та нижньою гілками петлі менша за $2E$.

Таблиця 1

Результати розрахунків для нижньої гілки шатунної кривої

Механізм	Метод	α°_1	y_{O_1}	R_1	E_1	S_1	L_1
Коловий	A	140.167	3.5013075	2.104233	$0.42011 \cdot 10^{-1}$	0.64490670	–
	B	140	3.5013041	2.104231	$0.42012 \cdot 10^{-1}$	0.64491	–
Прямо-лінійний	A	145.066	–	–	$0.77481 \cdot 10^{-2}$	0.04367038	0.87992
	B	145	–	–	$0.77483 \cdot 10^{-2}$	0.04367	0.88112

Величину вистою на верхній гілці для варіанта, який подано на рис.4а, можна визначити за допомогою залежності $\alpha = f(E)$ при заданні величини вистою α або точності E . У випадку, коли на верхній ділянці шатунної кривої функція $\alpha = f(E)$ має стрибок (рис. 4в) або кількість вузлів інтерполяції $n = 6$ (рис. 4г), то значення α можна вибирати так само, як для нижньої гілки. Наприклад, у прямолінійному напрямному механізмі, геометричні параметри нижньої гілки якого наведені у табл.1, верхня гілка також задовольняє умові $n = 6$ і дає такі значення: $R_2 = 4.64997$, $2\alpha_2 = 241.60539$, $E_2 = 0.04079026$, $y_{O_2} = -2.7052975$, $S_2 = 0.04367038$.

Література

1. Чебышев П.Л. О простейшей суставной системе, доставляющей движение, симметрические около оси. Полн. собрание соч. –М.;Л.–1948.–Т.4.–С.167-211.
2. Артоболевский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов.— М.: Физматгиз, 1959.—1084 с.
3. Гродзенская Л. С. Проектирование шарнирных механизмов с остановкой типа Чебышева по наименьшему значению ускорения ведомого звена в крайнем положении // Анализ и синтез механизмов: Тр. третьего совещ. по основным проблемам ТММ.— 1963.— С. 46—58.
4. Киницкий Я.Т. Шарнирные механизмы Чебышева с вистоем выходного звена.–К.: Вища школа, 1990.–231 с.
5. Эдилян М.Б. Об одном аналитическом методе синтеза присоединенной диады механизма с остановками// Изв. АН Арм.ССР. Сер. физ.-мат. наук. – 1964.–Т.17, №1.–С.101-104.
6. Саркисян Ю.Л. Аппроксимационный синтез механизмов.–М.: Наука, 1982.- 304 с.
7. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов.–М.: Машиностроение, 1988. – 232 с.
8. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин.— М.: Наука, 1979.— 576 с.