

УДК 621.91.011.+515.2:18.62

## **ЗАГАЛЬНИЙ ІТЕРАЦІЙНИЙ МЕТОД ВИКЛЮЧЕННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ СПРЯЖЕНИХ КВАЗІГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ**

Подкоритов А.М., д.т.н.,

*Мелітопольський державний педагогічний університет*

*ім. Богдана Хмельницького (Україна)*

Ісмаїлова Н.П., к.т.н.

*Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна)*

*В роботі розглянута аналітична модель формування спряжених квазігвинтових поверхонь. Змодельовані основні технічні параметри: перетворення вихідної квазігвинтової поверхні; профіль гвинтової криволінійної поверхні в перерізі, перпендикулярної осі обертання; визначені умови при якому центр кривизни в доцільній точці певної ділянки знаходиться поза центроїди, а також виникнення інтерференції при профілювання спряжених квазігвинтових поверхонь.*

*Ключові слова: ітераційний метод, інтерференція, спряжені квазігвинтові поверхні.*

**Постановка проблеми.** Формування спряжених квазігвинтових поверхонь нерозривно пов'язане з усіма галузями промисловості і видами виробництва: машинобудуванням, авіаційної та верстатобудівної інструментальної галузями.

При проектуванні багатозахідних черв'ячних фрез з кутом підйому понад  $6^\circ$  виходять похибки, які значно перевищують допуски на виготовлення спряжених квазігвинтових поверхонь. Тому розробка ітераційного методу проектування точних, високопродуктивних багатозахідних черв'ячних фрез з великим кутом підйому є досить актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні десятиліття в машинобудуванні, верстатобудівної промисловості почали широко застосовувати вироби які мають складний криволінійний профіль, криволінійну вісь і змінний крок.

При виготовленні багатозахідних черв'ячних фрез особлива увага має приділятися технологічності виробів, які варто обробляти найбільш продуктивним інструментом. Створення методів дослідження інтерференції спряжених квазігвинтових поверхонь не тільки вдосконалює технологію виготовлення, підвищує

продуктивність, але і дозволяє поліпшити якість оброблюваних виробів.

При розробках методу формування спряжених квазігвинтових поверхонь, передбачалося, що інтерференція не присутня при контакті даних поверхонь.

Завдання, пов'язані з інтерференцією, виникли з практики і вирішення їх має велику практичну цінність.

**Формулювання цілей статті.** Підвищити продуктивність розрахунково-графічних робіт та автоматизувати процес проектування спряжених квазігвинтових поверхонь стосовно багатозахідних черв'ячних фрез.

Необхідно розробити автоматизований метод формування спряжених квазігвинтових поверхонь багатозахідних черв'ячних фрез виключаючих інтерференцію. Виняток інтерференції на стадії проектування багатозахідних черв'ячних фрез, стосовно для виготовлення деталей в машинобудуванні.

**Основна частина.** Нехай профіль квазігвинтової поверхні в перерізі, перпендикулярному її осі обертання, заданий в рухомій системі координат  $X_1 Y_1$  наступним чином (1).

$$X_1 \begin{cases} f_1(\varphi), \text{ если } \varphi \in [\varphi_0, \varphi_1] \\ f_2(\varphi), \text{ если } \varphi \in [\varphi_1, \varphi_2] \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ f_k(\varphi), \text{ если } \varphi \in [\varphi_{k-1}, \varphi_k] \end{cases} Y_1 \begin{cases} g(\varphi), \text{ если } \varphi \in [\varphi_0, \varphi_1] \\ g_2(\varphi), \text{ если } \varphi \in [\varphi_1, \varphi_2] \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ g_k(\varphi), \text{ если } \varphi \in [\varphi_{k-1}, \varphi_k] \end{cases}, \quad (1)$$

де  $X_1 = f_1(\varphi)$ ;  $Y_1 = g_1(\varphi)$  – параметричне рівняння закономірній ділянці  $AB$  з параметром криволінійного профілю  $\ell$ ;

$[\varphi_0, \varphi_1]$  – межі зміни параметра  $\ell$  на ділянці  $AB$ .

Нехай також для криволінійного профілю  $\ell$  виконані наступні умови:

– умова безперервності:

$$f_i(\varphi_i) = f_{i+1}(\varphi_i); \quad g_i(\varphi_i) = g_{i+1}(\varphi_i); \quad i = 1, 2, \dots, k - 1; \quad (2)$$

– умова гладкості першого порядку:

$$\frac{g'_i(\varphi_i)}{f'_i(\varphi_i)} = \frac{g'_{i+1}(\varphi_i)}{f'_{i+1}(\varphi_i)}; \quad i = 1, 2, \dots, k - 1; \quad (3)$$

– у проміжку між профілем  $\ell$  і центр ваги  $m$  не відбувається перетину нормалей до профілю  $\ell$  між собою.

Визначимо умову, при якому центр кривизни в довільній точці  $P$  ділянки  $AB$  знаходиться поза центроїди  $m$ , тобто

$$O_1O^1 \geq r.$$

Формули переходу від рухомої системи координат  $X_1Y_1$  до нерухомої системи  $XY$  мають вигляд:

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \alpha + x_1 \cdot \cos\alpha + y_1 \cdot \sin\alpha; \\ y &= r - x_1 + \sin\alpha + y_1 \cdot \cos\alpha. \end{aligned}$$

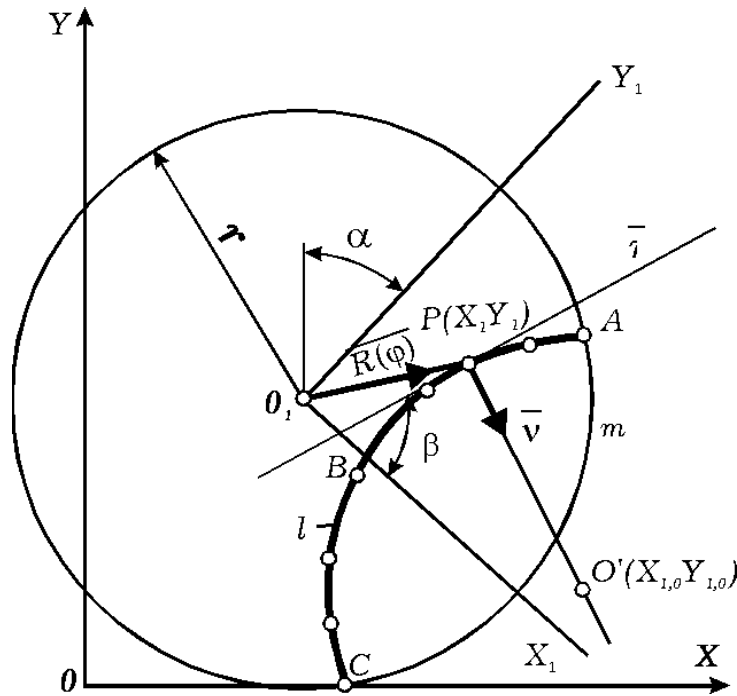


Рис. 1. Профіль квазігвинтової поверхні в перерізі, перпендикулярному осі обертання

Відомо, що радіус кривизни  $\rho$  кривої в довільній точці визначається як

$$\rho = \frac{(x_1' + y_1')^{\frac{3}{2}}}{x_1' \cdot y_1'' - x_1'' \cdot y_1'}$$

Тоді центр кривизни  $O_1$  визначається наступним чином:

$$\overline{O_1O^1} = \overline{R(\varphi)} + \bar{v} \cdot \rho, \quad (4)$$

де  $\overline{R(\varphi)}$  – радіус - вектор точки  $P$  в системі координат  $X_1Y_1$ ;

$\bar{v}$  – одиничний нормальний вектор в точці  $P$ .

Отже,

$$\begin{aligned}x_{1,0} &= x_1 - \rho \cdot \sin \beta; \\y_{1,0} &= x_1 - \rho \cdot \cos \beta;\end{aligned}\quad (5)$$

Кут  $\beta$  визначає положення одиничного дотичного вектора  $\tau$  в системі координат  $X_1Y_1$ , причому

$$\cos \beta = \frac{x_1'}{\sqrt{x_1'^2 + y_1'^2}}; \quad \sin \beta = \frac{y_1'}{\sqrt{x_1'^2 + y_1'^2}}. \quad (6)$$

Після перетворень отримаємо:

$$x_{1,0} = x_1 - \frac{y_1'(x_1'^2 + y_1'^2)}{x_1' \cdot y_1'' - x_1'' \cdot y_1'}; \quad y_{1,0} = xy_1 - \frac{y_1'(x_1'^2 + y_1'^2)}{x_1' \cdot y_1'' - x_1'' \cdot y_1'}. \quad (7)$$

Умова  $O_1O^1 \geq r$  аналітично можна виразити таким чином:

$$x_{1,0}^2 + y_{1,0}^2 \geq r^2. \quad (8)$$

Вирішуючи спільно рівняння (5) і (8), отримаємо:

$$x_1^2 + y_1^2 + \rho^2 + 2\rho (y_1 \cos \beta - x_1 \sin \beta) \geq r^2.$$

Умова виключення інтерференції також визначиться спільним рішенням рівнянь (7) і (8)

$$x_1^2 + y_1^2 + \frac{(x_1'^2 + y_1'^2)^3}{x_1' \cdot y_1'' - x_1'' \cdot y_1'} + 2 \cdot \frac{y_1 \cdot x_1' - x_1 \cdot y_1'}{x_1' \cdot y_1'' - x_1'' \cdot y_1'} \cdot (x_1'^2 + y_1'^2) \geq r^2.$$

Визначення профілю вихідної інструментальної поверхні  $\Sigma_A$ , спряженої із заданою криволінійною поверхнею  $\Sigma_B$ , здійснюється за такою схемою.

Рівняння профілю виробу в нерухомій системі координат  $XU$  при повороті на кут  $\alpha$  мають вигляд:

$$\begin{aligned}x &= r \cdot \alpha + x_i \cos \alpha + y_i \sin \alpha; \\y &= r - x_i \sin \alpha + y_i \cos \alpha;\end{aligned}\quad (9)$$

де  $x_i = f_i(\varphi)$ , якщо  $\varphi \in [\varphi_{i-1}, \varphi_i]$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$ ;  $y_i = g_i(\varphi)$ .

З умови колінеарності дотичного вектора до профілю виробу та інструментальної поверхні в точці дотику

$$\frac{dx}{d\alpha} \cdot \frac{dy}{d\varphi} - \frac{dx}{d\varphi} \cdot \frac{dy}{d\alpha} = 0.$$

Вирішуючи визначник (10), отримаємо рівняння параметрів  $\Sigma_A$  і  $\Sigma_B$

$$\varphi = \bar{h}_i(\alpha), \quad (11)$$

якщо  $\varphi \in [\varphi_{i-1}, \varphi_i]$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$ .

Вирішуючи спільно рівняння (11) і (9), отримаємо рівняння профілю вихідної інструментальної поверхні в нерухомій системі координат  $XU$

$$\begin{aligned} x &= r\alpha + f_i(\bar{h}_i(\alpha)) \cdot \cos \alpha + g_i(\bar{h}_i(\alpha)) \sin \alpha \\ y &= r - f_i(\bar{h}_i(\alpha)) \cdot \sin \alpha + g_i(\bar{h}_i(\alpha)) \cos \alpha \end{aligned} \quad (12)$$

### **Висновки.**

1. Розроблений метод спряжених квазігвинтових поверхонь дозволяє отримувати графоаналітичну модель створення поверхонь стосовно до сучасних технологій.
3. Відкривається шлях до обробки деталей зі складними поверхнями на верстатах з програмним управлінням.
4. З'явилася можливість істотного підвищення точності проектування і виготовлення ріжучого інструменту стосовно багатозахідних черв'ячних фрези.

### **Література**

1. Подкорытов А.Н. Исключение интерференции сопряженных поверхностей зубчатых передач / А.Н. Подкорытов // INTERNATIONAL CONGRES - GEAR TRANSMISSIONS. – Sofia - BULGARIA, 1995. – С.143-145.
2. Podkorutov A.N. The geometry modeling of conjugate curved surfaces excluding interference, scientific basic / A.N. Podkorutov // Proceeding of the eighth international conference on engineering design graphics and descriptive geometry. – Austin, Texas, USA, 1998. – Vol. 2. – pp. 446-449.
3. Ісмаїлова Н.П. Параметричне геометричне моделювання спряжених поверхонь черв'ячних фрез для обробки робочих органів гідравлічних машин [Текст]: дис... к-та техн. наук: 05.01.01 / Н.П. Ісмаїлова. – Одеса, 2009. – 151 с.
4. Ісмаїлова Н.П. Алгоритм утворення кінематичного метода визначення інтерференції спряжених нелінійчатих поверхонь

[Текст] / Н.П. Исмаилова // Пикладна геометрія та інженерна графіка. ОНПУ. – Одеса, 2010.0 – №85. –т.2. – С.271-275.

## ОБЩИЙ ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ИСКЛЮЧЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СОПРЯЖЕННЫХ КВАЗИВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Подкорытов А.Н., Исмаилова Н.П.

*В работе рассмотрена аналитическая модель формирования сопряженных квазивинтовых поверхностей. Смоделированы основные технические параметры: преобразования исходной квазивинтовой поверхности; профиль винтовой криволинейной поверхности в сечении, перпендикулярном оси вращения; определены условия при котором центр кривизны в произвольной точке определенного участка находится вне центроида, а также возникновение интерференции при профилировании сопряженных квазивинтовых поверхностей.*

*Ключевые слова: итерационный метод, интерференция, сопряженные квазивинтовые поверхности.*

## GENERAL METHOD FOR ITERATIVE INTERFERENCE EXCEPTIONS CONNECTED SURFACES KVAZIVINTOVYH

A. Podkorytov, N. Ismailova

*The paper deals with an analytical model of the formation of conjugated quasi screw surfaces. Modeled the main technical parameters: initial conversion quasi screw surface, helical profile of the curved surface in the cross section perpendicular to the axis of rotation. The conditions in which the center of curvature at any point is out of a certain area centroid, as well as the occurrence of interference when profiling conjugate quasi screw surfaces.*

*Keywords: iterative method, interference, coupled quasi helical surface.*