

УДК 004.925.8:621.914

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ КОМП'ЮТЕРНОГО ДИНАМІЧНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФРЕЗЕРУВАННЯ

Вірченко С.Г., аспірант\*

*Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»*

*Запропоновано методику комп'ютерного динамічного геометричного моделювання процесів фрезерування на основі застосування структурно-параметричного підходу до формоутворення. Визначено перспективні напрямки проведення подальших наукових досліджень.*

*Ключові слова: комп'ютерне динамічне геометричне моделювання, структурно-параметричний підхід до формоутворення, фрезерування.*

**Постановка проблеми.** Нині доволі актуальна наукова проблема підвищення ефективності різноманітних процесів промисловості. Фрезерування – це один із найбільш розповсюджених у машинобудуванні методів обробляння різанням. Широке впровадження у практику комп'ютерних інформаційних технологій сприяє продуктивному вирішенню окреслених задач. Опрацюванню зазначених питань для динамічного формоутворення на засадах структурно-параметричного підходу присвячено дану статтю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Головні положення структурно-параметричного геометричного моделювання подано в публікації [1]. У роботі [2] викладено теоретичні основи методу поліпараметризації, який може успішно використовуватися для комп'ютерного відтворення багатьох технологічних процесів, зокрема, точіння [3] та свердління [4]. Актуальним питанням нині постає подальше розширення сфери практичного застосування відповідних наукових результатів.

**Формулювання цілей статті.** Запропонувати нову методику комп'ютерного динамічного геометричного моделювання процесів фрезерування на засадах структурно-параметричного підходу до формоутворення.

**Основна частина.** Викладемо напрацьований матеріал на прикладі показаного на рис. 1 чорнового фрезерування відкритих

---

\* Науковий керівник – д.т.н., професор Ванін В.В.

площин кінцевими або торцевими фрезами за схемою «зигзаг» [5], де вихідна заготовка має форму плити у вигляді прямокутного паралелепіпеда з вимірами  $l$ ,  $b$ ,  $h$  уздовж осей декартової системи координат  $Oxyz$ .

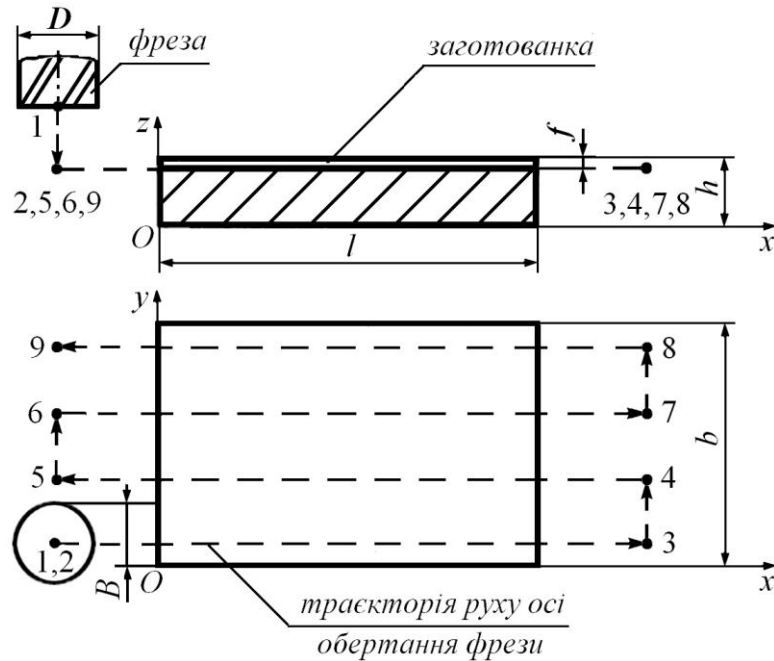


Рис. 1. Схема оброблення площин:

$l$ ,  $b$ ,  $h$  – виміри заготовки;  $D$  – діаметр фрези;  $f$  – глибина різання;  
 $B$  – ширина фрезерування; 1 ... 9 – вершини ламаної, яка визначає траєкторією руху осі фрези

Згідно з наведеним рисунком ширина фрезерування  $B$  та діаметр  $D$  фрези пов'язані залежністю:

$$B = kD, \quad (1)$$

де  $k \in (0, 1]$  – параметр ширини фрезерування.

На підставі виразу (1) запишемо:

$$D = aB, \quad (2)$$

де  $a = 1/k$ ,  $a \in [1, \infty)$  – параметр діаметра фрези.

Публікація [6] свідчить, що на практиці для торцевих фрез застосовується проміжок:

$$a \in [a_n, a_k] = [1,3; 1,8]. \quad (3)$$

Вимоги забезпечення плавного врізання та якісного оброблення потребують дотримання наступної умови руху фрези:

$$D - B = c, \quad (4)$$

де  $c \in (0, D)$  – параметр зміщення фрези.

За даними праці [6] для торцевих фрез використовується проміжок:

$$c \in [c_n, c_k] = [0,03D; 0,5D]. \quad (5)$$

Згідно з формулами (4) та (5) для ширини фрезерування маємо:

$$B = D - c, \quad B \in [D - c_k, D - c_n] = [0,5D; 0,97D]. \quad (6)$$

Нехай розміри заготовки  $l=440$  мм,  $b=300$  мм,  $h=80$  мм і потрібно зняти припуск  $f=5$  мм за  $n=4$  робочі ходи.

Обираємо орієнтовну бажану ширину фрезерування:

$$B = b / n = 300 / 4 = 75 \text{ мм}. \quad (7)$$

Відповідно до виразів (2), (3) та (7) обчислюємо належний діаметр фрези та округлюємо його до стандартизованого значення  $D=100$  мм. Здійснюємо перевірку виконання умови (6). На підставі співвідношення (4) розраховуємо величину зміщення фрези  $c = D - B = 100 - 75 = 25$  мм.

Отже, ордината  $b_i$  паралельної до осі  $x$  прямої, вздовж якої під час  $i$ -го робочого ходу рухається вісь фрези, визначається залежністю:

$$b_i = D / 2 - c + B(i - 1), \quad (8)$$

де  $i \in \{1, \dots, n\}$ ,  $n \in \mathbb{N}$  – число робочих ходів.

Нехай положення 1 нижньої точки фрези на її осі обертання в системі координат  $Oxuz$  заготовки описується вектором

$$\mathbf{P}_1 = (x_1, y_1, z_1), \quad (9)$$

де  $x_1 < 0$ ,  $|x_1| > D/2$ ,  $y_1 = b_1$ ,  $z_1 > h$ .

Вертикальний відрізок між точками 1 і 2 траєкторії осі фрези характеризується набуттям необхідних її обертів та переміщенням на потрібну висоту обробляння, тобто

$$\mathbf{P}_2 = (x_2, y_2, z_2), \quad (10)$$

де  $x_2 = x_1$ ,  $y_2 = y_1$ ,  $z_2 = h - f$ .

Ланка 2-3 включає рух до початку врізання фрези в заготовку, робочий хід і переміщення в позицію 3, для якої

$$\mathbf{P}_3 = (x_3, y_3, z_3), \quad (11)$$

де  $x_3 > l + D/2$ ,  $y_3 = y_2$ ,  $z_3 = z_2$ .

Потім виконується допоміжний хід у точку 4 з координатами:

$$\mathbf{P}_4 = (x_4, y_4, z_4), \quad (12)$$

де  $x_4 = x_3$ ,  $y_4 = b_2$ ,  $z_4 = z_3$ .

Подальший рух осі фрези вздовж ламаної 4 ... 9 здійснюється аналогічно проаналізованому переміщенню вздовж ламаної 2 ... 4 з використанням подібних до (8) ... (12) залежностей.

*Динамічною областю інструмента* (ДОІ) називатимемо частину простору, яку охоплює даний інструмент під час свого руху.

Для наведених вище фрез їх *обертання* забезпечує відповідну пряму кругову циліндричну динамічну область з об'ємом

$$\text{ДОІ}_O = \pi D^2 H / 4, \quad (13)$$

де  $D$  та  $H$  – діаметр та висота ріжучої частини фрези.

*Паралельне перенесення* фрези перпендикулярно до її осі обертання реалізує динамічну область, яка є поєднанням двох вертикальних половин прямого кругового циліндра  $\text{ДОІ}_O$  згідно з виразом (13) та розташованим між ними прямокутним паралелепіпедом із вимірами  $S$ ,  $D$ ,  $H$ , де  $S$  – абсолютна величина вектора паралельного перенесення.

Тоді належна динамічна область *обертання* та *перенесення* фрези має об'єм:

$$\text{ДОІ}_{\text{оп}} = \pi D^2 H / 4 + DHS. \quad (14)$$

У нашому випадку, див. рис. 1, динамічні області (14) доречно розглядати як поступово збільшувані в часі внаслідок поздовжньої  $S_x$  або поперечної  $S_y$  подачі фрезерного верстата.

*Динамічною областю заготовки* (ДОЗ) називатимемо частину простору, яку охоплює заготовка в певний момент часу свого оброблення.

Комп'ютерне динамічне геометричне моделювання досліджуваної технології виготовлення деталі пропонується подавати у вигляді сукупності обертального й поступального руху фрези та відповідного змінювання заготовки, яке отримувати внаслідок булевої операції віднімання від поточної ДОЗ належної ДОІ.

**Висновки.** У статті викладено методику комп'ютерного динамічного геометричного моделювання процесів фрезерування на засадах структурно-параметричного підходу до формоутворення. Перспективи проведення подальших наукових досліджень полягають у розповсюдженні напрацьованих прийомів на інші типові елементи деталей, наприклад, різноманітні пази, канавки, порожнини тощо.

### *Література*

1. Ванін В.В. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип.23. – Харків: ХДУХТ, 2009. – С. 42–48.

2. Ванін В.В. Варіантне моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації / В.В. Ванін, Г.І. Вірченко, С.Г. Вірченко // Проблеми інформаційних технологій. – № 2, 2014. – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 76–79.
3. Ванін В.В. Деякі перспективи подальшого розвитку параметричного опису геометричних фігур / В.В. Ванін, Г.І. Вірченко, С.Г. Вірченко // Сучасні проблеми моделювання. – Вип. 5. – Мелітополь: МДПУ, 2016. – С. 9–13.
4. Вірченко С.Г. До питання автоматизованого динамічного формоутворення об'єктів машинобудування / С.Г. Вірченко // Механізація та автоматизація виробничих процесів. – Вип. 10/3 (31). – Суми: СНАУ, 2016. – С. 31–35.
5. Технология машиностроения / [М.М. Кане и др.]. – Минск: Высш. шк., 2013. – 311 с.
6. Косовский В.Л. Справочник фрезеровщика / В.Л. Косовский. – М.: Высшая школа, 2001. – 400 с.

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ**

Вирченко С.Г.

*Предложена методика компьютерного динамического геометрического моделирования процессов фрезерования на основе применения структурно-параметрического подхода к формообразованию. Определены перспективные направления проведения дальнейших научных исследований.*

*Ключевые слова: компьютерное динамическое геометрическое моделирование, структурно-параметрический подход к формообразованию, фрезерование.*

## **SOME ASPECTS OF COMPUTER DYNAMIC GEOMETRICAL MODELING OF MILLING PROCESSES**

Virchenko S.

*The method of computer dynamic geometric modeling for milling processes based on structural-parametric approach to shaping is proposed in this article. The prospective directions for further scientific research have been determined.*

*Keywords: computer dynamic geometric modeling, structural-parametric approach to shaping, milling.*