

Г. Вірченко

Канд. техн. наук,
Національний технічний
університет України «КПІ»,
м. Київ

УДК 621:514

ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

Запропоновано методику використання комп'ютерних структурно-параметричних геометричних моделей для раціонального конструювання груп об'єктів машинобудування та проектування технологічних процесів їх виготовлення. Розглянуто приклад її практичного застосування. Проаналізовано напрямки подальших наукових досліджень.

конструювання, оптимізація, структурно-параметричне геометричне моделювання, технологічний процес

Технологічні процеси становлять основу виробництва в машинобудуванні. Ефективність останніх у багатьох випадках визначає не тільки якість промислової продукції, а й її собівартість, терміни виготовлення тощо. Сучасні досягнення обчислювальної техніки забезпечують опрацювання складних технічних об'єктів на принципово новому рівні, для чого широко використовують різні комп'ютерні моделі. Різноманіття технологій машинобудування обумовлює значний спектр їх математичних описів.

Прогресивним напрямом зменшення витрат на створення відповідних програмних засобів є уніфікація методичного та інформаційного забезпечення систем автоматизованого проектування. У якості одного з продуктивних шляхів вирішення наведених задач пропонується застосування комп'ютерних структурно-параметричних геометричних моделей.

В [1] зазначається, що загальним підходом математичного моделювання складних об'єктів, до яких можна віднести навіть найпростіші технологічні системи, є

поділ предмета чи процесу дослідження на кілька компонентів, котрі легше подати у формалізованому виді й потім об'єднати потрібним чином.

Отже, методика аналізу полягає у виділенні елементів і зв'язків між ними та подальшому їх синтезі в цілісний інтегральний об'єкт. При цьому завважається, що для багатогранного сприйняття складної технічної системи необхідно використовувати, як правило, кілька різних моделей, кожна з яких відтворює лише певні аспекти повного опису.

У якості загальної основи таких моделей варто вживати їх спільні дані, котрими для технічних об'єктів досить часто є геометричні параметри форми та розмірів.

Нині в машинобудуванні існують три види технологій [2 — 3]: одинична, типова і групова. Кожна з них має свої плюси та мінуси. Багатообіцяючим вважається новий модульний підхід, що спирається на крізне вживання відповідного принципу в конструкторсько-технологічній підготовці виробництва.

Одним з провідних напрямів сьогоденного розвитку комп'ютерної інженерної графіки є методологія структурно-параметричного геометричного моделювання [4-7]. Однак у зазначених публікаціях недостатньо приділено уваги висвітленню переваг інтегрованого конструкторсько-технологічного підходу до проектування виробів, що базується на структурно-параметричному автоматизованому формоутворенні.

Постановка задачі. Викласти основи методології побудови й застосування комп'ютерних структурно-параметричних геометричних моделей для раціонального конструювання об'єктів машинобудування та проектування технологічних процесів, здійснити аналіз її переваг, недоліків і перспектив.

Геометричне моделювання як засіб інтеграції та оптимізації технічної підготовки виробництва. Розглянемо ключові етапи запропонованої методики інтегрованого комп'ютерного конструкторсько-технологічного опрацювання продукції машинобудування, обравши за основу подані в [1] три типові деталі й операційні маршрути їх виробництва, див. відповідно рис. 1 і табл. 1.

У цьому випадку за характерні ознаки деталей D_i , $i \in \{1, 2, 3\}$, доцільно прийняти поверхні $P_j, j \in \{1, \dots, 7\}$.

Якщо в досліджуваного типового об'єкта D_i наявні кілька варіантів його виконання $N_i \in \mathbb{N}$, то створення для кожного з них одиначної технології, ймовірно, буде нерациональним.

Ефективнішим є використання типових технологічних процесів згідно з наведеними у табл. 1 маршрутами.

Ще більш прогресивним, за певних умов, можна вважати застосування групового підходу.

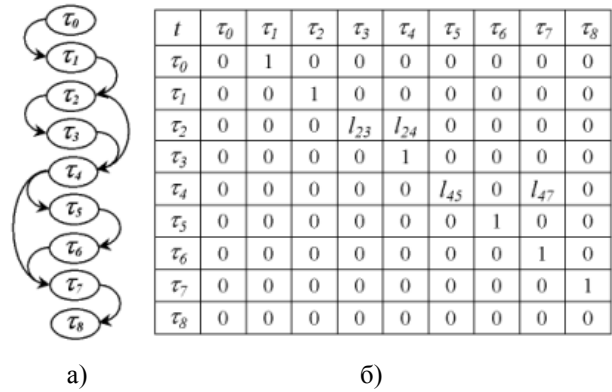


Рис. 2. Модель групової технології: а – граф структури й параметрів; б – матриця суміжності елементів

Для цього в якості комплексної деталі, що охоплює всі елементи (поверхні) оброблення, необхідно взяти D_i . Відповідну мережну модель зображено на рис. 2.

За допомогою неї з упорядкованої послідовності

$$t = (\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_8) = (t_k)_{i=1}^{N_i} \quad (1)$$

де $N_i=9$, за існуючими в конкретній деталі поверхнями визначається потрібна множина технологічних операцій.

У поданій на рис. 2, б матриці суміжності крім 0 (хибність) та 1 (істина) вживаються й логічні вирази l_{mn} , де $m \in 1 \dots N_p, j \in 1 \dots N_i$.

У цьому разі

$$l_{23} = \{P_3 \in D_i\}; \quad l_{24} = \{P_3 \notin D_i\}; \\ l_{45} = \{P_5 \in D_i\}; \quad l_{47} = \{P_5 \notin D_i\}; \quad i \in \{1, 2, 3\}. \quad (2)$$

У загальному випадку залежності (2) мають більш складний вид.

Аналіз побудованої мережної моделі показує, що за допомогою неї виготовляються, зокрема, й деталі $D_4 = (P_1, P_2, P_4, \dots, P_7)$. Для виключення такого факту потрібно до (2) внести зміни

$$l_{45} = \{(P_5 \in D_i) \wedge (P_3 \in D_i)\}.$$

За викладеною вище схемою можна створити й перестановні моделі, які забезпечують генерування структурно-параметричних проектних варіантів, що різняться не тільки складом, а й порядком своїх елементів. Потрібно лише розглядати ці моделі як сукупності мережних компонентів, що ґрунтуються на послідовностях типу (1).

Запропонований підхід задовольняє і модульний принцип, оскільки дозволяє подані множинами певних поверхонь конструкції реалізовувати належними технологічними модулями.

З наведеного матеріалу видно, що для виготовлення продукції машинобудування широко застосовуються її геометричні параметри.

На сучасному етапі розвитку комп'ютерних систем конструювання гнучким, потужним і продуктивним засобом вважається параметричне проектування, під час якого форма та розміри об'єктів визначаються за

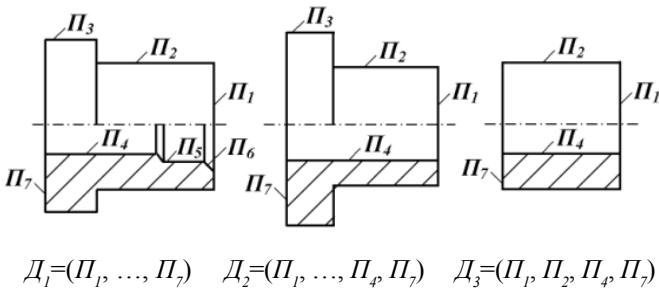


Рис. 1. Група об'єктів

Таблиця 1

Технологічні маршрути виготовлення виробів

Позн.	Операції Найменування	Поверхні							Деталі				
		-	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	-	D_1	D_2	D_3
τ_0	Заготівельна	x									x	x	x
τ_1	Підрізання		x								x	x	x
τ_2	Обточування			x							x	x	x
τ_3	Обточування				x						x	x	
τ_4	Свердління					x					x	x	x
τ_5	Свердління						x				x		
τ_6	Розточування							x			x		
τ_7	Відрізання								x		x	x	x
τ_8	Контрольна									x	x	x	x

допомогою змінних, залежностей між ними, деяких обмежень тощо. Це дозволяє ефективно автоматизовано перебудувати потрібним чином наявну геометрію.

Зазначені прийоми дещо схожі на використання типових технологічних процесів, але в галузі комп'ютерного конструювання. Однак найбільш перспективна, на думку автора, структурно-параметрична методологія геометричного моделювання [4 — 7], яка є аналогією групового підходу до виробництва в машинобудуванні.

Головна відмінність полягає лише в тому, що в першому випадку на нижніх системних рівнях опрацьовуються такі ідеалізовані об'єкти як точки, криві, поверхні, їхні комбінації у вигляді віртуальних твердих тіл, багатовимірні фігури тощо, а в останньому — це реальні процеси виготовлення різноманітних деталей, складальних одиниць і т. д.

Крім проаналізованого одного із загальних недоліків нинішніх засобів автоматизованого проектування слід акцентувати увагу й на декотрих вадах застосовуваних зазвичай у практиці способах геометричних побудов.

У плані інтеграції конструювання та розроблення технологічних процесів це, в першу чергу, невідповідність між комп'ютерним і дійсним формоутворенням об'єктів.

Зробимо пояснення на розглянутих деталях. Досить часто конструктор може їх побудувати, наприклад:

- обертанням навколо осі необхідного замкнутого плоского обводу;

- об'єднанням, зокрема для D_1 та D_2 , двох прямих кругових циліндрів і здійсненням подальших потрібних булевих операцій;

- тощо.

При цьому не враховується можлива форма та розміри вихідних матеріалів, напівфабрикатів і т. д.

Подамо далі параметричну комп'ютерну геометричну твердотільну модель комплексної деталі D_1 , яка виготовляється з циліндричної заготовки (рис. 3). Останню показано штриховою лінією. Наведений об'єкт є основним виконавчим формоутворювальним елементом для інтегральної групової моделі, зображеної на рис. 2.

В якості розмірів для поверхонь $\Pi_j, j \in \{1, \dots, 7\}$, використано параметри Δd_j та l_j , що містять значення відповідно зміни діаметра поверхні під час її оброблення та

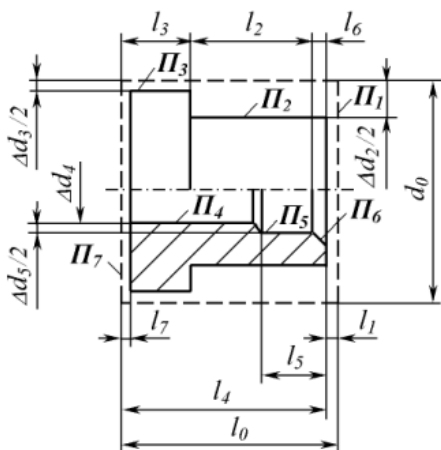


Рис. 3. Параметрична модель комплексної деталі D_1

довжини різання. Нульові Δd_j та їхні величини для довідки на рис. 3 не показано, d_0 й l_0 — діаметр і довжина початкового прямого кругового циліндра.

Функціонування проаналізованої комплексної деталі D_1 у складі розглянутої вище інтегральної групової моделі, шляхом застосування булевих операцій віднімання до вихідного тіла, є очевидним.

Зі збільшенням партій деталей, зокрема D_1 та D_2 , раціональними стають інші, ніж циліндрична, види заготовок, наприклад, штампування, які за формою та розмірами більш наближені до кінцевих виробів. Ці й подібні аспекти також можна врахувати поданими прийомами.

Отже, нами викладено базові моменти запропонованої методики використання комп'ютерних структурно-параметричних геометричних моделей для інтегрованого конструювання об'єктів машинобудування та проектування технологічних процесів їх виготовлення.

Зупинимось тепер на деяких питаннях оптимізації. Групова модель, що зображена на рис. 2, є мультиграфом, а компоненти її матриці суміжності — багатовимірними масивами у термінах програмування, тобто ієрархічними множинами різноманітних елементів.

Дугам, які з'єднують вершини, ставляться у відповідність певні параметричні залежності, що потрібним чином описують операції конструювання та технологічного процесу виготовлення об'єкта.

Вживання мультиграфа дозволяє мати комплексний опис системи, яка аналізується, у більш широкому плані, наприклад, з урахуванням експлуатаційних, маркетингових вимог тощо.

Оптимальним варіантам відповідають екстремальні шляхи в мережній моделі. Для їхніх визначення застосовується метод індексації вершин.

Питання використання структурно-параметричних прийомів для ефективного управління виробничими системами розглянуто в [5].

На завершення зазначимо, що наведені моделі, на рівні технологічних переходів та їх складових, дозволяють наглядно, динамічно й реалістично імітувати формоутворення багатьох видів продукції машинобудування. Це становить підґрунтя для проведення комп'ютерних експериментів замість більш дорогих і тривалих натурних.

Отже, перевагами поданої методології є системний підхід до опрацьовуваних об'єктів, гнучкість і продуктивність її застосування, отримання комплексних раціональних розв'язків поставлених задач, гарна наочність тощо.

Основним недоліком слід вважати трудомісткість побудови розглянутих моделей та потребу у високій кваліфікації їх розробників. Однак ця вада з часом невпинно зменшується завдяки появі нових, більш довершених і простих у користуванні, програмних засобів.

Головною ж перспективою для комп'ютерного структурно-параметричного геометричного моделювання в галузі машинобудування слід вважати наскрізну інтеграцію всіх стадій життєвого циклу складної технічної продукції з метою її комплексної оптимізації.

Таким чином, формування досконалих математичних моделей та продуктивне їх застосування на практиці сприяє підвищенню ефективності багатьох процесів у машинобудуванні.

Висновки. Створення сучасної якісної техніки, з мінімальними витратами для цього всіляких ресурсів, вимагає інтенсивного розвитку різних наукових напрямків та їх плідного впровадження у практику.

Одним з таких прикладів можна вважати результати, які забезпечує використання теорії структурно-параметричного комп'ютерного геометричного моделювання для раціонального проектування виробів машинобудування і процесів їх виготовлення.

Зазначені питання певною мірою висвітлено в цій публікації. Подана проблема потребує свого подальшого всебічного опрацювання.

Література

1. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) / Пальчевський Б.О. – Львів: Світ, 2001. – 232 с.

2. *Машиностроение*. Энциклопедия Т.III-3. Технология изготовления деталей машин / [Дальский А.М., Суслов А.Г., Назаров Ю.Ф. и др.] – М.: Машиностроение, 2000. – 840 с.

3. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения / Базров Б.М. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.

4. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як основа для узгодженої розробки літака на стадії ескізного проектування / Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін І.В. // *Наук. вісті НТУУ «КПІ»*. – 2006. – №4. – С. 35-41.

5. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як інваріантна складова комп'ютерних інформаційних технологій підтримки життєвого циклу виробів машинобудування / Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін В.В. // *Праці Тавр. держ. агротех. академії* – Вип. 4, т. 36. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – С. 16-21.

6. Ванін В.В. Структурно-параметричне геометричне моделювання як засіб підвищення ефективності групових технологій у машинобудуванні. / Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін В.В. // *Праці Тавр. держ. агротех. університету* – Вип. 4, т. 39. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 9-17.

7. Вірченко Г.А. Структурно-параметричні методи апроксимації як засоби вирішення задач оптимізації / Вірченко Г.А. // *Праці Тавр. держ. агротех. університету* – Вип. 4, т. 47. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 61-66.

Отримана 20.05.10

G. Virchenko

Use of computer structural-parametric geometric models for the rational design of technological processes in mechanical engineering

*National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv*

The technique of using computer structural-parametric geometric models for the rational design of groups of mechanical engineering objects and technological processes of their making is proposed in this paper. An example of its practical application is shown. The directions for further research are considered.

Дисертація

22nd EUROPEAN CONFERENCE ON DIAMOND, DIAMOND LIKE MATERIALS, CARBON NANOTUBES AND NITRIDES

Garmisch-Partenkirchen, Germany
September 4 — 8, 2011

<http://www.diamond-conference.elsevier.com>

DIAMOND is a leading international conference in the fields of diamond, DLC (diamond-like carbon), carbon nano-tubes, graphene, and nitrides. It brings together scientists and engineers with both fundamental and applied interests in these fields. At the conference, you will learn of current state-of-art as well as future trends of carbon and nitrides related applications.

The conference will discuss the significant improvements in material growth processes, material purity and doping of these materials over the past few years. The improvements have lead to the discovery of new phenomena in these materials as well as to novel device applications with increasingly impressive performance levels.

Abstracts are now being accepted in the following categories:

- * Diamond
- * DLC (diamond-like carbon)
- * Graphene
- * Carbon nanotubes
- * III-nitrides: growth properties and applications