

УДК 621.9.04:621.9.02

О.І. Скібінський, доц., канд. техн. наук, В.І. Гуцул, доц., канд. техн. наук,

А.А. Гнатюк, магістр

Кіровоградський національний технічний університет

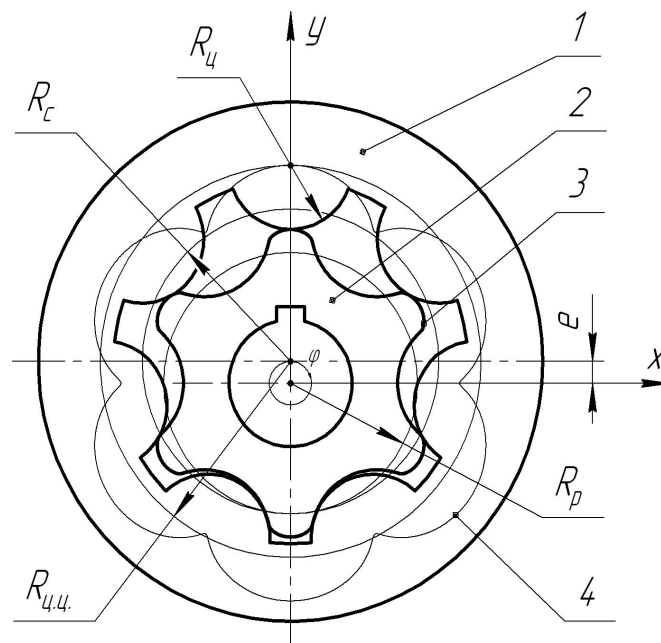
## Дослідження умов існування робочого профілю деталей позацентроїдних епіциклоїдальних цівкових передач внутрішнього зачеплення

В статті приведено основні дослідження умов існування робочих профілів деталей позацентроїдних епіциклоїдальних цівкових передач внутрішнього зачеплення та представлені рекомендації щодо раціонального вибору їх конструктивних параметрів.

**робочий профіль, еквідистанта, мінімальний радіус кривизни, епіциклоїда, вироджені ділянки**

При проектуванні деталей позацентроїдних епіциклоїдальних цівкових передач внутрішнього зачеплення, особлива увага приділяється раціональному вибору їх конструктивних параметрів. Для визначення раціональних конструктивних параметрів епіциклоїдальних передач різного призначення, існуючої інформації на сьогоднішній день недостатньо.

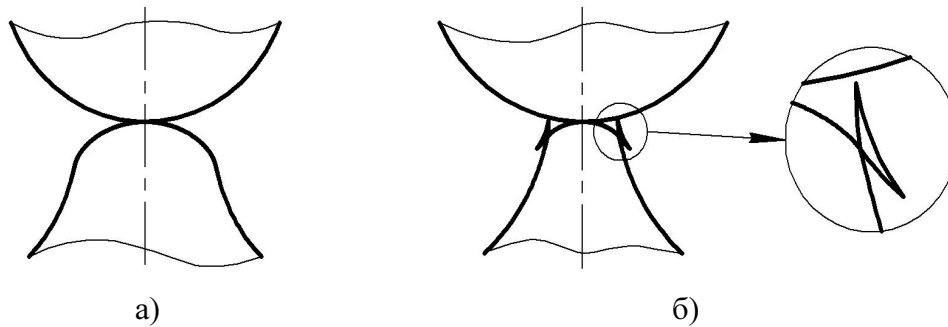
Основними вхідними параметрами при проектуванні епіциклоїдальних цівкових передач (рис. 1) є: число зубців ротора  $z_1$ , ексцентриситет передачі  $e$ , радіус центрів цівок  $R_{цц}$ , радіус цівки  $R_{ц}$ .



1 – статор із числом зубців  $z_2$ ; 2 – ротор із числом зубців  $z_1$ ; 3 – робочий профіль ротора (еквідистанта до епіциклоїди); 4 – епіциклоїда

Рисунок 1 – Загальна схема позацентроїдного епіциклоїдального цівкового зачеплення з позначенням основних параметрів

Визначимо умови існування робочого профілю ротора. Фактичний робочий профіль ротора є еквідистанта до вкороченої епіциклоїди, яка розташована на відстані радіуса цівки  $R_c$ . Малі значення радіуса цівки призводять до підвищеного ковзання під час роботи передачі, великі – до підвищеного зносу ділянок початку зачеплення [3]. Окрім цього, при великих значеннях радіуса цівки на еквідистанті з'являються так звані “вироджені ділянки” (рис. 2,б). В такому випадку профіль не може бути використаним для утворення робочого профілю ротора. Тому, виникає необхідність визначення умов, при яких робочий профіль існує без “вироджених ділянок”. Встановлено, що значення радіуса цівки впливає на умови появи “вироджених ділянок”.



а) – нормальний робочий профіль; б) – профіль з “виродженими ділянками”

Рисунок 2 – Робочий профіль (еквідистанта)

Поява “вироджених ділянок” профілю обумовлюється появою точок, в яких порушуються умови гладкості кривої. У вказаних точках радіус кривизни дорівнює нулю.

Вихідна вкорочена епіциклоїда задається рівняннями:

$$x = R_{ци} \cos\left(\frac{R_c - R_p}{R_c} \varphi\right) - (R_c - R_p) \cos \varphi, \quad (1)$$

$$y = R_{ци} \sin\left(\frac{R_c - R_p}{R_c} \varphi\right) - (R_c - R_p) \sin \varphi, \quad (2)$$

де  $R_p$  – радіус центроїди ротора;

$R_c$  – радіус центроїди статора;

$\varphi$  – кутовий параметр.

Радіус  $R$  напрямного кола, радіус  $r$  твірного кола та відстань  $d$  від центра твірного кола до точки, яка утворює епіциклоїду, визначаються наступним чином:

$$R = \frac{R_{ци} R_p}{R_c}, \quad r = \frac{R_{ци} (R_c - R_p)}{R_c}, \quad d = R_c - R_p = e. \quad (3)$$

Відмітимо, що  $z_1 = R/r = R_p / (R_c - R_p)$ . Використовуючи відому формулу для радіуса кривизни епіциклоїди [1], можемо записати (допускаємо від’ємні значення):

$$\rho_e(\varphi) = \frac{e \left( R_c^2 + R_{ци}^2 - 2R_c R_{ци} \cos\left(\frac{R_p}{R_c} \varphi\right) \right)^{\frac{3}{2}}}{R_{ци}^2 e + R_c^3 - R_c R_{ци} (R_c + e) \cos\left(\frac{R_p}{R_c} \varphi\right)}. \quad (4)$$

Виконавши необхідні перетворення, дістаємо формулу для обчислення радіуса кривизни робочого профілю ротора:

$$\rho(\varphi) = \rho_e(\varphi) - R_u, \quad (5)$$

де  $\rho_e(\varphi)$  визначається за формулою (4).

Нижче (рис. 3) на основі (4) і (5) побудовані типові залежності  $\rho$  від кутового параметру  $\varphi$  (розглянуто ділянку одного зубця, тобто  $0 \leq \varphi \leq 2\pi \cdot z_2/z_1$ ;  $z_2/z_1 = R_c/R_p$ ).

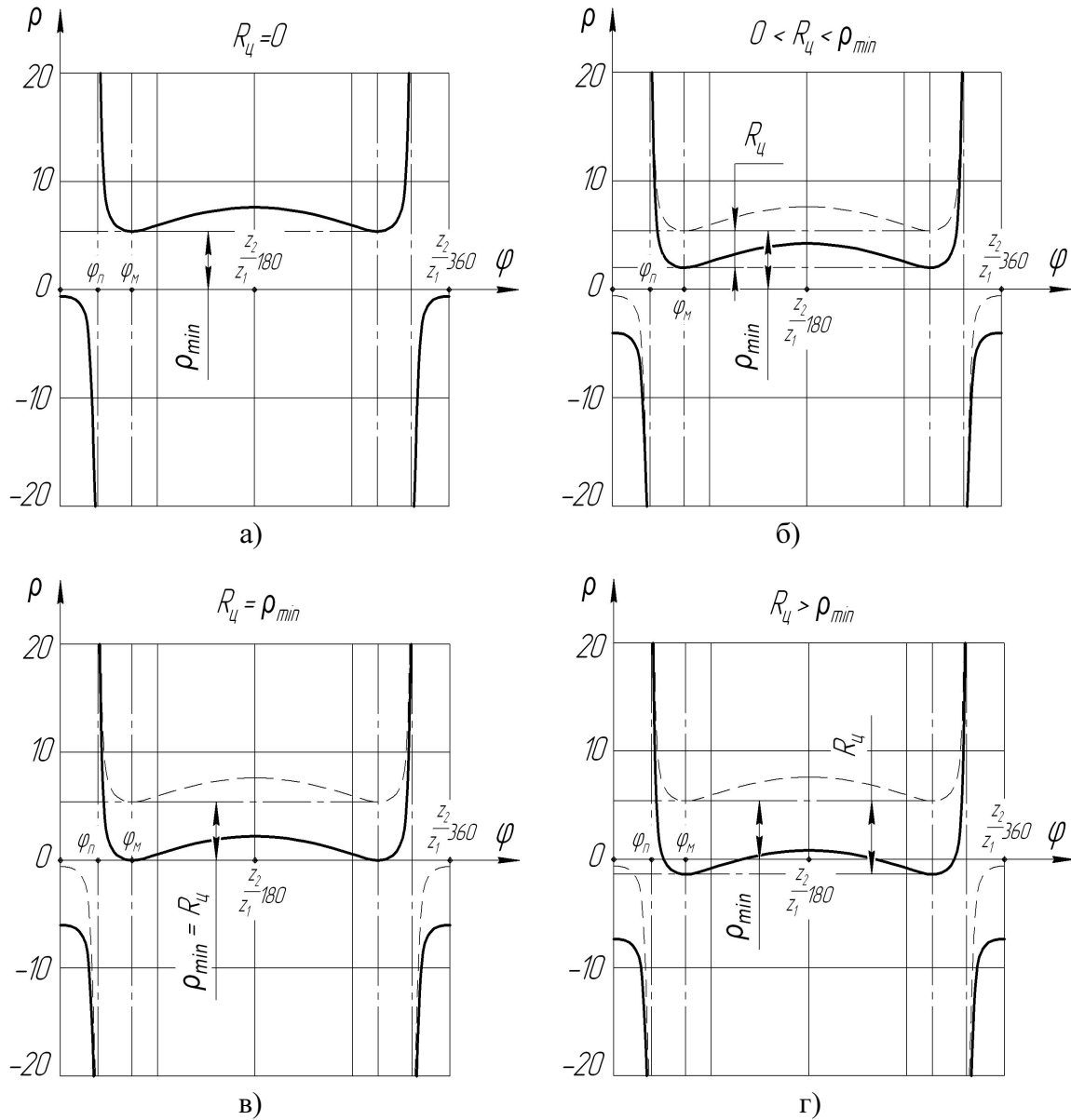


Рисунок 3 – Графік залежності радіуса кривизни робочого профілю ротора від кутового параметру  $\varphi$

При  $R_u=0$  (рис. 3,а) розглядаємо кривизну вкороченої епіциклоїди. Як видно з графіка, епіциклоїда, на проміжку кроку  $360 \cdot z_2/z_1$  має дві симетрично розташовані точки перегину (ліву позначено через  $\varphi_n$ ), де радіус кривизни прямує до нескінченності, змінюючи знак з “-” на “+”, та дві точки з мінімальним радіусом кривизни  $\rho_{min}$  (ліву позначено через  $\varphi_m$ ). При  $0 < R_u < \rho_{min}$  (рис. 3,б) розглядаємо кривизну робочого профілю ротора. Очевидно, що кутові параметри  $\varphi_n$  і  $\varphi_m$ , які відповідають особливим точкам, залишаються однаковими, як для епіциклоїди так і для еквідистанти. При збільшенні значення  $R_u$  радіус кривизни профілю зменшується. При  $R_u = \rho_{min}$  (рис. 3,в)

радіус кривизни профілю в точці, що відповідає  $\varphi_m$  дорівнює 0. При цьому графік дотикається до вісі в точці, яка відповідає  $\varphi_m$ . Якщо прийняти  $R_{\psi} > \rho_{\min}$  (рис. 3,г), графік перетне вісь  $\varphi$ , а на профілі з'являться “вироджені ділянки”.

Знайдемо значення величин  $\varphi_n$  і  $\varphi_m$  і  $\rho_{\min}$ . Прирівнявши знаменник функції (4) до нуля, дістаємо формулу для визначення точки перегину:

$$\varphi_n = \frac{R_c}{R_p} \cdot \arccos \left[ \frac{R_c^3 + R_{\psi}^2 \cdot e}{R_c \cdot R_{\psi} \cdot (R_c + e)} \right]. \quad (6)$$

Дослідивши функцію (4) на точки екстремуму, отримуємо:

$$\varphi_m = \frac{R_c}{R_p} \arccos \left[ \frac{R_{\psi}^2 (2e - R_c) + R_c^2 (2R_c - e)}{R_c R_{\psi} (R_c + e)} \right], \quad \rho_{\min} = \rho_e(\varphi_m). \quad (7)$$

Таким чином, умова відсутності “вироджених ділянок” на еквідистанті може бути представлена у вигляді (при виконанні цієї умови немає точок, в яких радіус кривизни еквідистанти дорівнює нулю):

$$\frac{e \left( R_c^2 + R_{\psi}^2 - 2R_c R_{\psi} \cos \left( \frac{R_p}{R_c} \varphi_m \right) \right)^{\frac{3}{2}}}{R_{\psi}^2 e + R_c^3 - R_c R_{\psi} (R_c + e) \cos \left( \frac{R_p}{R_c} \varphi_m \right)} > R_{\psi}. \quad (8)$$

При проектуванні епіциклоїдальної передачі можливо вибирати необхідне значення  $R_{\psi}$ , яке лежить в діапазоні від 0 до  $\rho_{\min}$ , профіль при цьому зберігатиме цілісність і плавність переходів. Варіювання значенням  $R_{\psi}$  в допустимих межах дає можливість проектувати епіциклоїдальні передачі, виходячи з необхідної величини об'єму робочих камер гідравлічних машин, до складу яких вони входять. Подібна залежність дає змогу, також виявити ділянки профілю, найбільш схильні до зносу та визначити, як впливає значення  $R_{\psi}$  на ступінь зносу.

## Список літератури

1. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / Выгодский М.Я. – М.: Наука, 1975. - 872 с.
2. Litvin F.L. Gear Geometry and Applied Theory, Prentice Hall/ Litvin F.L. - New Jersey, 1994. - 724p.
3. Фролова К.В. Механика промышленных роботов/ - Фролова К.В., Воробьева Е.И. Кн. 3: Основы конструирования – М.: Высшая школа, 1989. – 380 с.

*А. Скибинский, В. Гуцул, А.Гнатюк*

### **Исследование условий существования рабочего профиля деталей внецентроидных эписциклоидальных цевочных передач внутреннего зацепления**

В статье приведены основные исследования условий существования рабочих профилей внецентроидных эписциклоидальных цевочных передач внутреннего зацепления, а так же представлены рекомендации для рационального выбора их конструктивных параметров.

*O.Skibinskiy, V. Gutsul, A.Gnatuk*

### **Research of terms existence of job profiles details of center epicyclic transmission internal gear**

In this paper resulted basic researches of terms existence of job profiles details of center epicyclic transmission internal gear and also recommendations are resulted for a rational choice of structural parameters.

Одержано 16.02.12