

УДК 514.18:004.925.8

Г.І. Вірченко*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"***ДИНАМІЧНЕ ВАРІАНТНЕ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЛІНІЙ, ПОВЕРХОНЬ І ТІЛ
МЕТОДОМ ПОЛІПАРАМЕТРИЗАЦІЇ**

У даній статті розглянуто питання варіантного геометричного моделювання ліній, поверхонь і тіл на засадах запропонованого методу поліпараметризації. Напрацьовану методику формоутворення проілюстровано належними прикладами та виконано їх аналіз. У роботі визначено перспективні напрями проведення подальших наукових досліджень та практичного впровадження отриманих результатів.

Ключові слова: геометричний об'єкт, динамічне варіантне формоутворення, комп'ютерне моделювання, метод поліпараметризації.

*Рис. 1. Літ. 6.***Г.И. Вирченко****ДИНАМИЧЕСКОЕ ВАРИАНТНОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЛИНИЙ,
ПОВЕРХНОСТЕЙ И ТЕЛ МЕТОДОМ ПОЛИПАРАМЕТРИЗАЦИИ**

В данной статье рассмотрены вопросы вариантного геометрического моделирования линий, поверхностей и тел на основе предложенного метода полипараметризации. Разработанная методика формообразования проиллюстрирована соответствующими примерами, выполнен их анализ. Определены перспективные направления проведения дальнейших научных исследований и практического внедрения полученных результатов.

Ключевые слова: геометрический объект, динамическое вариантное формообразование, компьютерное моделирование, метод полипараметризации.

G. Virchenko**DYNAMIC FORMATION VARIANT LINES, SURFACE AND BODIES
BY POLIPARAMETRIZATSIYI**

The article discusses the questions of variant geometric modeling of lines, surfaces and solids on the basis of the proposed polyparameterization method. Its main provisions are described in previous publications of the author. This research is an extension of new scientific direction, developed by the school of applied geometry of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" for computer-aided design of complex industrial products. The proposed technique of forming illustrated with appropriate examples. Their detailed analysis was carried out. The paper identified promising areas for further research and practical implementation of the results. It concerns to complex optimization of designed technical objects and processes for their manufacture and use. The implementation can be made also in other areas, such as education, medicine and so on.

Keywords: computer modeling, dynamic variant shaping, geometric object, method of polyparameterization.

Постановка проблеми. Упродовж останніх років на кафедрі нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" напрацьовано новий науковий напрямок структурно-параметричного геометричного моделювання технічних об'єктів. Подальшим його розвитком є комп'ютерне динамічне варіантне формоутворення, яке в багатьох випадках спирається на відповідні побудови окремих ліній, поверхонь і тіл. Окреслена інтеграція обумовлює важливу науково-прикладну задачу щодо комплексної оптимізації всього життєвого циклу складної промислової продукції під час її автоматизованого проектування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання викладено в роботі [1]. Загальні питання його застосування як ефективного засобу для удосконалення процесів проектування та виготовлення об'єктів машинобудування подано у статті [2]. Належні конкретні приклади практичного використання наведено в публікації [3]. У дослідженні [4] визначено та систематизовано ряд способів динамічного варіантного формоутворення таких фігур як лінії, поверхні та тіла в рамках структурно-параметричного підходу.

Невирішені частини проблеми. У роботі [4] розглянуто кілька універсальних методик реалізації запропонованого методу поліпараметризації для динамічних варіантних побудов різноманітних геометричних об'єктів, однак лише в узагальненому вигляді, причому без наочних графічних ілюстрацій. Зазначені факти не сприяють широкому практичному впровадженню напрацьованих теоретичних результатів.

Постановка завдання. Головною метою даної статті є аналіз конкретних прикладів динамічного варіантного формоутворення ліній, поверхонь і тіл під час їх комп'ютерного моделювання за допомогою методу поліпараметризації.

Основний матеріал дослідження. Відомо, що лінії, поверхні та тіла у векторній параметричній формі можуть бути визначені відповідно як

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(u), \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}(u, v), \quad \mathbf{r} = \mathbf{r}(u, v, w), \quad (1)$$

де \mathbf{r} – радіус-вектор у деякій системі координат (декартовій, циліндричній, сферичній тощо); $u \in [u_{\min}, u_{\max}]$, $v \in [v_{\min}, v_{\max}]$, $w \in [w_{\min}, w_{\max}]$ – параметри та проміжки їх змінювання.

У публікації [4] для систематизації способів динамічного варіантного формоутворення використано множину

$$C = B_1 \times B_2 \times B_3 = (C_i)_1^8, \quad (2)$$

яка є декартовим добутком його властивостей

$$B = (B_i)_1^3,$$

де B_1 =(неперервність), $B_1=(B_{11}, B_{12})$ =(формоутворення неперервне, формоутворення дискретне);

B_2 =(напряж), $B_2=(B_{21}, B_{22})$ =(однонаправлене, багатонаправлене);

B_3 =(характер ділянок параметризації), $B_3=(B_{31}, B_{32})$ =(сталі ділянки параметризації, змінні ділянки параметризації).

Розглянемо комп'ютерне моделювання ліній, поверхонь і тіл методом поліпараметризації на прикладі геометричних об'єктів, побудованих гвинтовим переміщенням певних фігур. Під останнім розумітимемо обертання навколо прямолінійної осі та одночасне паралельне перенесення вздовж неї. На рис. 1, *a* показано лінії, що визначаються точкою, яка рухається з радіусом обертання $R=1$ і кроком $P=2\pi$, тобто відповідним переміщенням уздовж осі за один повний оберт. Рівняння цих гвинтових ліній у прямокутній декартовій системі координат $Oxyz$ мають вигляд

$$\mathbf{r}(u) = (x, y, z) = (R \cos u, R \sin u, \frac{P}{2\pi} u), \quad (3)$$

де $u \in [0, 4\pi]$ – кут обертання навколо осі.

Примітка. На рис. 1 діапазони можливого варіювання геометричних об'єктів відтворені штриховими лініями, а частини зазначених об'єктів, що відповідають ділянкам параметризації – різним кольором.

На всіх зображеннях рис. 1, *a* наведено однонаправлене (від $u=0$ до $u=4\pi$) формоутворення. Для перших двох із них, які подають лінії в момент $u=2\pi$, виконано поділ проміжку змінювання параметра u на десять рівних частин. При цьому спочатку, згідно з кортежем (2), застосовано спосіб C_1 (формоутворення неперервне однонаправлене зі сталими ділянками параметризації), а потім – спосіб C_5 (формоутворення дискретне однонаправлене зі сталими ділянками параметризації), де для побудов використано ділянки через одну. Останнє зображення рис. 1, *a* ілюструє спосіб C_6 (формоутворення дискретне однонаправлене зі змінними ділянками параметризації), де для побудов застосовано дві ділянки з чотирьох, довжини яких поступово збільшуються у два рази.

На рис. 1, *b* показано динамічне комп'ютерне моделювання поверхонь. Перша та третя ілюстрації узагальнюють відповідні випадки попереднього рисунка за рахунок додаткового параметра v у виразі (3)

$$\mathbf{r}(u, v) = (x, y, z) = (R \cos u, R \sin u, \frac{P}{2\pi} u + v), \quad (4)$$

де $v \in [-1, 1]$ – визначає для створюваної фігури вздовж осі z потрібну висоту, яка не повинна перевищувати крок P .

Рівняння (4) є дефініцією гвинтової стрічки. За даною залежністю отримано і проміжне зображення рис. 1, б на десяти однакових ділянках параметризації, що подане в момент використання чотирьох із них у спосіб S_3 (формування неперервне багатонаправлене зі сталими ділянками параметризації). При цьому побудови йдуть по чергові з кінців $u=0$ та $u=4\pi$ в напрямку до середини опрацьовуваного геометричного об'єкта.

Шляхом подальших удосконалень одержуємо

$$\mathbf{r}(u, v, w) = (x, y, z) = ((R - v \cos w) \cos u, (R - v \cos w) \sin u, \frac{P}{2\pi} u - v \sin w), \quad (5)$$

де $v \in [0, 1]$ – радіус круга, який рухається вздовж гвинтової лінії; $w \in [0, 2\pi]$ – кут повороту радіуса, що утворює зазначений круг.

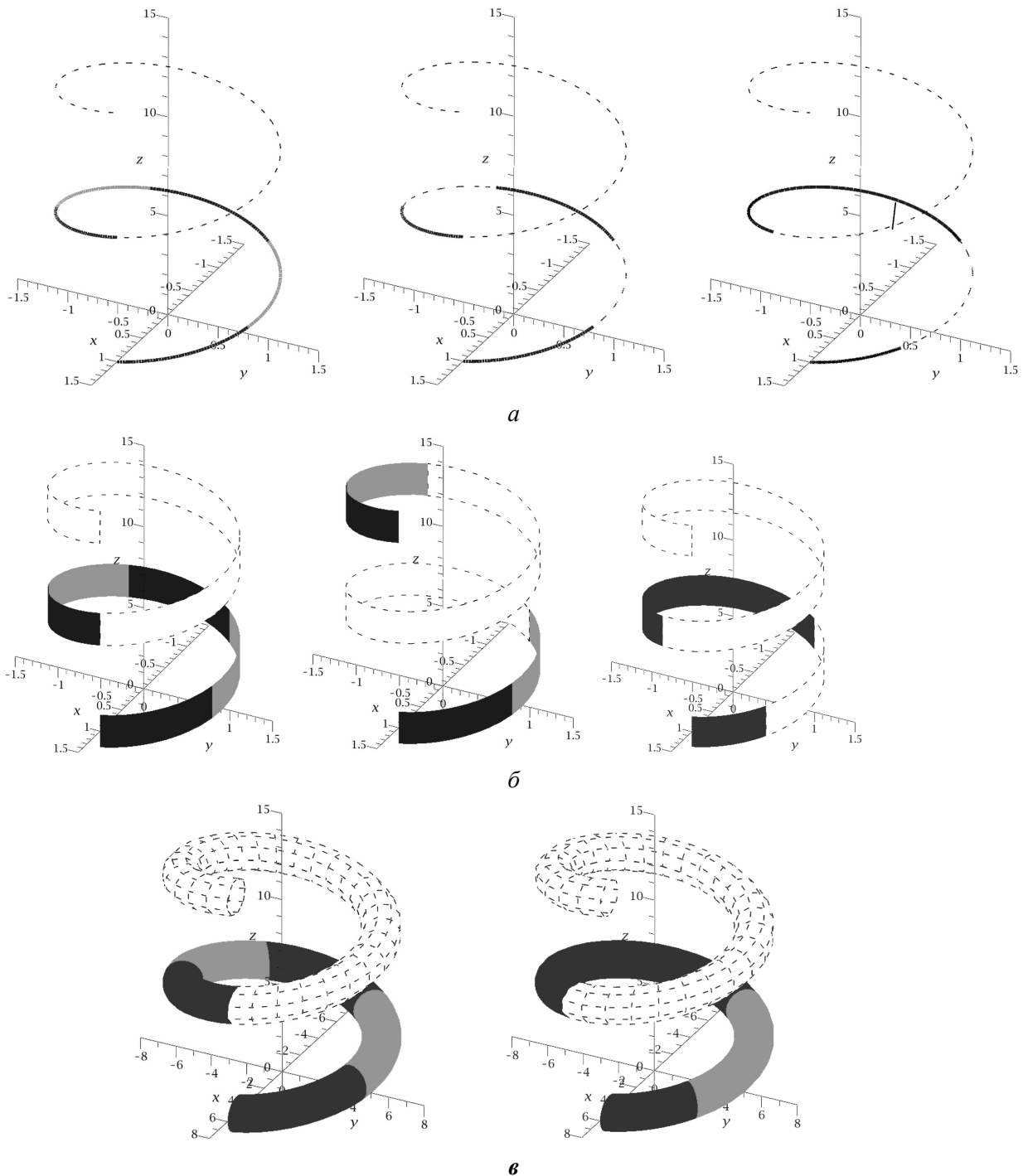


Рис. 1. Приклади динамічного варіантного формування:
а – ліній; б – поверхонь; в – тіл

На підставі співвідношення (5) виконано побудови рис. 1, в, на якому перше зображення узагальнює початкові ілюстрації рис. 1, а та рис. 1, б до тривимірної фігури., а друге спирається на останні зображення попередніх рисунків, але, на відміну від них, є не дискретним, а неперервним, тобто відноситься до способу C_2 (формування неперервне однонаправлене зі змінними ділянками параметризації).

Зауважимо, що для динамічного моделювання тіл на рис. 1, в застосовано радіус обертання $R=5$. Різні потрібні варіанти досліджуваних геометричних об'єктів на основі гвинтової лінії визначаються, зокрема, варіюванням кроку P , як рівномірного, так і ні. Це стосується й радіуса R , що може бути сталим та змінюватися згідно з певною залежністю, наприклад, лінійною від координати z . В останньому випадку отримаємо базову конічну гвинтову лінію.

Також для забезпечення більш широкого розмаїття опрацьовуваних об'єктів варто використовувати складніші та гнучкіші, ніж розглянуто, твірні фігури для побудови поверхонь і тіл. У наведених ілюстраціях під час варіантного комп'ютерного динамічного формування поверхонь це можуть бути не тільки відрізки прямих, а й дуги кіл, еліпси, параболи, гіперболи, криві вищих порядків, сплайни і т. д.; у випадку відповідного моделювання тіл – не лише круги, а і всілякі плоскі багатокутники, інші обмежені гладкими контурами поверхні, їх комбінації тощо. Так, зокрема, застосування додатного початкового значення у проміжку змінювання радіуса v круга виразу (5) призводить до одержання трубочастого тіла.

Отже, викладеними вище матеріалами доволі докладно, всебічно та системно розглянуто в належному аспекті автоматизовану побудову обраної групи досліджуваних одно-, дво- та тривимірних геометричних фігур, що дозволило успішно виконати поставлене науково-прикладне завдання.

Висновки. У даній статті проаналізовано динамічне варіантне формування ліній, поверхонь і тіл під час їх комп'ютерного моделювання за допомогою методу поліпараметризації на прикладі геометричних об'єктів, побудованих гвинтовим переміщенням. Подібним чином можуть розроблятися й інші різноманітні фігури, що забезпечується універсальним характером запропонованої методики та простотою її обчислювальної програмної реалізації.

Перспективи подальших досліджень полягають як у плані теоретичного розвитку напрацьованих підходів, наприклад, шляхом широкого використання графів, методів математичної оптимізації тощо, так і впровадження отриманих результатів у виробничу практику, освіту та інші галузі життєдіяльності людини. Наприклад, це стосується візуалізації певних процесів [5, 6], їх комплексної оптимізації, створення відповідного спеціалізованого комп'ютерного програмного забезпечення і т. д.

1. Ванін В.В. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – Вип. 23. – Харків: ХДУХТ, 2009. – С. 42-48.
2. Ванін В.В. Комп'ютерне структурно-параметричне геометричне моделювання як основа для комплексної оптимізації процесів проектування та виробництва об'єктів машинобудування / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, Г.П. Грязнова. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Технологии машиностроения. – 5/1 (47), 2010. – С. 54-57.
3. Ванін В.В. Комп'ютерні структурно-параметричні геометричні моделі як засоби конструкторсько-технологічної оптимізації літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, О.В. Збруцький // Механіка гіроскопічних систем: наук.-тех. зб. – Вип. 27. – К.: НТУУ "КПІ", 2014. – С. 111-119.
4. Ванін В.В. Варіантне моделювання геометричних об'єктів методом поліпараметризації / В.В. Ванін, Г.І. Вірченко, С.Г. Вірченко // Проблеми інформаційних технологій: наук. журнал. – №02(016). – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 76-79.
5. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як засіб інтеграції авто-матизованого проектування сучасного літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко // Вісник Херсонського національного технічного університету: наук. журнал. – Вип. 3 (50). – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 571-574.
6. Вірченко Г.А. Використання структурно-параметричного підходу для комп'ютерної візуалізації багатовимірних геометричних об'єктів / Г.А. Вірченко // Технічна естетика і дизайн: наук.-тех. зб. – Вип. 7. – К.: Віпол, 2010. – С. 68-73.