



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ З ПРИКЛАДНОЇ
ГЕОМЕТРІЇ

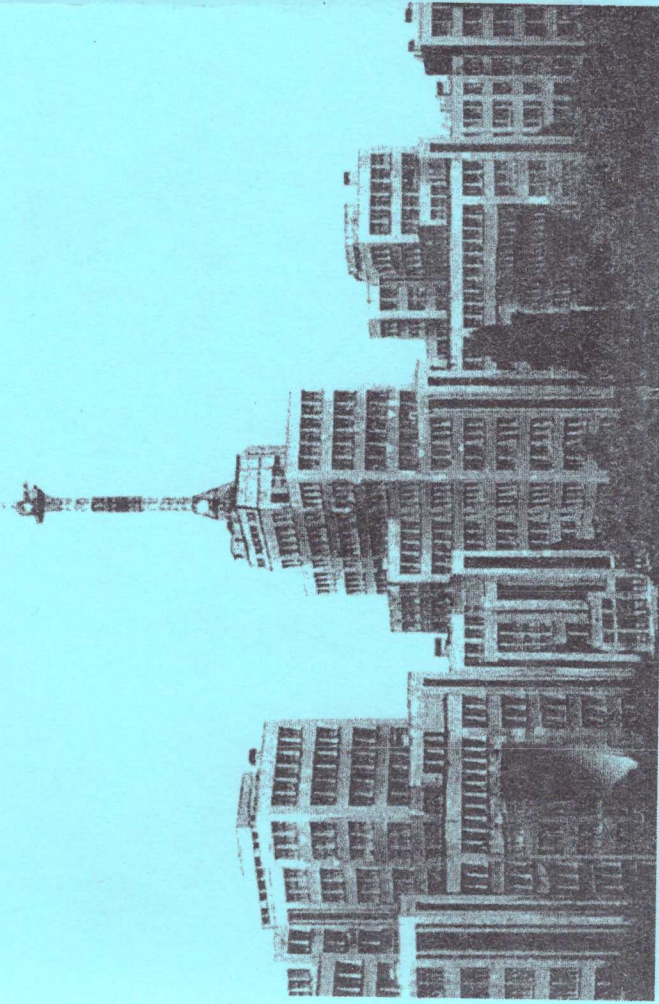
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

НАУКОВЕ ФАХОВЕ ВИДАННЯ

ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Збірник наукових праць

Випуск 28



Харків-2011

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

УКРАЇНЬКА АСОЦІАЦІЯ З ПРИКЛАДНОЇ
ГЕОМЕТРІЇ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ**

*Збірник наукових праць
Випуск 28*

НАУКОВЕ ФАХОВЕ ВИДАННЯ

Харків 2011

Кукуруза Д.В., канд. техн. наук, Лісняк А.А., канд. техн. наук,
Коваленко А.А.

Національний університет цивільного захисту України

ОПИС КРИВЫХ ПОСТІЙНОЇ ШИРИНИ РІВНЯННЯМ У НЕЯВНО-ПОЛІНОМІАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ

Розглянуто спосіб опису кривих постійної ширини за допомогою рівняння у неявному вигляді з поліноміальною функцією та з використанням базисів Гробнера у середовищі Maple.

Постановка проблеми. В технічних впровадженнях широко використовуються властивості кривих постійної ширини. Це стосується формоутворення некруглих отворів [1], профілювання корпусів роторно-планетарних машин (двигунів Ванкеля) [2] та проектування кулачків синхронного обертання з попарним точковим контактом для шнекових екструдерів [3]. Зазначені механічні пристрої діють на основі властивостей трикутника Релло як кривої постійної ширини [4]. Для опису результату обкатки трикутника Релло за допомогою планетарного механізму необхідно мати опис трикутника, зручний для диференціювання. Адаже для обчислення обвідної необхідно брати похідну від функції, яка входить до його опису. Недоліки відомих описів полягають у використанні для їх «конструювання» функцій, які складні для диференціювання (дробово-тригонометричних, обернених тригонометричних та R-функцій). Тому доцільним буде пошук нових способів опису. Ідеальним з позицій диференціювання буде опис трикутника Релло рівнянням у неявному вигляді з використанням поліномів – тобто у вигляді неявно-поліноміального рівняння.

Огляд відомих результатів. У роботах [5 - 7] розглянуто геометричне моделювання і деякі впровадження обкатки трикутником Релло. В роботі [8] наведено опис трикутника Релло рівнянням у неявному вигляді за допомогою тримісної R-кон'юнкції. Огляд літературних джерел показав, що відкритою є тема досліджень класу кривих постійної ширини на площині з використанням поліноміальної функції у їх рівняннях та з використанням базисів Гробнера у середовищі Maple.

крупногабаритних деталей, когда к ним предъявляются жесткие требования по утонениям, точности и качеству, а процесс получения их связан с предварительным набором материала. При этом используются импульсные источники энергии (например, заряды БВВ) поскольку существующее оборудование не обеспечивает необходимых усилий для их формообразования.

Список литературы

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л.: «Машиностроение», 1971.-782 с. 2. Пихтовников Р.В., Завьялова В.И. Штамповка листового металла взрывом. М., 1964. 3. Степанов В.Г., Навагин Ю.С., Ситлин П.М. Гидровзрывная штамповка элементов судовых конструкций. Л., 1966. 4. Степанов В.Г., Шаверов И.А. Импульсная металлоработка в судовом машиностроении. Л., 1968. 5. Пихтовников Р.В., Хохлов Б.А. Безбассейновая листовая штамповка взрывом. Харьков, 1972. 6. Штамповка взрывом. Основы теории. Под ред. д-ра техн. Наук М.А. Анучина. М.: «Машиностроение», 1972. 7. Краснокутский А.М., Жерезон-Зайченко В.В., Шевченко М.М. Геометрическое моделирование работы упругого элемента в процессе штамповки-вытяжки с использованием сил трения // Геометрия та комп'ютерне моделювання – Харків: ХДУХТ, 2009, -Вип. 22.- С. 88-97. 8. Краснокутский А.М., Жерезон-Зайченко В.В., Шевченко М.М. Геометрическое моделирование работы упругого элемента в процессе фрикционной вытяжки детали коробчатой формы // Геометрия та комп'ютерне моделювання – Харків: ХДУХТ, 2010, -Вип. 26.-С. 173 - 180. 9. Бартецке Г.М., Зуев Ю.С. Прочность и разрушение высокоэластичных материалов. Изд-во «Химия» М., Л., 1964.

Получено 21.03.2011, ХГУПТ, г. Харьков.

© А.М. Краснокутский, Л.М. Савченко, М.М. Шевченко, 2011.

Постановка завдання. Запропоновувати спосіб опису кривих постійної ширини за допомогою рівняння у неявному вигляді з поліноміальною функцією та з використанням базисів Гробнера у середовищі Maple.

Основна частина. Нехай маємо [9] клас кривих постійної ширини, описаних у параметричному вигляді:

$$x = h(t) \cos t - \frac{dh(t)}{dt} \sin t; \quad (1)$$

$$y = \frac{dh(t)}{dt} \cos t + h(t) \sin t.$$

де

$$h(t) = \frac{d}{2} + \frac{d}{2C} \sum_{n=1}^N \cos(2n-1)t, \quad (2)$$

Тут d — величина постійної ширини кривої, а C — константа інтегрування, за допомогою якої можна визначати геометричну форму кривої постійної ширини.

З врахуванням (2) рівняння (1) можна спростити до вигляду:

$$x = \frac{d}{2C} (C \cos t + N \cos(2(N-1)t) - (N-1) \cos 2Nt); \quad (3)$$

$$y = \frac{d}{2C} (C \sin t - N \sin(2(N-1)t) - (N-1) \sin 2Nt).$$

Наведемо спосіб опису кривих постійної ширини рівнянням у вигляді $F(x, y) = 0$, де $F(x, y)$ — поліном. Для цього використано базиси Гробнера у середовищі Maple — тобто клас багаточленів, корені яких співпадають з коренями шуканого багаточлена [10, 11, 12].

Приклад. Застосуємо у середовищі Maple базиси Гробнера для $N = 2$ і $d = 1$. Тоді рівняння кривої постійної ширини матиме вигляд:

$$x := \frac{\frac{1}{2} \cos(t) C + \cos(2t) - \frac{1}{2} \cos(4t)}{C}; \quad (4)$$

$$y := \frac{\frac{1}{2} \sin(t) C - \frac{1}{2} \sin(4t) - \sin(2t)}{C}; \quad (5)$$

За допомогою оператора **expand** переведемо ці вирази до вигляду:

$$\frac{1}{2} \cos(t) + \frac{6 \cos(t)^2}{C} - \frac{3}{2C} - \frac{4 \cos(t)^4}{C};$$

$$\frac{1}{2} \sin(t) - \frac{4 \sin(t) \cos(t)^3}{C}.$$

Далі необхідно перепозначити $c = \cos(t)$ і $s = \sin(t)$ і скласти рядок

$$WL := \left[\frac{1}{2} c + \frac{6c^2}{C} - \frac{3}{2C} - \frac{4c^4}{C} - \frac{1}{2} s - \frac{4s^3}{C} - \frac{1}{2} s - \frac{4s^3}{C} - y, c^2 + s^2 - 1 \right] \quad (6)$$

До рядка (6) слід застосувати оператор Гробнера

$$GB := \text{Basis}(WL, \text{plex}(c, s, x, y)); \quad (7)$$

в результаті чого будуть обчислені декілька виразів, серед яких буде і опис кривої постійної ширини. Тобто одержимо залежний від константи інтегрування C поліном, який входить до неявного рівняння кривої постійної ширини:

$$729 + (-27648C^5 + 6912C^7) x^4 - 10240C^7 y^4 x^3 + 1024C^8 x^2 y^6 + (-192C^8 - 17664C^6) x^4 y^2 + (43776C^6 - 192C^8) x^2 y^4 - 6144C^7 y^6 x - 2048C^7 x^5 y^2 + 1024C^8 x^6 y^2 + (-16416C^6 + 8640C^4) x^2 y^2 + (4608C^7 - 18432C^5) x^3 y^2 \quad (8)$$

$$+ 1536C^8 x^4 y^4 + (-8640C^5 + 432C^7 - 3456C^3) x^3 + (25920C^5 + 10368C^3 - 1296C^7) y^2 x + (-2304C^7 + 9216C^5) x^5 + (4860C^6 - 3888C^2 - 972C^4) y^2 + (4860C^6 - 3888C^2 - 972C^4) x^2 + (-8208C^6 + 4320C^4) y^4 + (2304C^6 - 64C^8) y^6 + (-8208C^6 + 4320C^4) x^4 + 256C^8 y^8 + 2048C^7 x^7 + 256C^8 x^8 + (-64C^8 + 6400C^6) x^6 - 2187C^2 + 2187C^4 - 729C^6$$

Позначимо поліном (8) як $F(x, y)$ і виконаємо його «нормування»:

$$f(x, y) = \frac{F(x, y)}{F(0, 0)}. \quad (9)$$

Таким чином, залежне від параметра C , неявно-поліноміальне рівняння кривої постійної ширини при $N = 2$ і $d = 1$ має вигляд:

$$f := (729 + (-27648C^5 + 6912C^7) x y^4 - 10240C^7 y^4 x^3 + 1024C^8 x^2 y^6 + (-192C^8 - 17664C^6) x^4 y^2 + (43776C^6 - 192C^8) x^2 y^4 - 6144C^7 y^6 x - 2048C^7 x^5 y^2 + 1024C^8 x^6 y^2 + (-16416C^6 + 8640C^4) x^2 y^2 + (4608C^7 - 18432C^5) x^3 y^2 \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
& + 1536 C^8 x^4 y^4 + (-8640 C^5 + 432 C^7 - 3456 C^3) x^3 \\
& + (25920 C^5 + 10368 C^3 - 1296 C^7) y^2 x + (-2304 C^7 + 9216 C^5) x^5 \\
& + (4860 C^6 - 3888 C^2 - 972 C^4) y^2 + (4860 C^6 - 3888 C^2 - 972 C^4) x^2 \\
& + (-8208 C^6 + 4320 C^4) y^4 + (2304 C^6 - 64 C^8) y^6 \\
& + (-8208 C^6 + 4320 C^4) x^4 + 256 C^8 y^8 + 2048 C^7 x^7 + 256 C^8 x^8 \\
& + (-64 C^8 + 6400 C^6) x^6 - 2187 C^2 + 2187 C^4 - 729 C^6) / (\\
& 729 - 2187 C^2 + 2187 C^4 - 729 C^6)
\end{aligned}$$

Наприклад, при $C = 2$ одержимо неявно-поліноміальне рівняння. Відповідні графіки функції наведено на рис. 1 і 2.

$$\begin{aligned}
f := & 1 + \frac{11264}{243} x^2 y^2 - \frac{131072}{6561} x^6 - \frac{128}{9} y^2 - \frac{262144}{19683} x^7 - \frac{128}{9} x^2 - \frac{1024}{27} y^2 x \\
& - \frac{131072}{19683} y^6 - \frac{65536}{19683} y^8 + \frac{5632}{243} y^4 - \frac{65536}{19683} x^8 + \frac{5632}{243} x^4 + \frac{131072}{2187} x^4 y^2 \\
& + \frac{262144}{6561} y^6 x - \frac{917504}{6561} x^2 y^4 + \frac{262144}{19683} x^5 y^2 - \frac{262144}{19683} x^2 y^6 \\
& - \frac{131072}{6561} x^4 y^4 - \frac{262144}{19683} x^6 y^2 + \frac{1310720}{19683} y^4 x^3 + \frac{1024}{81} x^3
\end{aligned} \quad (11)$$

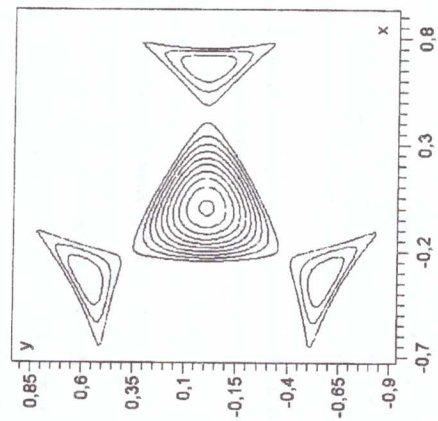
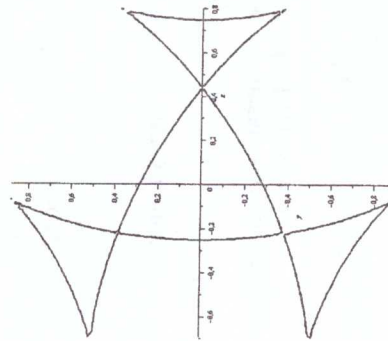


Рис. 1. Графіки функції з неявно-поліноміальним рівнянням кривої постійної ширини при $C = 2$

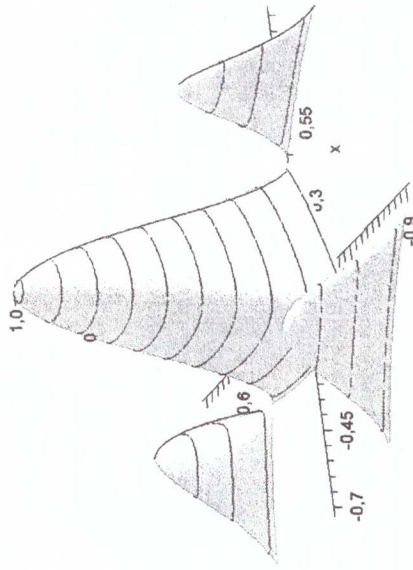


Рис. 2. Аксонометрія графіка функції (11) кривої постійної ширини при $C = 2$

Одержане неявно-поліноміальне рівняння (3.8) дозволяє здійснити параметризацію опису кривої постійної ширини в раціонально-поліноміальному вигляді. Спосіб базується на використанні в середовищі математичного процесора Maple оператора

$$\text{parametrization}(f, x, y, t). \quad (12)$$

з бібліотеки `algcurves` пакету Maple.

Наприклад, опис кривої постійної ширини з параметризацією (11) можна представити в раціонально-поліноміальному вигляді:

$$\begin{aligned}
x = & -\frac{t^8 - 256 t^6 + 23040 t^4 - 98304 t^2 - 196608}{4(t^8 + 64 t^6 + 1536 t^4 + 16384 t^2 + 65536)}; \\
y = & -\frac{4t(-12288 + 3840 t^2 - 144 t^4 + 5 t^6)}{t^8 + 64 t^6 + 1536 t^4 + 16384 t^2 + 65536}
\end{aligned} \quad (13)$$

Розглянемо криву постійної ширини при $C = 8$; в цьому випадку маємо рівняння трикутника Релло. З формули (2) при $N = 2$ і $C = 8$ можна визначити опорну функцію у вигляді $h = \frac{d}{2} \left(1 + \frac{1}{8} \cos 3t \right)$. Тоді з врахуванням (3) опис трикутника Релло має вигляд:

$$x = \frac{d}{2} \left(\cos t + \frac{1}{2} \cos^4 t - \frac{3}{8} + \frac{3}{2} \sin^2 t \cos^2 t \right);$$

$$y = \frac{d}{2} \sin t (1 - \cos^3 t). \quad (14)$$

З параметричного опису (14) трикутника Релло можна одержати його опис в поліноміальному вигляді. Для цього при $d = 1$ необхідно виконати перепозначення $c = \cos(t)$ і $s = \sin(t)$ і скласти рядок

$$WL := \left[\frac{1}{2}c + \frac{1}{4}c^4 + \frac{3}{4}s^2c^2 - \frac{3}{16} - x, \frac{1}{2}s - \frac{1}{2}s^3 - y, c^2 + s^2 - 1 \right]. \quad (15)$$

До строки (15) слід застосувати оператор Гробнера [10 - 12] в результаті чого будуть обчислені вирази, серед яких буде і опис трикутника Релло:

$$F := 3.313395057 x^6 + 49.70092586 y^2 x^3 + 23.56192041 x^8 - 24.85046293 x^5 + 94.24768162 x^6 y^2 - 1. - 43.07413574 x^4 y^2 - 23.56192041 x^5 y^2 + 23.56192041 x^7 + 141.3715224 y^4 x^4 + 94.24768162 y^6 x^2 + 45.28306578 x^2 y^4 + 23.56192041 y^8 - 70.68576122 x y^6 - 117.8096020 y^4 x^3 + 74.55138878 x y^4 - 23.41379554 x^2 y^2 - 10.22169432 x y^2 - 2.577085044 y^6 - 11.70689777 x^4 + 6.965986395 x^2 + 6.965986395 y^2 - 11.70689777 y^4 + 3.407231440 x^3$$

або

$$f := 1 + \frac{17563648}{750141} x^2 y^2 - \frac{67108864}{20253807} x^6 - \frac{1024}{147} y^2 - \frac{4294967296}{182284263} x^7 - \frac{1024}{147} x^2 + \frac{851968}{83349} y^2 x - \frac{335544320}{6751269} x^3 y^2 - \frac{167772160}{2250423} x y^4 + \frac{167772160}{6751269} x^5 y^2 + \frac{67108864}{26040609} y^6 - \frac{4294967296}{182284263} y^8 + \frac{8781824}{750141} y^4 - \frac{4294967296}{182284263} x^8 + \frac{8781824}{750141} x^4 + \frac{872415232}{20253807} x^2 y^2 + \frac{4294967296}{60761421} y^6 x - \frac{2751463424}{60761421} x^2 y^4 + \frac{4294967296}{182284263} x^2 y^2 - \frac{17179869184}{182284263} x^2 y^6 - \frac{8589934592}{60761421} x^4 y^4 - \frac{17179869184}{182284263} x^6 y^2 + \frac{21474836480}{182284263} y^4 x^3 - \frac{851968}{250047} x^3 y^8$$

На рис. 3 наведено графік функції $z = f(x, y)$ із виразу (16) і вигляд трикутника Релло, описаного рівнянням $f(x, y) = 0$.

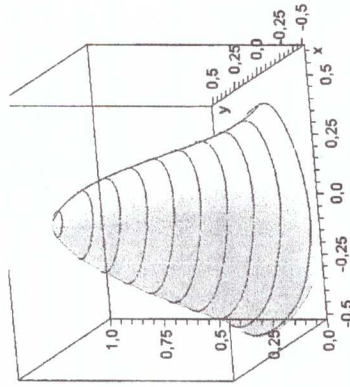


Рис. 3. Графік функції $z = f(x, y)$ (ліворуч) і трикутник Релло, описаний рівнянням $f(x, y) = 0$ з лініями рівня функції $f(x, y)$.

Опис трикутника Релло за допомогою параметричних раціонально-поліноміальних виразів матиме вигляд:

$$x = -\frac{7t^8 - 256t^6 + 368640t^4 - 9437184t^2 - 150994944}{16(t^8 + 256t^6 + 24576t^4 + 1048576t^2 + 16777216)} \quad (17)$$

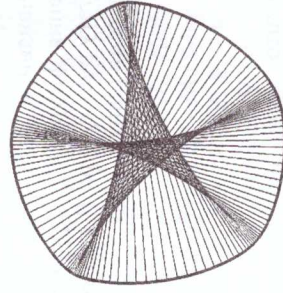
$$y = -\frac{16t^3(12288 + t^4)}{t^8 + 256t^6 + 24576t^4 + 1048576t^2 + 16777216}$$

Аналогічно можна описати і криві постійної ширини для $N > 2$. Наприклад, при $C = 64$ і $d = 1$ крива постійної ширини має вигляд, зображений на рис. 4.

Функція, що входить до неявно-поліноміального рівняння цієї кривої, має вигляд:

Рис. 4. Крива постійної ширини при $N=3$

$$F := -0.28222685275 x - 1152.132595 x^7 y^2 + 1666.439726 x^8 y^4 + 48.67968960 x^4 y^4 + 27.77399544 x^5 y^6 + 3.465675434 x y^2 - 250.3922728 x^2 y^6 + 263.8529567 x^9 y^2 - 673.5193894 x^3 y^8 - 1834.129631 x^5 y^4 + 822.4638817 x y^8 + 162.6297624 y^8 x^2$$



$$\begin{aligned}
& + 652.6888927 x^7 y^4 + 193.3670428 x^2 y^4 + 70.35717204 y^4 x^6 \\
& + 666.5758906 y^{10} x^2 + 36.40777444 x y^4 - 368.5085887 x y^6 \\
& - 110.0549082 x^3 y^2 - 840.3261003 y^6 x^4 + 678.9236275 x^5 y^2 \\
& + 101.1390436 x^4 y^2 - 72.87170353 x^2 y^2 - 347.1749430 y^{10} x \\
& + 1666.439726 y^8 x^4 + 2221.919635 x^6 y^6 + 666.5758906 y^2 x^{10} \\
& - 12.62008147 x^6 y^2 + 338.4294570 y^6 x^3 - 201.0902365 x^8 y^2 \\
& + 339.8653460 x^3 y^4 - 68.25672964 x^7 + 8.454540796 x^5 \\
& + 11.69464152 y^2 + 1.329765806 x^3 + 9.194141560 x^2 + 37.534344466 x^6 \\
& + 93.89344293 y^6 - 34.71749430 x^{11} - 14.42945857 y^{10} \\
& - 71.19519194 y^8 - 20.46423618 x^8 + 114.2948056 x^9 \\
& + 111.0959818 y^{12} - 28.46890569 x^4 - 50.00355028 y^4 \\
& - 23.38006257 x^{10} + 111.0959818 x^{12} - 1.000000000
\end{aligned} \tag{18}$$

Наведемо деякі пояснення щодо переваг опису кривих у неявно-поліноміальному вигляді $F(X, Y) = 0$.

Нехай у системі координат OXY маємо рівняння $F(X, Y) = 0$ контуру фігури W , що рухається по площині oxy відповідно до закону, описаного рівняннями $X = X(x, y, C)$; $Y = Y(x, y, C)$. Тоді вираз

$$f(x, y, C) \equiv F(X(x, y, C), Y(x, y, C)) = 0 \tag{19}$$

буде рівнянням сім'ї фігур $\{W\}$, елементи якого складають миттєві положення фігури W у процесі її руху. Для визначення обвідної як результату руху фігури W по площині, необхідно виключити параметр C із системи рівнянь виду

$$f(x, y, C) = 0; \quad \frac{\partial f(x, y, C)}{\partial C} = 0. \tag{20}$$

Тобто необхідно знаходити похідну від функції $f(x, y, C)$, побудованої на основі рівняння $F(X, Y) = 0$. А похідну найпростіше буде обчислювати тоді, коли функція $f(x, y, C)$ матиме поліноміальний характер. Але на практиці функція $f(x, y, C)$ не є поліноміальною, адже до рівнянь $X = X(x, y, C)$; $Y = Y(x, y, C)$, як правило, входять тригонометричні функції \sin і \cos .

Висновки. Застосування базисів Гробнера дозволяє описувати криві постійної ширини за допомогою рівнянь у неявному вигляді з поліноміальними функціями, що дозволить їх використовувати для опису профілювання за допомогою обвідних параметричних сімей.

Список літератури

1. Костромин Ф.П. Сверление многоугольных отверстий. - М.: Машгиз. 1941. - 60 с. 2. Сухомлинов Р. М. Трохоидные роторные компрессоры. - Харьков: ХГУ- «Вища школа», 1975, 152 с.
3. Суліма В.В. Розрахунок насадок-роздільників шнекового преса для віджимання олії // Труды / Таврическая государственная аграрная академия. - вып. 2, том 13. - Мелитополь: ТТАГА, 1999 - С. 64 -70.
4. Радемахер Г., Теплиц О., Числа и фигуры, сер. «Библиотека математического кружка», вып. 10, М., изд-во «Наука», 1966. - 88 с.
5. Куценко Л.М. Лісняк А.А. Геометричне моделювання кривих постійної ширини // Геометричне та комп'ютерне моделювання - Харків: ХДУХТ, 2008. - Вип.21. - С. 3-10. 6. Куценко Л.М., Росоха С.В., Суліма В.В. Геометрическое моделирование и некоторые приложения обкатки треугольником Релло // Проблемы машиностроения. 2001. Т. 4, № 3-4. С. 85-94. 7. Лісняк А.А. Трикутник Релло як фігура постійної ширини та його можливі використання // Геометричне та комп'ютерне моделювання - Харків: ХДУХТ, 2006. - Вип.14. - С. 180-187. 8. Лісняк А.А. Опис трикутника Релло рівнянням у неявному вигляді за допомогою тримісної R-кон'юнкції // Прикладна геометрія та інженерна графіка - Київ: КНУБА, 2004. - Вип. 74.-С. 260-267. 9. Лісняк А.А. Геометричне моделювання дій механічних пристроїв на основі властивостей трикутника Релло: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.01.01/Таврійська державна агротехнологічна академія. - Мелітополь, 2008. -20 с. 10. Говорухин В.Н., Цибулин В.Г. Введение в Maple (математический пакет для всех). - М.: Мир, 1997. - 208 с. 11. Дьяконов В.П. Математическая система MAPLE V R3/R4/R5/. - М.: Солтон, 1998. - 400 с. 12. Манзон Б.М. MAPLE V Power Edition. - М.: Издат. дом "Филинь", 1998. - 240 с. 13. Besicovitch A.S. Measure of asymmetry of convex curves. II: Curves of constant width, J. London Math. Soc. 26 (1951), p. 81-93. 14. Eggleston H. G. Measure of asymmetry of convex curves of constant width and restricted radii of curvature, Quart. J. Math. 3 (1952) p. 63-72

Отримано 18.03.2011, ХДУХТ, м. Харків.

© Д.В.Кукуруза, А.А.Лісняк, А.А.Коваленко, 2011.

Зміст

Кущенко Л.М., Адашевський О.В. Дослідження гравітаційного більярда при наявності перескоку на сусідню півплощину.....	3	Челомбітько В.Ф., Ткаченко В.П. Побудова орнаментів з елементами симетрії відносно точки з використанням R-функцій.....	99
Бойко А.П., Бондаренко О.В. Геометричне моделювання суднової поверхні.....	13	Торянік В.В., Глібоко О.А., Максимовна М.А. Розробка схем алгоритмів стискання растрових зображень.....	104
Пилипака С.Ф., Несвідомін А.В. MARLE-модель руху частинки по шорсткій внутрішній поверхні вертикального циліндра.....	19	Федченко А.В., Чермних И.А. Построение и визуализация моделей в курсе «Геометрическое моделирование».....	110
Хомченко А.Н., Литвиненко Е.И., Астионенко И.А. Конечный элемент изгибаемой пластины: модель Биркгофа – Гарабедиана.....	25	Шейник С.П., Рудакова А.В. Методы визуализации аппроксимирующих моделей на основе облочечек для территориально распределенных объектов.....	116
Пилипака С.Ф., Бойко Л.С. Апроксимация гвинтового коноида смугами торсів вздовж просторових кривих на його поверхні.....	32	Сущевський Д.В. Підвищення точності ідентифікації будівель на цифрових проєкційних зображеннях на основі геометричної декомпозиції об'єктів.....	123
Борисенко В.Д., Котляр Д.В. Апроксимация профілю лопатки осевої турбіни кривою Безье.....	39	Мирошниченко М.Ю. Определение оптимального смешения цветových охватов в задачах визуализации трёхмерных моделей рельефа.....	131
Несвідомін В.М., Бабка В.М., Муквич М.М. Конструювання трубочастої поверхні, віднесеної до ліній кривини, як множини кіл кривини гвинтової лінії.....	45	Савченко Л.М., Воронцова Д.В., Рожченко З.М. Застосування функціональних кривих для створення та редагування комп'ютерної анімації.....	138
Хомченко А.Н., Мотайло А.П. Вероятностно-геометрическое конструирование базиса октаэдра.....	51	Маловик І.В., Соколов Д.Л. Можливі схемні реалізації епітрохідних і гіпотрохідних ротаційних компресорів.....	142
Устенко С.А. Побудова перехідної лінії в плоскому перерізі лопатки осевого компресора.....	57	Золотова А.В., Ахматшина О.І. Формування дискретного каркасу складеної поверхні при рівномірному розподіленні зовнішнього формоутворюючого навантаження.....	149
Грищенко І.Ю. До визначення оптимальної інтерполяції точкового ряду графіками гіперболічного секанса.....	62	Попова А.М. Моделі економічних циклів на основі диференціальних рівнянь другого порядку.....	155
Середа І.В., Сукачов І.І., Грицина Н.І. Побудова розгортки засобами конструкторської системи КОМПАС.....	67	Сінько І.С., Савельєва О.В., Корнєщук І.Г. Моделювання фрактальних об'єктів інтер'єру.....	163
Краснокутський А.М., Савченко Л.М., Шевченко М.М. Перспективи використання схеми фрикційної штамповки - вигляди при изготовлении крупногабаритных деталей.....	71	Колочавін Р.М. Побудова поверхонь Кунса засобами математичного пакету MAPLE..	168
Кукуруза Д.В., Лісник А.А., Коваленко А.А. Опис кривих постійної ширини рівнянням у неявно-поліноміальному вигляді.....	77	Тютюнников С.В. Опис дискретної відбивальної поверхні оптичного концентратора циліндричної форми.....	176
Легета Я.П., Соколов Д.Л. Технологія формування глухих некруглих отворів на базі планетарного механізму.....	86	Тормосов Ю.М., Сафуліна К.Р., Нечипоренко И.В., Саєнко С.Ю. Компьютерная графика и моделирование в подготовке специалистов пищевой индустрии.....	182
Рожченко З.М., Савченко Л.М. Построение перспективы офисного интерьера.....	94	Запорожченко В.С., Куленко О.В., Павленко І.В., Запорожченко А.В. Деякі аспекти вирішення проблеми графічної підготовки студентів ...	186

Саїгов В.І., Савельєва О.В., Сінько І.С., Красіля О.С.
Тривимірне моделювання ювелірних виробів у системі ARTCAM
JEWELSMITH.....

194

Зміст.....

200

Наукове фахове видання

Геометричне та комп'ютерне моделювання

Збірник наукових праць

Випуск 28

Відповідальний за випуск: Ю.М.Тормосов
Редактори: Ю.М.Тормосов
К.Р. Сафуліна
Комп'ютерна верстка: К.Р. Сафуліної

Тем. план 2011 р.
Підп. до друку 30.03.2011 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсет.
Обл.-вид.арк. 12,6 Умов.-друку.арк 11,2. Тираж 300 прим. Зам. № 189

Видавець і виготовлювач

Харківський державний університет харчування та торгівлі
Вул. Ключківська, 333, Харків, 61051.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2319 від 19.10.2005 р.