

3. Прохоренко П.П., Дежкунов Н.В., Коновалов Г.Е. Ультразвуковой капиллярный эффект. — Минск, Тэхніка, 1981. — 135 с.
4. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. Под ред. Голяминой И.П. — М.: Сов. энциклопедия, 1979. — 192 с.
5. Колосов О.Є., Сівецький В.І. Методика розрахунку параметрів пристроїв для ультразвукової обробки і інтенсифікації процесу просочення тканих наповнювачів полімерними зв'язуючими//Вісник КНУТД. — 2003. — №1. — С. 156—159.
6. Колосов О.Є. Оптимізація параметрів фізичної модифікації епоксидних олігомерів та композицій на їх основі з застосуванням ультразвуку//Полімерний журнал. —2005. — №2. — С. 123—130.
7. Луговской А.Ф., Колосов А.Е. Методика расчета ультразвукового кавитационного устройства с излучающей пластиной//Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2005. — №1. — С. 59—67.

**УДК 621.914.5**

**Н.С. Равська, д-р техн. наук, проф., В.Г. Панчук, канд.техн.наук, доц.  
НТУ України "Київський Політехнічний Інститут" м.Київ, Україна**

### **УЗАГАЛЬНЕНА ТЕОРІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ВІДРІЗНИХ ФРЕЗ**

---

*Представлена обобщенная аналитическая модель геометрии режущей части дисковой отрезной фрезы с разнонаправленными зубьями и переменным шагом между ними. Геометрическим методом выведены зависимости между конструктивными, инструментальными и статическими параметрами режущей части зубьев.*

*There is developed the analytical model of the cutting edge geometry of the disk detachable cutter with the differently directed teeth and variable step. With the use of geometric method there are determined the dependences between the design, instrumental and statical parameters of the cutting teeth edge.*

---

**Вступ.** Відносно низька жорсткість технологічної системи при фрезеруванні відрізними фрезами, поряд з несприятливими умовами їх експлуатації, висувають підвищені вимоги до конструкції фрез в цілому і до конструкції їх різальної частини зокрема. Дискова відрізна фреза характеризується низькою поперечною стійкістю і працює в умовах складного термодинамічного навантаження. На даний час відомі різноманітні прогресивні конструкції відрізнних фрез, які дозволяють поліпшити умови роботи інструменту в процесі відрізнання, але при цьому відсутня узагальнена теорія розрахунку відрізнних фрез.

В умовах загальної комп'ютеризації науки і виробництва найбільш доцільним є розробка нових конструкцій виробів на основі дослідження їх віртуальних комп'ютерних моделей. Узагальнена теоретична модель дискової відрізнної фрези дозволить виконувати розробку нових прогресивних конструкцій відрізнних фрез більш

цілеспрямовано й науково обґрунтовано з використанням сучасних методик аналітичного й імітаційного моделювання. У першу чергу виникає необхідність моделювання геометрії різальної частини фрези.

Задача побудови геометричної моделі відрізної фрези полягає в тому, щоб знайти універсальні математичні залежності для визначення геометрії різальної частини відрізних фрез різних конструкцій в інструментальній і статичній системах координат залежно від конструктивних розмірів. За основу моделі приймаються відомі конструкції [2, 4] і методика визначення геометричних параметрів [3].

**Модель різальної частини фрези.** Різальна частина дискової відрізної фрези в моделі представляється у вигляді множини зубців, які характеризуються деякою множиною геометричних параметрів, що визначають конструктивні, інструментальні і статичні геометричні параметри його різальної частини, а також його розміщення в ряду з іншими зубцями на периферії диску фрези.

У конструкціях відрізних фрез із нерівномірним кроком зубців або з генераторною схемою зрізання припуску зубці можуть об'єднуватися в групи по два і більше зубців. Тоді різальна частина фрези буде являти собою множину підмножин груп зубців.

Отже, задамо множини

$$M = \{G_i\}, i = \overline{1, I}; \quad (1)$$

$$G_i = \{T_j, \varepsilon^G\}, j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

де  $G_i$  — підмножина групи зубців;  $I$  — кількість груп зубців фрези;  $T_j$  — підмножина параметрів зубця в групі;  $\varepsilon^G$  — кутове положення групи зубців відносно початку відліку.

Якщо вважати заданими середній радіус фрези  $R$  і ширину фрези  $B$ , то різальна частина кожного зубця характеризується:

– конструктивними геометричними параметрами, які задаються на кресленні фрези і використовуються в процесі виготовлення інструмента і технічного контролю його параметрів (рис. 1): переднім кутом  $\gamma$ , заднім кутом  $\alpha$ , кутом у плані в площині передньої поверхні  $\varphi_\gamma$ , кутом нахилу передньої поверхні  $\tau_\gamma$ , кутом нахилу задньої поверхні  $\tau_\alpha$ , кутовим кроком  $\varepsilon$ , радіальним зсувом відносно середнього радіуса фрези  $\Delta$ ;

– інструментальними геометричними параметрами (рис. 2), заданими в інструментальній системі координат: інструментальним переднім кутом  $\gamma_i$ , інструментальним заднім кутом  $\alpha_i$ , інструментальним кутом у плані  $\varphi_i$ , інструментальним кутом нахилу різальної кромки  $\lambda_i$ ;

– статичними геометричними параметрами, значення яких в довільній точці  $K$  різальної кромки є функціями координати  $z_K$  ( $-B/2 \leq z_K \leq B/2$ ) цієї точки, визначаються в статичній системі координат і характеризують із більшою достовірністю геометрію різальної частини зубця в процесі різання: статичним

переднім кутом  $\gamma_c$ , статичним заднім кутом  $\alpha_c$ , статичним кутом в плані  $\varphi_c$ , статичним кутом нахилу різальної кромки  $\lambda_c$ .

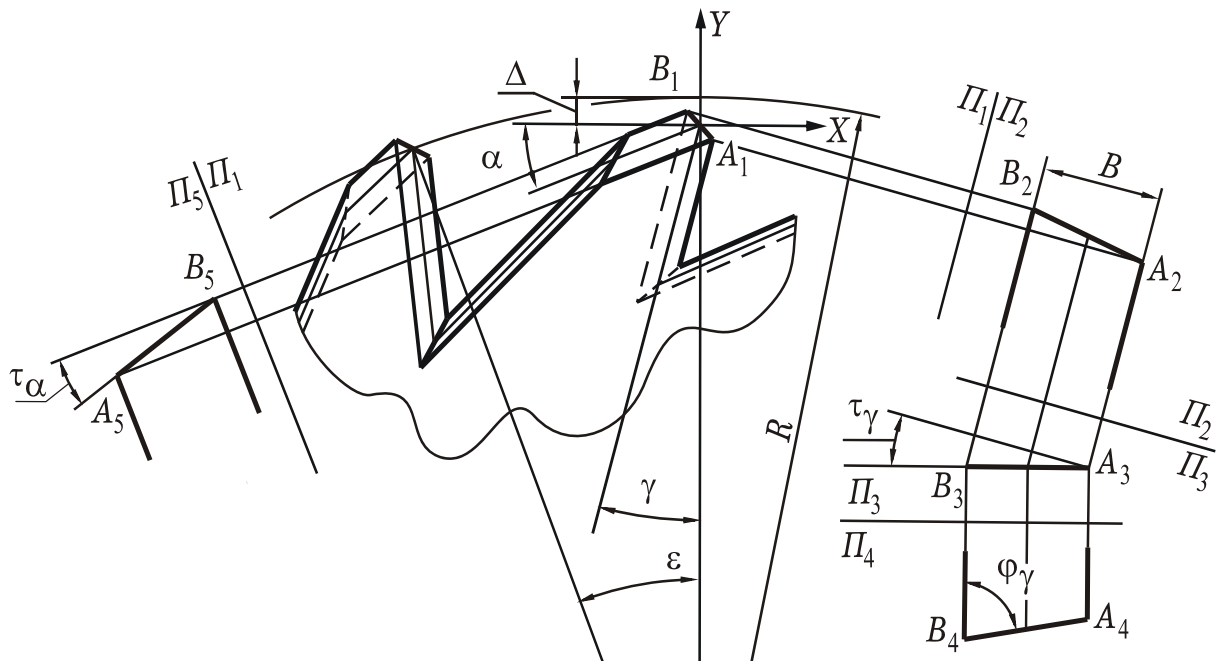


Рис. 1. Конструктивні геометричні параметри зуба відрізної фрези

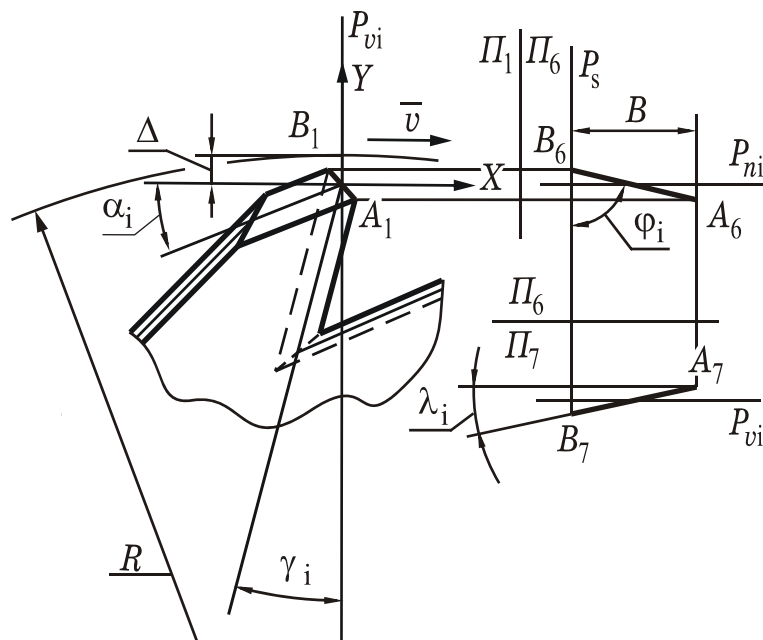


Рис. 2. Інструментальні геометричні параметри зуба відрізної фрези

Можемо записати

$$T_j = \{ \gamma, \alpha, \varphi_\gamma, \tau_\gamma, \tau_\alpha, \varepsilon, \Delta, \gamma_n, \alpha_n, \varphi_n, \lambda_n, \gamma_c(z_K), \alpha_c(z_K), \varphi_c(z_K), \lambda_c(z_K) \}. \quad (3)$$

Геометрія  $j$ -го зуба фрези буде визначена тоді, коли визначені всі елементи множини  $T_j$ .

Конструктивні параметри проставляються на робочому кресленні фрези конструктором і повинні забезпечувати, у першу чергу, технологічність виготовлення і можливість контролю в процесі виробництва. Цим вимогам цілком відповідають параметри  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\tau_\gamma$ ,  $\tau_\alpha$  задані згідно рис. 1. Приймаємо, що значення зазначених конструктивних параметрів відомі і задані на кресленні. Крім цього до відомих величин віднесемо значення параметрів  $R$ ,  $\varepsilon$  і  $\Delta$ .

Положення різальної кромки  $AB$ , яка є лінією перетину передньої і задньої поверхонь, визначається кутом у плані  $\varphi_\gamma$  в площині передньої поверхні

$$\operatorname{ctg} \varphi_\gamma = \frac{\operatorname{tg} \tau_\alpha - \sin(\alpha + \gamma) \operatorname{tg} \tau_\gamma}{\cos(\alpha + \gamma) \cos \tau_\gamma}. \quad (4)$$

*Інструментальні параметри* прив'язані до базових поверхонь інструмента й дозволяють формалізувати визначення геометрії різальної частини при виготовленні інструмента. Інструментальна система координат  $XYZ$  (рис. 2) задається на кожному зубі фрези згідно стандарту [1]. За початок координат інструментальної системи координат приймаємо точку різальної кромки зуба в середньому січенні дискової фрези на відстані  $R + \Delta$  від осі фрези.

Відповідно до геометричних побудов отримані залежності між конструктивними й інструментальними параметрами

$$\gamma_i = \gamma, \quad \alpha_i = \alpha, \quad (5)$$

$$\operatorname{ctg} \varphi_i = \frac{\operatorname{tg} \tau_\alpha \cos \gamma_i - \operatorname{tg} \tau_\gamma \sin \alpha_i}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}, \quad (6)$$

$$\operatorname{tg} \lambda_i = \frac{\operatorname{tg} \tau_\alpha \sin \gamma_i - \operatorname{tg} \tau_\gamma \cos \alpha_i}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}. \quad (7)$$

*Статичні геометричні параметри* (рис. 3) різальної частини зуба дискової фрези визначаються в статичній системі координат [1]. Різальна кромка відрізної фрези являє собою пряму лінію. Оскільки різальна кромка, у загальному випадку, не є паралельною до осі фрези, то напрямок швидкості головного руху вздовж різальної кромки змінюється. Це означає, що орієнтація статичної системи координат буде залежати від вибору досліджуваної точки різальної кромки.

Для похилого зуба ( $\lambda_i \neq 0$ ) напрямок вектора швидкості обертового руху довільної точки  $K$  різальної кромки щодо вектора швидкості середньої точки  $Q$  різальної кромки відхиляється на кут  $\delta_K$ . Кут  $\delta_K$  залежить від величини лінійного зсуву довільної точки  $K$  від середнього перетину фрези, тобто від координати  $z_K$  точки  $K$  у системі координат  $XYZ$

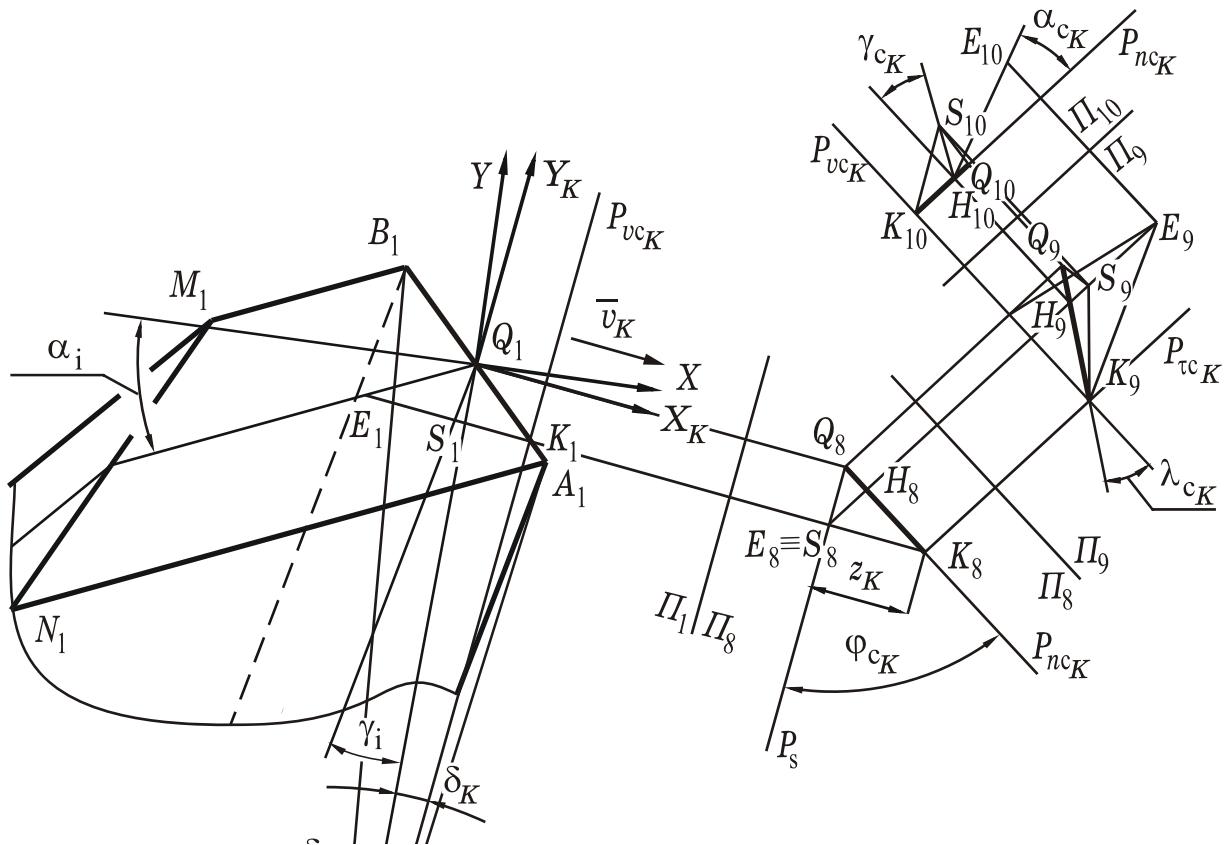


Рис. 3. Визначення статичних геометричних параметрів

$$\operatorname{ctg} \delta_K = \frac{z_K \operatorname{ctg} \varphi_i - (R + \Delta)}{z_K \operatorname{tg} \lambda_i} \quad (8)$$

Відповідно до визначень стандарту [1] і геометричних побудов (рис. 3) виведені математичні залежності для визначення статичних геометричних параметрів у довільній точці  $K$  різальної кромки зубця відрізної фрези:

- статичний кут в плані

$$\operatorname{ctg} \varphi_{cK} = \frac{\operatorname{tg} \tau_\gamma \sin(\alpha_i + \delta_K) - \operatorname{tg} \tau_\alpha \cos(\gamma_i - \delta_K)}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}; \quad (9)$$

- статичний кут нахилу різальної кромки

$$\operatorname{tg} \lambda_{cK} = \frac{(\operatorname{tg} \tau_\gamma \cos(\alpha_i + \delta_K) - \operatorname{tg} \tau_\alpha \sin(\gamma_i - \delta_K)) \sin \varphi_{cK}}{\cos(\alpha_i + \gamma_i)}; \quad (10)$$

- статичний передній кут

$$\operatorname{tg} \gamma_{cK} = \frac{\operatorname{tg} \lambda_i \operatorname{ctg} \delta_K - \operatorname{ctg} \varphi_i \cos^2 \varphi_{cK} - \operatorname{tg}(\gamma_i - \delta_K)}{\operatorname{ctg} \varphi_i \operatorname{ctg} \delta_K + \operatorname{tg} \lambda_i \sin \varphi_{cK}}; \quad (11)$$

- статичний задній кут

$$\operatorname{tg} \alpha_{c_K} = \frac{\sin \varphi_{c_K}}{\operatorname{ctg}(\alpha_i + \delta_K) + \cos \varphi_{c_K} \operatorname{tg} \lambda_{c_K}}. \quad (12)$$

Аналіз формул (8)–(12) показує наявність функціональної залежності статичних параметрів від положення досліджуваної точки на різальній кромці.

**Висновки.** Таким чином в роботі визначені множини конструкційних, інструментальних і статичних геометричних параметрів, які повністю визначають геометрію різальної частини відрізної фрези і в сукупності являють собою аналітичну модель різальної частини дискової відрізної фрези довільної конструкції.

#### Список використаної літератури

1. ДСТУ 2249-93. Оброблення різанням. Терміни, визначення і позначення. — Введ. 01.01.95. — К.: Держстандарт України, 1994.
2. Панчук В.Г., Родін Р.П., Нощенко Н.О. Геометрія різальної частини відрізних фрез зі стружковими канавками змінної висоти // Вісник Житомирського державного технологічного університету. — Житомир: ЖДТУ, 2006. — №1 (36). — С. 24–31.
3. Равская Н.С., Николаенко Т.П., Мельничук Л.С. Общая теория определения геометрических параметров инструмента. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. — Краматорськ: ДДМА, 2003. — Вип. №14. — С. 3–11.
4. Равская Н.С., Панчук В.Г., Майданюк С.В. Геометрические параметры режущей части дисковых отрезных фрез // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Зб. наук. праць. — Краматорськ: ДДМА, 2005. — Вип. №18. — С. 73–82.