

В.Г. Панчук, д-р техн. наук, Івано-Франківськ, Україна

## **АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ПРОФІЛЮ ЗАДНЬОЇ ПОВЕРХНІ РАДІАЛЬНОГО ФАСОННОГО РІЗЦЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ПЕРЕДНЬОГО КУТА**

*Точність виготовлення радіальних фасонних різців значною мірою залежить від величини його геометричних параметрів, зокрема від величини його переднього кута. Профіль різальної кромки різця, котрим виготовляють деталі типу зрізаного конуса матиме не прямолінійний, а гіперболічний характер, якщо величина переднього кута не дорівнює нулю. У статті подано алгоритм та інтерфейс прикладної програми, яка дає можливість автоматичного розрахунку теоретично точного профілю різальної кромки радіальних фасонних різців та уточненого профілю їх задньої поверхні.*

*Точность изготовления радиальных фасонных резцов в значительной степени зависит от величин его геометрических параметров, в частности от величины переднего угла. Профиль режущей кромки резца, которым изготавливаются детали типа усеченного конуса, будет иметь не прямолинейный, а гиперболический вид, в том случае если величина переднего угла не равна нулю. В статье указан алгоритм и интерфейс приложения для автоматического расчета теоретически точного профиля режущей кромки радиальных фасонных резцов и уточненного профиля их задней поверхности.*

*Precision manufacturing radial shaped cutters significantly dependent on the magnitude of its geometrical parameters, especially from the magnitude of its front angle. Profile cutting edge cutter, which made the details of the type of the cut cone will not complete, and the hyperbolic profile, if the magnitude of the front angle not equal to zero. The article presents an algorithm and interface application program that enables automatic calculation theoretically exact profile cutting edge radial shaped cutters and profile their posterior surface.*

**Актуальність проблеми.** Якість фасонних поверхонь, таких як конічні втулки, кульові опори, які є складовою поворотних шарнірів, деталей більш складної конфігурації залежить від багатьох чинників, у тому числі якості різальних інструментів, за допомогою яких виготовляються вказані типи деталей. У великосерійному виробництві виготовлення таких фасонних деталей здійснюється за допомогою фасонних радіальних токарних різців. Такий спосіб виготовлення, у порівнянні із точінням на верстатах із ЧПК є більш продуктивним, але при цьому великою мірою точність виконання деталей залежить від точності самих інструментів.

**Огляд досліджень та публікацій.** Профіль задньої поверхні фасонних радіальних різців отримують аналітичним шляхом, розраховуючи координати точок у площині перпендикулярній до твірних задньої поверхні. При обробці конічних поверхонь радіальними фасонними різцями часто утворюються викривлення форми деталі. Це пояснюється тим, що для обробки конусів,

зазвичай, визначають крайні точки різальної кромки і з'єднують їх прямолінійним відрізком [1]. Однак, насправді теоретично точні радіальні фасонні різці, у яких передній кут  $\gamma$  не дорівнює нулю, а кут нахилу різальної кромки  $\lambda$  дорівнює нулю, повинні мати криволінійну різальну кромку. Профіль різальної кромки різця визначають як лінію перетину конуса з передньою площиною різця. Тому для точної обробки конічної поверхні радіальні фасонні різці повинні мати гіперболічну, а не прямолінійну різальну кромку. Однак такі різці доволі складні у виготовленні. У монографії [2] автори виводять складну аналітичну залежність кривої різальної кромки від ряду параметрів, у тому числі величини переднього кута фасонного різця. На основі теоретичних та експериментальних досліджень поданих у роботі [2] показано величини відхилень прямолінійної різальної кромки від її теоретичного гіперболічного профілю на окремих елементарних ділянках. Ці величини, названі авторами як стріли випуклості, сягають значень до 1,2–1,3 мм і підтверджують, що для виконання точного профілю деталі конічної форми слід створити гіперболічний профіль різальної кромки фасонного круглого радіального різця. Автори публікацій [1, 2] вказують на те, що для подолання технологічних труднощів, різальні кромки можуть бути розміщені уздовж твірних конічної поверхні і таким чином залишатися прямолінійними. Однак така схема розміщення різальної кромки зменшує технологічні можливості процесу різання оскільки усуває можливість керування ним за рахунок зміни величини кута нахилу різальної кромки  $\lambda$ .

У статті [3] автори подають достатньо лаконічну аналітичну залежність зміщень координат точок гіперболічного профілю різальної кромки відносно вихідного профілю трикутної різьби, яка виконується різьбонарізним токарним різцем. По суті йдеться про програму розрахунку профілю різьбового різця для теоретично точного відтворення трикутної різьби. Отримана аналітична залежність зміщень координат точок гіперболічного профілю різальної кромки певною мірою стосується і виготовлення деталі типу зрізаного конуса, якщо його виготовлення відбуватиметься фасонним різцем, передній кут якого не дорівнює нулю. У той самий час, фасонні тіла обертання можна умовно представити як скінчену множину елементарних конічних поверхонь. Таким чином, точність побудови профілю різальної кромки і задньої поверхні фасонного радіального різця залежатиме від кількості таких елементарних конусів.

**Мета статті.** Створення програми розрахунку профілю задньої поверхні фасонного радіального різця у залежності від значення величини його переднього кута.

**Виклад основного матеріалу.** На рис. 1 зображено схему токарної обробки радіальним фасонним різцем зрізаного конуса. Менша основа зрізаного конуса має радіус  $r$ , а більша –  $R$ . Передня площина різця

побудована під кутом  $\gamma$ . Формула розрахунку зміщень координат точок гіперболічного профілю різальної кромки у передній площині [3] має вигляд

$$\Delta_i = \frac{r^2 \sin^2 \gamma}{r_i + \sqrt{r_i^2 - (r \cdot \sin \gamma)^2}}, \quad (1)$$

де  $r_i$  — радіус точки профілю зрізаного конуса, відносно якої розраховується зміщення гіперболічного профілю  $\Delta_i$ .

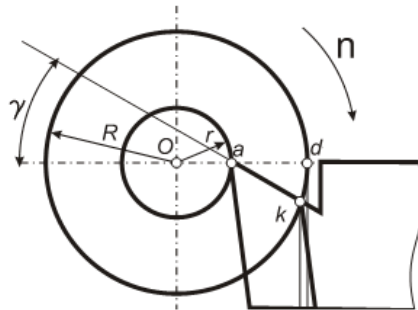


Рисунок 1 – Ескіз обробки зрізаного конуса токарним радіальним фасонним різцем

Згідно з методикою розрахунку профілю задньої поверхні призматичного радіального фасонного різця [1] у площині передньої поверхні можна отримати координати точок різальної кромки шляхом перерахунку із системи координат  $X_1Y_1Z_1$  до системи координат  $X_2Y_2Z_2$  (рис. 2). За вказаною методикою у системі координат з початком у точці  $O$ , яка лежить на осі фасонної деталі, задається аналітичний вираз фасонної поверхні у параметричному виді:

$$r_i = f(x); \quad y_1 = r_i \cos t; \quad z_1 = r_i \sin t. \quad (2)$$

Формули переходу від системи координат  $X_1Y_1Z_1$  до системи  $X_2Y_2Z_2$ :

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1; \\ y_2 &= (y_1 - r) \cos \gamma - z_1 \sin \gamma; \\ z_2 &= z_1 \cos \gamma - (y_1 - r) \sin \gamma. \end{aligned} \quad (3)$$

Оскільки у передній площині  $z_2 = 0$ , то після підстановки у рівняння (3) залежностей (2) за методикою [1] отримана формула:

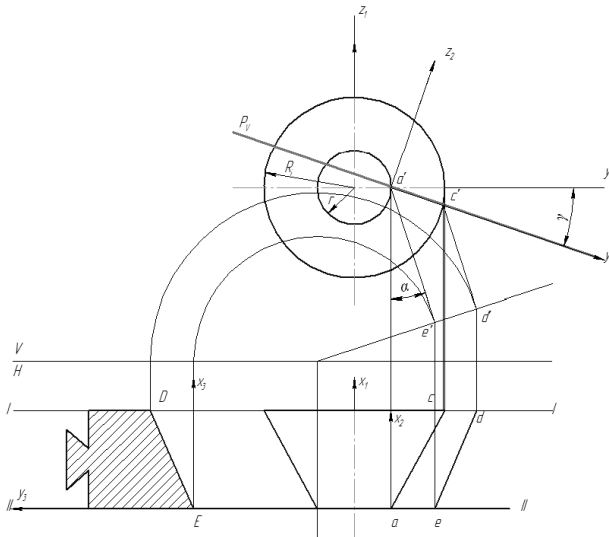


Рисунок 2 – Схема профілювання призматичного радіального фасонного різця

$$y_2 = r_i \frac{(-\sin t)}{\sin \gamma}. \quad (4)$$

Формула (4) відображає невідкориговану координату точки різальної кромки, оскільки не враховує зміщення гіперболічного профілю відносно прямолінійної твірної елементарного конуса  $\Delta_i$ . Формула визначення координат точок профілю задньої поверхні за методикою [1]

$$y_3 = y_2 \cos(\alpha + \gamma). \quad (5)$$

Для корекції вказаної координати у формулу (5) слід вставити значення  $\Delta_i$

$$y_3 = (y_2 - \Delta_i) \cos(\alpha + \gamma). \quad (6)$$

Таким чином послідовність розрахунку теоретично точного профілю задньої поверхні призматичного радіального фасонного різця має бути наступною:

1. Вибирається певна кількість точок профілю фасонної поверхні конічної деталі.

2. За значенням радіусу  $r_i$  кожної  $i$ -ї точки визначається величина зміщення гіперболічного профілю різальної кромки  $\Delta_i$ .

3. За формулою (4) проводиться розрахунок координат точок профілю різальної кромки  $y_2$  без урахування зміщення.

4. Для отримання теоретично точного профілю різальної кромки проводиться перерахунок координат точок профілю шляхом віднімання величини зміщення  $\Delta_i$  від величини  $y_2$ .

5. За формулою (6) проводиться розрахунок профілю задньої поверхні круглого радіального фасонного різця із врахуванням відхилення точок гіперболічного профілю різальної кромки.

Розрахунок профілю різальної кромки круглого радіального фасонного різця, відповідно з методикою [1], виконується за формулою

$$y_2 = \sqrt{r_i^2 - (r \sin \gamma)^2} - r \cos \gamma. \quad (7)$$

На рис. 3 показано схему до аналітичного розрахунку круглого радіального фасонного різця.

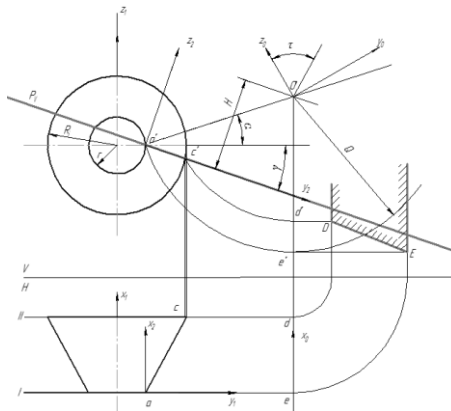


Рисунок 3 – Аналітичне профілювання круглого радіального фасонного різця

У системі координат з початком на осі інструменту  $X_0Y_0Z_0$  методика [1] пропонує проводити розрахунок за формулою

$$y_0 = y_2 \cos \tau - Q \cos(\alpha + \gamma - \tau), \quad (8)$$

де  $Q$  — радіус круглого фасонного різця у базовій точці, а величина  $\tau$  визначається за формулою

$$\tau = \operatorname{arctg} \left( \frac{Q \sin(\alpha + \gamma)}{Q \cos(\alpha + \gamma) - y_2} \right). \quad (9)$$

Для визначення теоретично точного профілю задньої поверхні радіального різця у формули (8) і (9) слід підставляти відкоректовані значення величини  $y_2$ . Тоді вказані залежності набувають вигляду:

$$y_0 = (y_2 - \Delta_i) \cos \tau - Q \cos(\alpha + \gamma - \tau); \quad (10)$$

$$\tau = \operatorname{arctg} \left( \frac{Q \sin(\alpha + \gamma)}{Q \cos(\alpha + \gamma) - (y_2 - \Delta_i)} \right). \quad (11)$$

Отже, послідовність розрахунку теоретично точного профілю задньої поверхні круглого радіального фасонного різця наступна:

1. Вибирається певна кількість точок профілю фасонної поверхні конічної деталі.

2. За даними радіусів  $r_i$  кожної з відібраних точок визначається величина зміщення гіперболічного профілю точок різальної кромки  $\Delta_i$ .

3. За формулою (7) проводиться розрахунок координат точок профілю різальної кромки  $y_2$  без урахування зміщення.

4. Для отримання теоретично точного профілю різальної кромки проводиться перерахунок координат точок профілю на величину зміщення  $\Delta_i$  від значення  $y_2$ .

5. За формулами (10) і (11) проводиться розрахунок профілю задньої поверхні круглого радіального фасонного різця із урахуванням відхилення точок гіперболічного профілю різальної кромки.

На рис. 4 показано фрагмент інтерфейсу прикладної програми розрахунку теоретично точного профілю задньої поверхні радіальних фасонних різців, на якому відображено гіперболічний профіль різальної кромки фасонного радіального різця (синя лінія) у порівнянні з прямолінійним профілем невідкоректованої різальної кромки (червона лінія). Цей отриманий графік підтверджується табличними даними (рис. 5), за якими поряд із даними відкоректованої (точки С) та невідкоректованої різальної кромки (точки В) є представлені також відповідні точки профілю деталі (точки А) та профілю відповідних точок задньої поверхні круглого радіального фасонного різця (точки D).

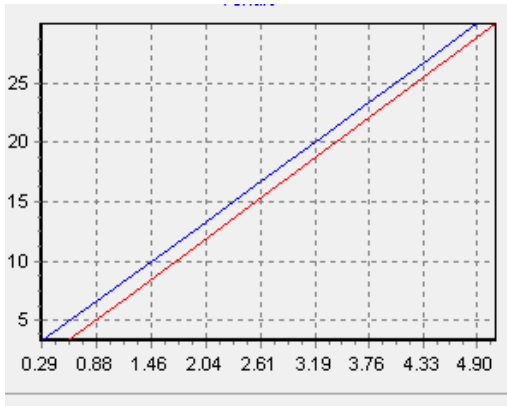


Рисунок 4 – Графічне представлення профілю деталі і відкоректованої різальної кромки круглого радіального фасонного різця

розрахунок профілю

№ точки	деталь	різальна кромка	корект різ.кромка	задня поверхня
1	A 3.33,10.56	B 3.33,0.57	C 3.33,0.29	D 3.33,-119.74
2	A 6.67,11.11	B 6.67,1.14	C 6.67,0.88	D 6.67,-119.21
3	A 10.00,11.67	B 10.00,1.71	C 10.00,1.46	D 10.00,-118.69
4	A 13.33,12.22	B 13.33,2.28	C 13.33,2.04	D 13.33,-118.17
5	A 16.67,12.78	B 16.67,2.84	C 16.67,2.61	D 16.67,-117.66
6	A 20.00,13.33	B 20.00,3.41	C 20.00,3.19	D 20.00,-117.14
7	A 23.33,13.89	B 23.33,3.97	C 23.33,3.76	D 23.33,-116.63
8	A 26.67,14.44	B 26.67,4.54	C 26.67,4.33	D 26.67,-116.12

Рисунок 5 – Результати розрахунку профілів деталі, різальної кромки та задньої поверхні круглого радіального фасонного різця

На рис. 6 показано вікно інтерфейсу прикладної програми для вводу вхідних даних, за якими отримано показаний вище результат розрахунку точок профілю.

малий радіус конуса	передній кут різця у базовій точці
<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="14"/>
великий радіус конуса	задній кут різця
<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="12"/>
висота конуса	радіус різця
<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="120"/>
кількість точок профілю	
<input type="text" value="8"/>	

Рисунок 6 – Вихідні дані до розрахунку профілю деталі, різальної кромки та задньої поверхні круглого радіального фасонного різця

### **Висновки.**

Реалізований в прикладній програмі алгоритм дає можливість:

- одержання теоретично точного профілю різальної кромки радіального фасонного різця для виготовлення деталей типу зрізаний конус у залежності від параметрів деталі та значення переднього кута інструмента;
- уточненого розрахунку точок профілю задньої поверхні круглого радіального фасонного різця у залежності від параметрів деталі та значення переднього та заднього кутів інструмента;
- розрахунку теоретично точного профілю задньої поверхні радіального фасонного призматичного різця для виготовлення деталей типу зрізаний конус у залежності від параметрів деталі та значення переднього кута інструмента.

Надалі передбачається розробка алгоритму програмного розрахунку теоретично точного профілю радіальних фасонних різців з врахуванням також кута нахилу різальної кромки.

**Список використаних джерел:** 1. *Родин П. Р.* Металлорежущие инструменты / П.Р. .Родин. – К.: Вища школа, 1986. – 455 с. 2. *Грановский Г. И.* Фасонные резцы. / Г.И. Грановский, К.П. Панченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с. 3. *Онисько О.Р.* Програмна реалізація розрахунку форми різальної кромки різьбового різця залежно від значення величини його переднього кута та діаметра різьби / О.Р. Онисько, Л.О. Борушак, С.О. Рязанов // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2013. – № 772. – С. 129–134.

**Bibliography (transliterated):** 1. *Rodin P. R.* Metallorezhushhie instrumenty / P.R. .Rodin. – K.: Vishha shkola, 1986. – 455 s. 2. *Granovskij G. I.* Fasonnye rezcy. / G.I. Granovskij, K.P. Panchenko. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 311 s. 3. *Onis'ko O.R.* Programna realizacija rozrahunku formi rizal'noi kromki riz'bovogo riezca zalezno vid znachennja velichini jogo peredn'ogo kuta ta diametra riz'bi / O.R. Onis'ko, L.O. Borushhak, S.O. Rjazanov // Visnik nacional'nogo universitetu «L'vivs'ka politehnika». – 2013. – № 772. – S. 129-134.

*Надійшла до редколегії 13.06.2014*