

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 514.18

МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ КВАЗІГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ НА БАЗІ
ПАРАМЕТРИЧНОГО КІНЕМАТИЧНОГО ГВИНТА

Н. П. Ісмаїлова

В роботі пропонується моделювання квазігвинтових поверхонь на базі математичного обґрунтування кругового перетворення координат параметрично заданої поверхні як параметричного кінематичного гвинта.

Створена комп'ютерна модель параметричного кінематичного гвинта для формування спряжених квазігвинтових поверхонь необхідної форми, а також вирішує проблеми підвищення точності профілювання і підвищення продуктивності конструкторських робіт в машинобудуванні та будівництві.

Ключові слова: кінематичний гвинт, діаграма, поверхні, моделювання, профілювання.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ КВАЗИВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА БАЗЕ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВИНТА

Н. П. Исмаилова

В работе предлагается моделирование квазивинтовых поверхностей на базе математического обоснования кругового преобразования координат параметрически заданной поверхности пространственного параметрического кинематического винта.

Создана компьютерная модель параметрического кинематического винта для формирования сопряженных квазигвинтовых поверхностей необходимой формы, а также решает проблемы повышения точности профилирования и повышение производительности конструкторских работ в машиностроении и строительстве.

Ключевые слова: кинематический винт, диаграмма, поверхности, моделирование, профилирование.

MODELING CONJUGATE KVAZIVINTOVYH SURFACES ON THE BASIS OF
PARAMETRIC KINEMATIC SCREW

N. Ismailova

The paper proposes a modeling kvazivintovyh surfaces based mathematical foundation of circular coordinate transformation surface specified parametrically parametric spatial kinematic screw.

Computer model parametric kinematic screw to form conjugated quasi-helical surfaces required form and solve the problem of profiling to improve the accuracy and increase productivity in engineering design work and construction.

Keywords: kinematic screw, chart, surface, modeling, profiling.

Вступ. При конструюванні технічних спряжених квазігвинтових поверхонь зачеплення в машинобудуванні, в деяких випадках практично неможливо досягти визначення потрібних параметрів цих поверхонь.

При аналізі було встановлено, що для вирішення завдань формування спряжених квазігвинтових поверхонь зачеплення, існуючі способи виявилися складними і не економічними. Деякі з них всеж застосовуються, але при моделюванні квазігвинтових поверхонь зачеплення потрібна наочна реальна картина зміни моделей зачеплення безпосередньо на діаграмі гвинта.

Постановка задачі, визначальні співвідношення. Для вирішення цієї задачі в даній роботі запропоновано розширити можливості параметричного кінематичного гвинта.

Параметричний кінематичний гвинт – це просторове зображення трьох гвинтових рухів, з яких два є гвинтовими, а третє – результуючим [1]. С допомогою кінематичного гвинта

визначаються наступні параметри:

- AB – відстань між мимобіжними осями i і j (на рис.1 $AB=226,64$ мм, задано вручну);
- a – відстань між мимобіжними осями i і m (на рис.1 $a=AK=119,012$ мм, отримано автоматично);
- b – відстань між мимобіжними осями j і m (на рис.1 $b=BK=107,628$ мм, отримано автоматично);
- f – передавальне відношення ($f=a/b$);
- γ – кут між осями i і j (на рис.1 $\gamma=121^\circ$, задано вручну);
- α – кут між осями i і m (на рис.1 $\alpha=54,53^\circ$, отримано автоматично);
- β – кут між осями j і m (на рис.1 $\beta=66,47^\circ$, отримано автоматично);
- h_1 – крок гелікоїда Σ_A (на рис.1 $h_1=AC=80,93$ мм, задано вручну);
- h_2 – крок гелікоїда Σ_B (на рис.1 $h_2=BD=56,08$ мм, задано вручну);
- h_m – крок гелікоїда Φ (на рис.1 $h_m=KK'=131,927$ мм, отримано автоматично);
- ω_A – швидкість обертання осі i (на рис.1 $\omega_A=54,34$ мм, задано вручну);
- ω_B – швидкість обертання осі j (на рис.1 $\omega_B=58,92$ мм, задано вручну);
- ω_m – швидкість обертання осі m (на рис.1 $\omega_m=55,086$ мм, отримано автоматично).

Таким чином, для формування квазігвинтових поверхонь за допомогою діаграми параметричного кінематичного гвинта в системі Mat LAB досить задати параметри AB, h_1 , h_2 , γ , ω_A і ω_B (рис. 1 розміри цих параметрів зображені без дужок наприклад, (55,086))

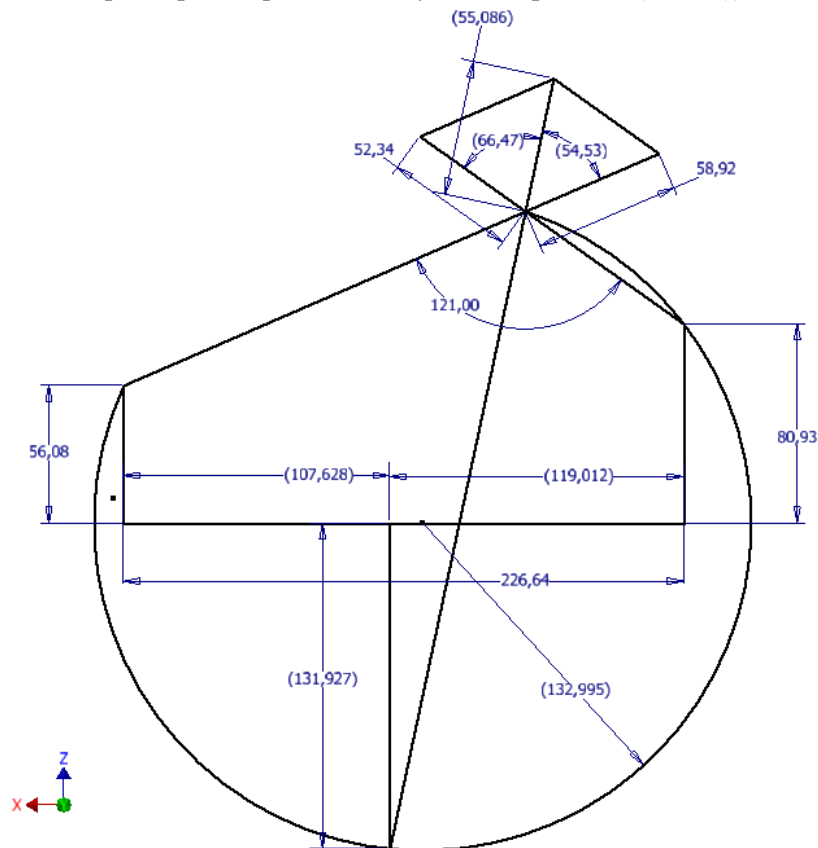


Рисунок 1 – Шаблон діаграми параметричного кінематичного гвинта

При формуванні тривимірної моделі параметричного кінематичного гвинта автоматично створена і відредагована таблиця (рис. 2).

Тривимірна модель параметричного кінематичного гвинта дозволяє змінювати значення потрібних параметрів (рис. 3).

Створена тривимірна модель може бути використана як шаблон, при цьому такі параметри як α , β , ω_m , f , h_m , a , b можуть бути обчислені за формулами, наприклад,

$$\omega_m = \sqrt{\omega_A^2 + \omega_B^2 - 2\omega_A\omega_B \cos(180 - \gamma)}$$

$$\alpha = \arcsin \frac{\omega_A \sin(180 - \gamma)}{\omega_m} = \gamma - \beta$$

$$\beta = \arcsin \frac{\omega_B \sin(180 - \gamma)}{\omega_m} = \gamma - \alpha ;$$

$$a = \frac{AB\omega_A \cos \alpha}{\omega_m}, \text{ если } h_1 = 0, h_2 = 0$$

$$b = \frac{AB\omega_B \cos \beta}{\omega_m}, \text{ если } h_1 = 0, h_2 = 0$$

$$f = \frac{a}{b} ;$$

$$h_m = b \cdot \operatorname{tg} \alpha = a \cdot \operatorname{tg} \beta, \text{ если } h_1 = 0, h_2 = 0$$

при цьому вихідними є наступні параметри: АВ, γ, ω_А, ω_В, h₁ и h₂.

Параметры									
Имя параметра	Единиц	Формула	Номин. зна'	Доп.	Значение в	Клк		Примеча	
- Параметры модели									
AB	мм	226,64 мм	226,640000	<input type="radio"/>	226,640000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
h2	мм	56,08 мм	56,080000	<input type="radio"/>	56,080000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
h1	мм	80,93 мм	80,930000	<input type="radio"/>	80,930000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
gamma	град	121,00 град	121,000000	<input type="radio"/>	121,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
wB	мм	58,920 мм	58,920000	<input type="radio"/>	58,920000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
wA	мм	52,340 мм	52,340000	<input type="radio"/>	52,340000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- Ссылочные параметры									
wM	мм	55,086 мм	55,085553	<input type="radio"/>	55,085553	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
alpha	град	66,47 град	66,467509	<input type="radio"/>	66,467509	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
beta	град	54,53 град	54,532491	<input type="radio"/>	54,532491	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
a	мм	119,012 мм	119,012085	<input type="radio"/>	119,012085	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
b	мм	107,628 мм	107,627915	<input type="radio"/>	107,627915	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
hM	мм	131,927 мм	131,927247	<input type="radio"/>	131,927247	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
R	мм	132,995 мм	132,995199	<input type="radio"/>	132,995199	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- Пользовательские									
po	бр	a / b	1,105773	<input type="radio"/>	1,105773	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Рисунок 2 – Таблица діаграми параметричного кінематичного гвинта

До розробки параметричного кінематичного гвинта програмним способом, ця задача вирішувалася вручну, що вимагає значні труднощі при побудові поверхонь з різними параметрами розглянемо параметричну формулу параболоїда (1) на базі параметричного кінематичного гвинта.

$$\begin{cases} x = a \cdot u \cdot \cos v \\ y = b \cdot u \cdot \sin v \\ z = 0.5 \cdot u^2 \end{cases} \quad (1)$$

де $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$

Розглянемо кругове перетворення поверхні навколо осі Z на кут θ, задається загальною формулою (2).

$$\begin{cases} x' = x \cos \theta - y \sin \theta \\ y' = x \sin \theta + y \cos \theta \\ z' = z \end{cases} \quad (2)$$

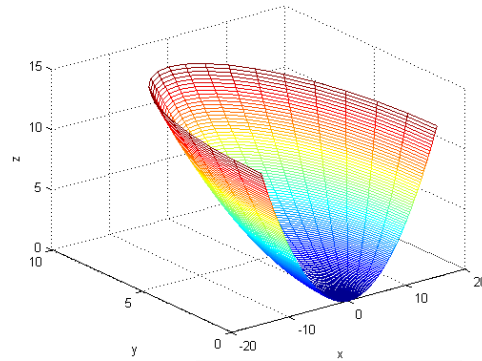


Рисунок 3 – Вихідний параболоїд

Підставивши у формулу (2) параметричні значення з формули (1):

$$\begin{cases} x' = au \cos v \cos \theta - bu \sin v \sin \theta \\ y' = au \cos v \sin \theta + bu \sin v \cos \theta , \\ z' = 0.5u^2 \end{cases} \quad (3)$$

де $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2$

Результат побудови поверхні, заданої формулою (3) з кутом повороту 15, показаний на рис. 4.

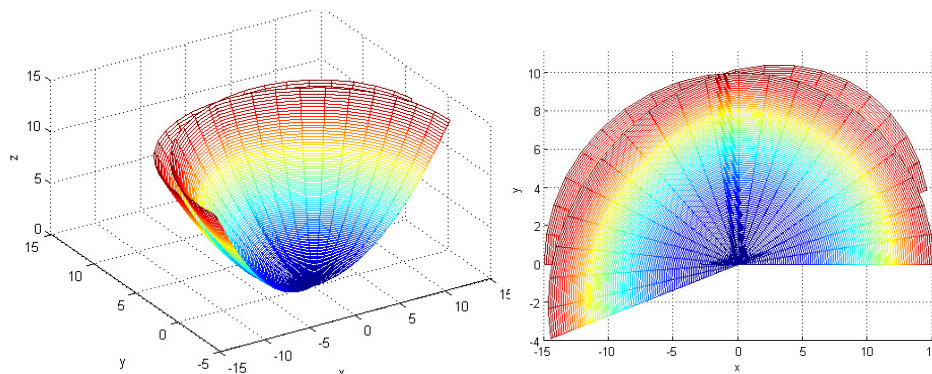


Рисунок 4 – Результат побудови поверхні, заданої формулою (3) з кутом повороту 15

Розглянемо кругове перетворення поверхні навколо вертикальної осі, що проходить через точку $C(x_0, y_0, z_0)$, на кут θ , задається наступними формулами.

У попередньому випадку було розглянуто поворот поверхні щодо точки початку координат $(0, 0, 0)$. Якщо розглядати нову точку повороту $C(x_0, y_0, z_0)$, то вона зсунута відносно початку координат (4) (рис. 5).

$$\begin{cases} x' = x - x_0 \\ y' = y - y_0 \end{cases} \quad (4)$$

Для такої системи поворот відбувається навколо її центру:

$$\begin{cases} X' = x' \cos \theta - y' \sin \theta \\ Y' = x' \sin \theta + y' \cos \theta \end{cases} \quad (5)$$

Перетворимо координати (X', Y') в (X, Y) .

$$(6)$$

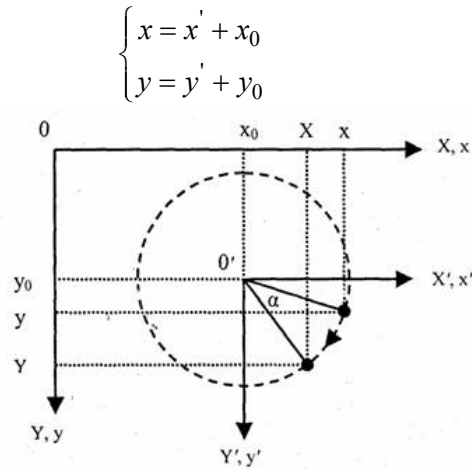


Рисунок 5 – Обертання навколо довільного центру.

Об'єднавши формули(4), (5), (6), отримаємо загальну формулу обертання навколо вертикальної осі, що проходить через задану точку:

$$\begin{cases} x' = (x - x_0) \cos \theta - (y - y_0) \sin \theta + x_0 \\ y' = (x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta + y_0 \\ z' = z \end{cases} \quad (7)$$

Підставивши у формулу (7) параметричні значення з формули (1):

$$\begin{cases} x' = (au \cos v - x_0) \cos \theta - (bu \sin v - y_0) \sin \theta + x_0 \\ y' = (au \cos v - x_0) \sin \theta + (bu \sin v - y_0) \cos \theta + y_0 \\ z' = 0.5u^2 \end{cases} \quad (8)$$

де $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, C(-10, -15, 0)$

Результат побудови поверхні, заданої формулою (8) з кутом повороту 15, наведено на рис. 6.

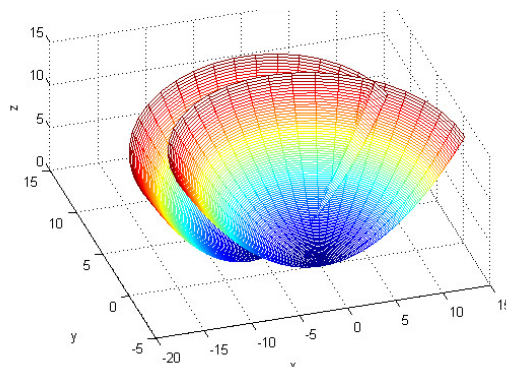


Рисунок 6 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 відносно точки $C(-10, -15, 0)$ навколо вертикальної осі.

Розглянемо випадок, коли криволінійна поверхня розташована на довільному місці просторовій області.

Нехай криволінійна поверхня задана формулою (9):

(9)

$$\begin{cases} x = x_0 + a \cdot u \cdot \cos v \\ y = y_0 + b \cdot u \cdot \sin v, \\ z = z_0 + 0.5 \cdot u^2 \end{cases}$$

де $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, x_0 = -25, y_0 = 15, z_0 = -1$

Здійснивши поворот навколо осі Z по формулі (10) отримаємо результат, наведений на рис. 7.

$$\begin{cases} x' = (x_0 + au \cos v) \cos \theta - (y_0 + bu \sin v) \sin \theta \\ y' = (x_0 + au \cos v) \sin \theta + (y_0 + bu \sin v) \cos \theta, \\ z' = z_0 + 0.5u^2 \end{cases}, \quad (10)$$

де $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, x_0 = -25, y_0 = 15, z_0 = -10$

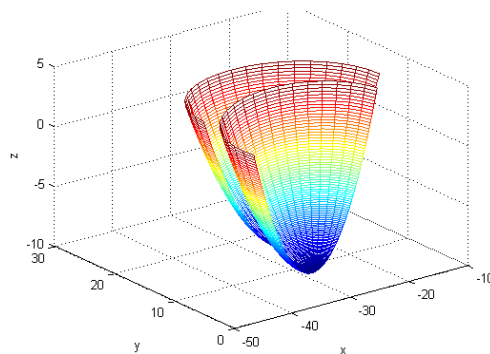


Рисунок 7 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 щодо осі Z

Розглянемо випадок, коли криволінійна поверхня розташована на довільному місці просторової області і обертається навколо власної осі обертання.

Нехай криволінійна поверхня задана формулою (9).

Здійснивши поворот навколо осі вертикальної осі, що проходить через точку $C(x_0, y_0, z_0)$ за формулою (11) отримаємо результат, наведений на рис. 8.

$$\begin{cases} x' = (x - x_0) \cos \theta - (y - y_0) \sin \theta + x_0 \\ y' = (x - x_0) \sin \theta + (y - y_0) \cos \theta + y_0, \\ z' = z \end{cases}, \quad (11)$$

де $0 \leq u \leq 5, 0 \leq v \leq \pi, a = 3, b = 2, x_0 = -25, y_0 = 15, z_0 = -10$

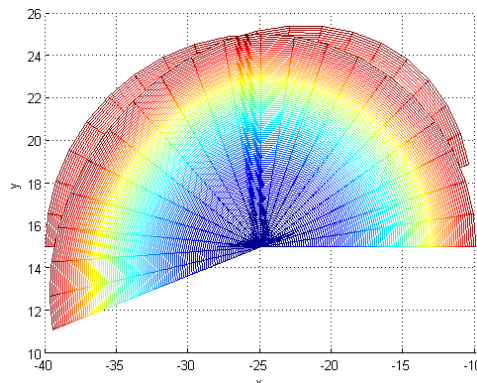


Рисунок 8 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 відносно власної осі

Вихідна криволінійна поверхня, задана рівнянням (9), і повернена навколо осі Z поверхня, задана рівнянням (11) перетинаються між собою.

На рис. 9 представлений результат повороту криволінійної поверхні на кут 15 навколо криволінійної осі.

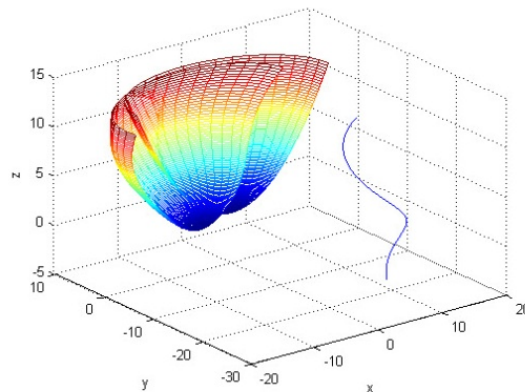


Рисунок 9 – Вихідний параболоїд і параболоїд, повернений на 15 навколо осі криволінійної поверхні

Таким, чином, використання параметричного кінематичного гвинта, дозволить здійснити поворот точок з координатами (Xp, Yp, Zp) навколо відповідні точки перетину криволінійної осі з горизонтальною площиною, що проходить через відповідні координати $(0, 0, Zp)$.

У цьому випадку не потрібно визначати мінімальне і максимальне значення координати Z криволінійної поверхні.

Висновки

- Створена комп'ютерна модель параметричного кінематичного гвинта для формування спряжених квазігвинтових поверхонь необхідної форми, а також вирішує проблеми підвищення точності профілювання і підвищення продуктивності конструкторських робіт в машинобудуванні.

Використана література

1. Подкорытов А. Н. Кинематический метод образования сопряженных винтовых нелинейчатых поверхностей с применением диаграммы винта / А. Н. Подкорытов // С.б.: Вопросы прикладной геометрии. Изд. МАИ, – М., 1965. – С. 36-46.
2. Ісмаїлова Н. П. Спряжені поверхні із точковим контактом // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці. – Таврійська державна агротехнічна академія – Вип. 4 т. 35. – Мелітополь, 2007. – С.156-159.

Ісмаїлова Неллі Петрівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри водовідведення і гідравліки, Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Исмаилова Нелли Петровна – к.т.н., доцент, доцент кафедри водоотведения и гидравлики, Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Ismailova Nelli – candidate of technical sciences associate professor, department of Sanitation and Hudraulics, Odessa State Academu of Civil Engineering and architecture.