



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108871** (13) **U**
(51) МПК (2016.01)
F16H 21/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2015 06992	(72) Винахідник(и): Харжевський В'ячеслав Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.07.2015	(73) Власник(и): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2016	вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.08.2016, Бюл.№ 15	

(54) ШАРНІРНИЙ ЧОТИРИЛАНКОВИЙ ПРЯМОЛІНІЙНО-НАПРЯМНИЙ МЕХАНІЗМ, ПОБУДОВАНИЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ТОЧКИ РОЗПРЯМЛЕННЯ 4-ГО ПОРЯДКУ

(57) Реферат:

Шарнірний чотириланковий механізм має основу, на якій встановлено кривошип, коромисло і шатун у вигляді двоплечого важеля, одне плече якого шарнірно зв'язано з кривошипом та коромислом. Інше плече виконано з можливістю опису його шатунною точкою кривої, яка на частковій ділянці траєкторії наближається до прямої лінії. За шатунну точку механізму приймається точка розпрямлення 4-го порядку, яка визначається як точка перетину поворотного кола з кривою геометричного місця точок, що характеризуються дотиком не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами, за формулами:

$$x_F = \frac{ny_0''}{n^2 + 1}; \quad y_F = nx, \quad n = \frac{m_4 - m_1}{m_2 - m_5}.$$

UA 108871 U

Корисна модель належить до машинобудування, а саме до плоских важільних механізмів, в яких необхідно забезпечити наближений прямолінійно-напрямних рух на певній ділянці траєкторії деякої шатунної точки.

Відомо, що існує два основних напрямки у синтезі плоских прямолінійно-напрямних механізмів: використання методів найкращого наближення за Чебишевим та використання методів кінематичної геометрії. Відомі важільні прямолінійно-напрямні механізми Чебишева, зокрема з симетричною формою шатунної кривої [1. - С. 675], [2], а також несиметричні [4], [5], в яких шатунна точка наближено описує на деякій ділянці пряму лінію, причому положення цієї точки на шатуні вибирається з умов найкращого наближення за Чебишевим, що полягають у наявності максимальної кількості вузлів інтерполяції з прямою лінією (для шарнірного чотириланкового механізму - шість) з рівномірним характером зміни відхилень на ділянці наближення. Відомі також важільні прямолінійно-напрямні механізми, в яких за шатунну точку вибирається особлива точка, що існує в кожному положенні шатунної площини - точка Болла [1. - С. 1068, рис. 864] (прототип), яка визначається методами кінематичної геометрії як точка перетину поворотного кола, що є геометричним місцем точок розпрямлення або перегинів шатунних кривих, з кривою кругових точок, що представляє собою геометричне місце точок, які забезпечують дотик не нижче 3-го порядку зі своїми дотичними колами.

Таким чином, точки Болла дозволяють отримувати прямолінійно-напрямні механізми з різними довжинами прямолінійних ділянок. Форма шатунних кривих таких механізмів в загальному випадку є несиметричною. Однією з сучасних наукових робіт, в якій розглядається проектування важільних прямолінійно-напрямних механізмів на базі точок Болла є, наприклад, монографія вчених Уанга Д. та Уанга У. [6. - С. 160].

В основу даної корисної моделі поставлена задача - розширення областей існування прямолінійно-напрямних механізмів на основі шарнірного чотириланкового механізму.

Поставлена задача вирішується у шарнірному чотириланковому механізмі, що має основу, на якій встановлено кривошип, коромисло і шатун у вигляді двоплечого важеля, одне плече якого шарнірно зв'язано з кривошипом та коромислом, а інше плече виконано з можливістю опису його шатунною точкою кривої, яка на частковій ділянці траєкторії наближається до прямої лінії, причому за шатунну точку механізму приймається точка розпрямлення 4-го порядку, яка визначається як точка перетину поворотного кола з кривою геометричного місця точок, що характеризуються дотиком не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами, за формулами:

$$x_F = \frac{ny_0''}{n^2 + 1}; y_F = nx, n = \frac{m_4 - m_1}{m_2 - m_5},$$

де $m_1...m_5$ - коефіцієнти кривої, що є геометричним місцем точок, які забезпечують дотик не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами; y_0'' - прискорення полюса миттєвого обертання шатунної площини.

Як шатунна точка шарнірного чотириланкового механізму приймається інша особлива точка, що визначається за допомогою методів кінематичної геометрії, а саме - точка розпрямлення 4-го порядку, що в загальному випадку визначається як точка перетину поворотного кола (1), які є геометричним місцем розпрямлення або перегинів шатунних кривих, що описують дані точки, з кривою (2), що є геометричним місцем точок, які забезпечують дотик не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами.

Фіг. 1, 2 ілюструють запропоновану корисну модель:

Фіг. 1. - Розрахункова схема прямолінійно-напрямного шарнірного чотириланкового механізму.

Фіг. 2. - Крива точок розпрямлення 4-го порядку.

Шарнірний чотириланковий механізм (Фіг. 1) має основу 0, на якій встановлено кривошип 1, коромисло 3 і шатун 2 у вигляді двоплечого важеля, одне плече якого шарнірно зв'язано з кривошипом 1 та коромислом 3, а інше плече виконано з можливістю опису його шатунною точкою F кривої, яка на частковій ділянці траєкторії наближається до прямої лінії, причому за шатунну точку механізму приймається точка розпрямлення 4-го порядку, яка визначається як точка перетину поворотного кола з кривою геометричного місця точок, що характеризуються дотиком не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами.

Точки розпрямлення 4-го порядку, що приймаються як шатунні точки, визначаються в загальному випадку для будь-якого положення шатунної площини шарнірного чотириланкового механізму. Якщо, відповідно до рекомендацій [1. - С. 1060], прийняти кутову швидкість обертання шатунної площини $\omega = 1$, тоді рівняння поворотного кола (яке ще називають колом перегинів [1, стор. 1021]) в неявному вигляді запишеться наступним чином:

$$x^2 + y^2 - y_0'' = 0, \quad (1)$$

де y_0'' - прискорення полюса Р миттєвого обертання шатунної площини механізму.

Рівняння кривої (в неявному вигляді), що представляє собою геометричне місце точок, які забезпечують дотик не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами:

5

$$(x^2 + y^2)(m_3 + m_4x + m_5y) - y_0''(m_1x + m_2y + m_3) = 0, \quad (2)$$

де $m_1...m_5$ - коефіцієнти кривої.

Якщо переписати рівняння (2) в параметричному вигляді, тоді цю криву можна побудувати. В цьому випадку виявилось, його корені будуть визначатись квадратним рівнянням і, як видно з прикладу, зображеного на Фіг. 1, крива (2) складається з двох віток.

10

Таким чином, якщо точка розпрямлення 4-го порядку, що визначається як точка перетину кривих (1) та (2), буде прийнята за шатунну точку механізму, в результаті вона буде описувати шатунну криву, що на деякій своїй ділянці в околі цієї точки буде наближатись до прямої лінії.

Алгоритм проектування механізму наступний.

15

1. Задаємось довжиною кривошипа $r = l_{OA}$ шатуна $b = l_{AB}$, коромисла $c = l_{BC}$, а також кутом повороту кривошипа φ_1 для якого в шатунній площині будемо визначати точку розпрямлення 4-го порядку. За модуль довжини прийнято відстань між осями нерухомих шарнірів $d = l_{OC} = 1$. Визначаємо координати точки А механізму (кінця кривошипа):

$$X_A = r \cos \varphi_1; Y_A = r \sin \varphi_1, \quad (3)$$

20

2. Обчислюємо кути φ_2 та φ_3 , що визначають положення відповідно шатуна б коромисла с механізму:

$$\varphi_2 = \psi + \kappa; \varphi_3 = \psi - \chi + \pi, \quad (4)$$

25

де $\psi = \arctg[Y_A / (X_A - 1)]$; $\chi = \pi - \kappa - \mu$. Для розрахунку шуканих кутів додатково визначаємо наступні величини:

$$\kappa = \arccos\left(\frac{b^2 + \Delta^2 - c^2}{2b\Delta}\right), \mu = \arccos\left(\frac{b^2 + c^2 - \Delta^2}{2bc}\right); \Delta = \sqrt{(1 - X_A)^2 + Y_A^2}, \quad (5)$$

30

3. Обчислюємо координати точки В механізму:

$$X_B = 1 + c \cos \varphi_3; Y_B = c \sin \varphi_3, \quad (6)$$

4. Обчислюємо координати полюса Р миттєвого обертання шатунної площини та миттєвого полюса Q відносного руху шатуна 2 та коромисла 3 механізму:

$$X_P = \frac{\operatorname{tg} \varphi_3}{\operatorname{tg} \varphi_3 - \operatorname{tg} \varphi_1}; Y_P = X_P \operatorname{tg} \varphi_1; X_Q = \frac{X_A Y_B - X_B Y_A}{Y_B - Y_A}; Y_Q = 0, \quad (7)$$

35

5. Визначаємо прискорення полюса Р миттєвого обертання шатунної площини механізму:

$$y_0'' = -\frac{l_{OP}(l_{OP} - l_{OA})}{l_{OA} \sin(\varphi_3 - \beta)}, \quad (8)$$

де кут нахилу осі колінеації $\beta = \arctg[Y_P / (X_P - X_Q)]$, $l_{OP} = X_P / \cos \varphi_1$

40

6. Визначаємо похідні 3-го порядку від переміщення полюса Р миттєвого обертання шатунної площини механізму (швидкість зміни прискорення полюса миттєвого обертання):

$$x_0''' = \frac{k_1 k_{22} - k_2 k_{12}}{k_{11} k_{22} - k_{12} k_{21}} - 3y_0'', \quad y_0''' = \frac{k_2 k_{11} - k_1 k_{21}}{k_{11} k_{22} - k_{12} k_{21}}, \quad (9)$$

Коефіцієнти, що входять у (9) визначаються наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} k_{11} &= x_A (x_A^2 + y_A^2) & k_{12} &= y_A (x_A^2 + y_A^2) & k_1 &= 3y_0'' x_A y_A, \\ k_{21} &= x_B (x_B^2 + y_B^2) & k_{22} &= y_B (x_B^2 + y_B^2) & k_2 &= 3y_0'' x_B y_B, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

5 де координати шарнірів А та В в повернутій системі координат $x_1 P y_1$:

$$x_A = (X_P - X_A) \cos \alpha_t + (Y_P - Y_A) \sin \alpha_t, \quad y_A = (Y_P - Y_A) \cos \alpha_t + (X_A - X_P) \sin \alpha_t,$$

$$x_B = (X_P - X_B) \cos \alpha_t + (Y_P - Y_B) \sin \alpha_t, \quad y_B = (Y_P - Y_B) \cos \alpha_t + (X_B - X_P) \sin \alpha_t.$$

Кут нахилу полюсної дотичної: $\alpha_t = \varphi_1 + \varphi_3 - \beta$.

7. Визначаємо коефіцієнти $m_1 \dots m_5$, які входять у рівняння (2), що представляє собою
10 геометричне місце точок, які забезпечують дотик не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами:

$$m_1 = 4y_0'''; \quad m_2 = -4x_0''' - 6y_0''; \quad m_3 = 3(y_0'')^2;$$

$$m_4 = \frac{K_1 + 4x_0''' y_0''}{3y_0''}; \quad m_5 = \frac{K_3 - (x_0''' + 3y_0'')(4x_0''' + 6y_0'') + 4(y_0'')^2}{3y_0''}, \quad (11)$$

15 де $K_1 = \frac{K_4 x_A + K_5 y_A - K_2 y_A^2 - K_3 x_A y_A}{x_A^2}$; $K_2 = y_0''(4x_0''' + 6y_0'')$; $K_4 = 3x_0'''(y_0'')^2$;

$$K_3 = \frac{(x_B^2 y_A^2 - x_A^2 y_B^2) K_2 + (x_A^2 x_B - x_A x_B^2) K_4 + (x_A^2 y_B - x_B^2 y_A) K_5}{x_A x_B (y_B x_A - y_A x_B)}; \quad K_5 = 3y_0'''(y_0'')^2.$$

8. Визначаємо точку розпрямлення 4-го порядку для заданого положення шатунної площини як точку перетину кривої (1) та кривої (2), у системі координат $x_1 P y_1$:

$$x_F = \frac{ny_0''}{n^2 + 1}; \quad y_F = nx, \quad (12)$$

$$n = \frac{m_4 - m_1}{m_2 - m_5},$$

20

9. Визначаємо координати точки розпрямлення 4-го порядку F у базовій системі координат xOy . Для цього проведемо перетворення системи координат за наступними формулами:

$$\left. \begin{aligned} X_F &= X_P - x_F \cos \alpha_t + y_F \sin \alpha_t, \\ Y_F &= Y_P - y_F \cos \alpha_t + x_F \sin \alpha_t, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

25

10. Проектуємо важільний чотириланковий механізм, у якого довжина другого плеча шатуна $k = l_{BF}$ та кут Ω його злому визначає положення шатунної точки, як така буде прийнята знайдена точка розпрямлення 4-го порядку:

$$k = l_{BF} = \sqrt{(X_F - X_B)^2 + (Y_F - Y_B)^2}, \quad (14)$$

$$\Omega = \frac{180}{\pi} \left[\pi - \varphi_2 + \arctg \left(\frac{Y_F - Y_B}{X_F - X_B} \right) \right], \quad 0 \leq \Omega \leq 360^\circ, \quad (15)$$

30

11. Кут нахилу прямолінійної ділянки шатунної кривої визначається наступним чином:

$$\xi = \operatorname{arctg} \left(\frac{Y_P - Y_F - y_0'' \cos \alpha_t}{X_P - X_F - y_0'' \sin \alpha_t} \right), \quad (16)$$

Слід відзначити, що оскільки кут ξ , а також всі інші кути, значення яких визначаються через функцію $\operatorname{arctg}(x)$, можуть змінюватись від 0 до 2π , для визначення їх величини слід скористатись не звичайною функцією арктангенса, а функцією $\xi = \operatorname{arctan} 2(y, x)$, де y, x - відповідно чисельник та знаменник у виразі (16). Ця функція є у більшості сучасних мов програмування.

Як видно з прикладу, зображеного на Фіг. 1, знайдена особлива точка - точка розпрямлення 4-го порядку, не збігається з відомою точкою Болла або точками Бурместера та визначає нове сімейство важільних прямолінійно-напрямних механізмів. Точка розпрямлення 4-го порядку, так само, як і точка Болла, існує в кожному положенні механізму, причому в кожному положенні існує тільки одна така точка.

Крива точок розпрямлення 4-го порядку (Фіг. 2) представляє собою геометричне місце точок розпрямлення 4-го порядку, які визначені для різних положень шатунної площини механізму. Як видно з Фіг. 2, проектування механізмів на основі таких особливих точок дозволяє отримати широкий спектр форм шатунних кривих з прямолінійними ділянками, причому, як видно, крива точок розпрямлення 4-го порядку не збігається з кривою Болла, що представляє собою геометричне місце точок Болла, визначених для різних положень механізму.

Джерела інформації:

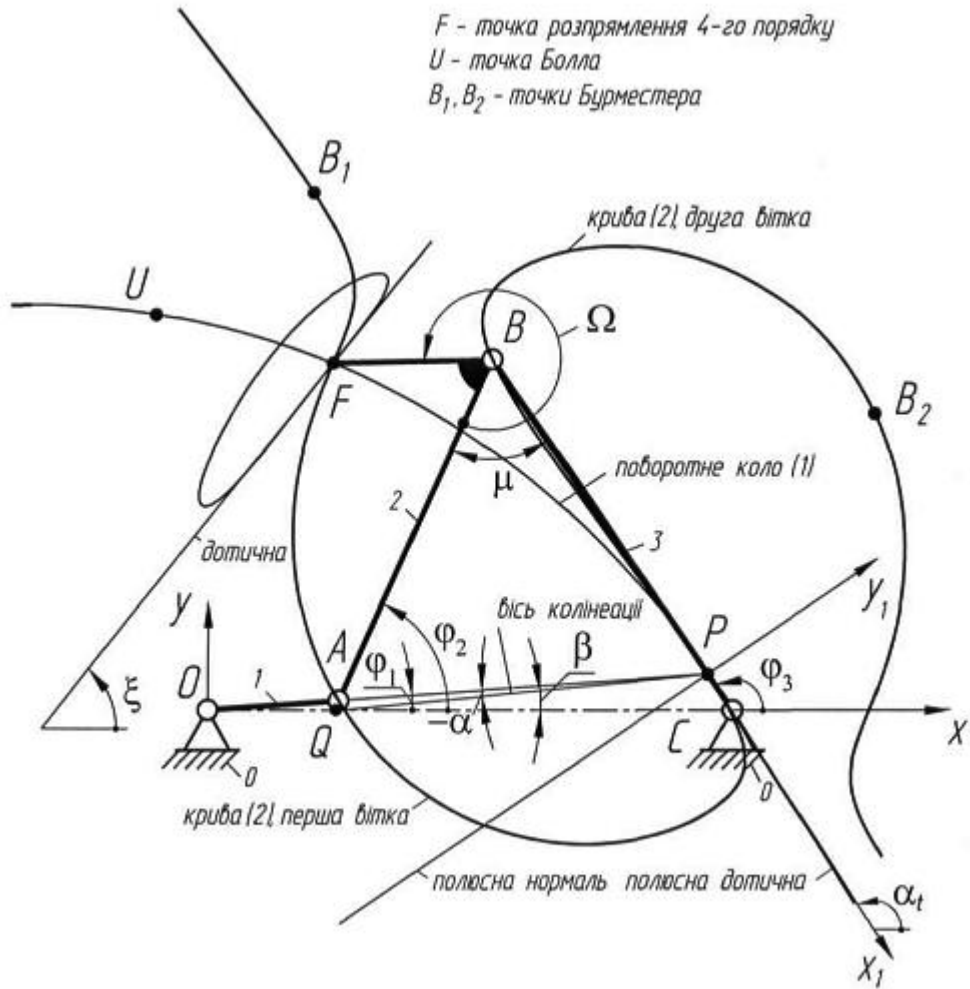
1. Артоболевский И.И. Синтез плоских механизмов. / И.И. Артоболевский, Н.И. Левитский, С.А. Черкудинов. - М.: Физматгиз, 1959. - 1084 с.
2. Киницкий Я.Т. Шарнирные механизмы Чебышева с выстоем выходного звена / Я.Т. Киницкий. - К.: Вища школа, 1990. - 232 с.
3. Харжевський В.О. Синтез важільних прямолінійно-напрямних механізмів та механізмів із зупинкою вихідної ланки на базі шарнірного чотириланкового механізму: дис... канд. техн. наук: 05.02.02 / В.О. Харжевський; Хмельницький держ. ун-т. - Хмельницький, 2004. - 262 с.
4. Funk W. Unsymmetric Tchebysheff-type Straight-line Mechanisms / W. Funk, V. Gassmann // Proc. Tenth World Congress on the Theory of Mechanisms and Machines, vol. 1 Oulu, Finland, 1999. - С. 222-226.
5. Gassmann V. Synthese von Geradföhrungen mit ebenen Viereckgetrieben, Hamburg, Universität der Bundeswehr Diss., 2000. - 102 p.
6. Wang D. Kinematic Differential Geometry and Saddle Synthesis of Linkages / Wang D., Wang W. - John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2015. - 450 p.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

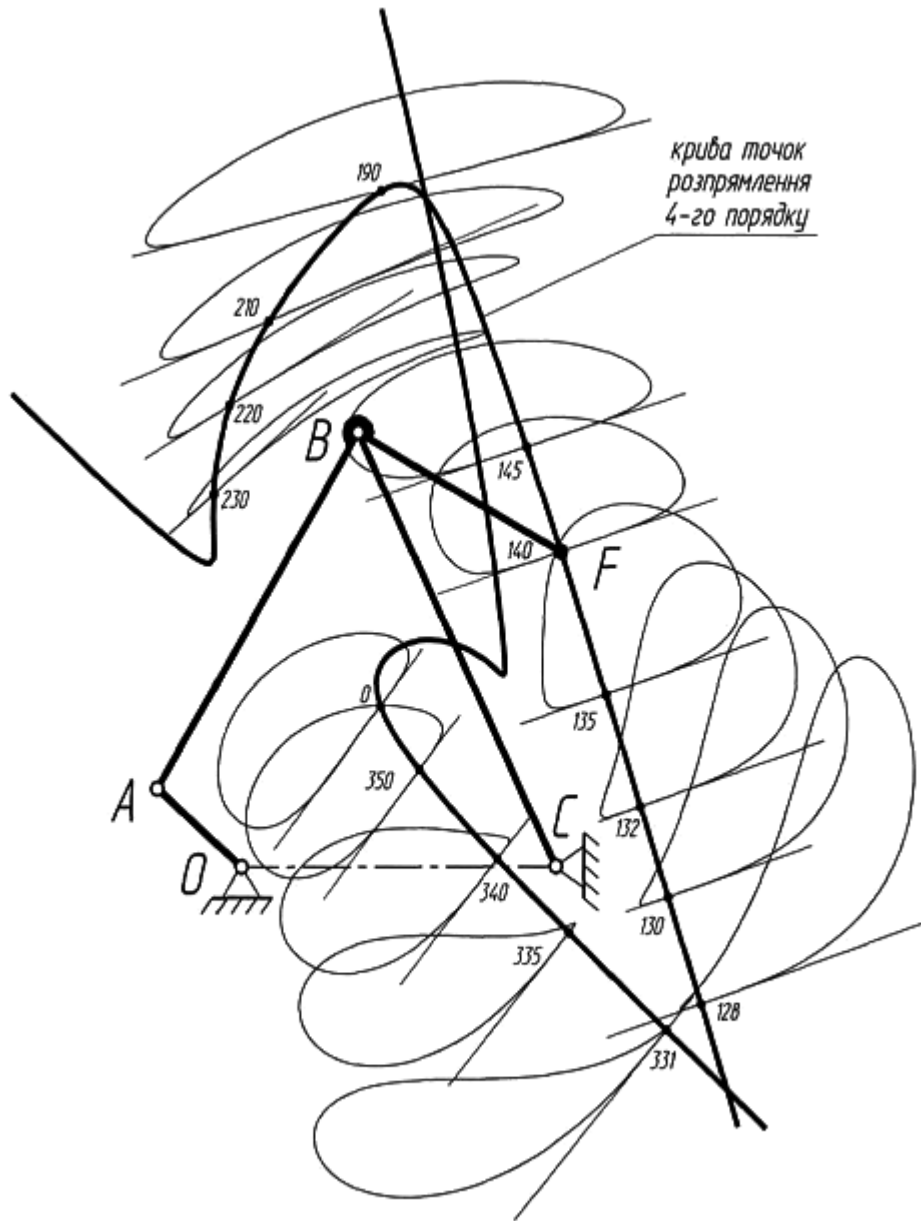
Шарнірний чотириланковий механізм, що має основу, на якій встановлено кривошип, коромисло і шатун у вигляді двоплечого важеля, одне плече якого шарнірно зв'язано з кривошипом та коромислом, а інше плече виконано з можливістю опису його шатунною точкою кривої, яка на частковій ділянці траєкторії наближається до прямої лінії, причому за шатунну точку механізму приймається точка розпрямлення 4-го порядку, яка визначається як точка перетину поворотного кола з кривою геометричного місця точок, що характеризуються дотиком не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами, за формулами:

$$x_F = \frac{ny_0''}{n^2 + 1}; \quad y_F = nx, \quad n = \frac{m_4 - m_1}{m_2 - m_5},$$

де $m_1 \dots m_5$ - коефіцієнти кривої, що є геометричним місцем точок, які забезпечують дотик не нижче 4-го порядку зі своїми дотичними колами; y_0'' - прискорення полюса миттєвого обертання шатунної площини.



Фиг. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601