

## СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД ЯК ЗАГАЛЬНА МЕТОДОЛОГІЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Національний технічний університет України "КПІ"*

Статтю присвячено визначенню місця та ролі структурно-параметричної методології в сучасному комп'ютерному геометричному моделюванні технічних об'єктів.

**Постановка проблеми.** Нині інформаційні технології, що бурхливо розвиваються, є високопродуктивним засобом для підвищення якості виробів машинобудування й ефективності процесів створення нової техніки.

Протягом останніх років на кафедрі нарисної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» виконано ряд наукових досліджень стосовно теоретичного опрацювання й упровадження у практику, зокрема в авіаційну галузь [1-4], прийомів структурно-параметричного формоутворення.

Зараз існує потреба в узагальненні проведених розвідок, які можуть слугувати основою для виділення нового наукового напрямку в прикладній геометрії та інженерній графіці.

**Аналіз досліджень і публікацій.** У сучасних машинобудівних системах автоматизованого проектування найбільш поширеним є використання геометричних об'єктів у параметричній формі. Це стосується не тільки ліній та поверхонь [5, 6], а й складніших композицій у вигляді тіл, що відтворюють деталі і складанні одиниці (див. довідкову інформацію відповідних програмних пакетів).

Базові теоретичні відомості та приклади практичної реалізації структурно-параметричного формоутворення наведено в дисертаціях [1-4], публікаціях [7-15] й інших літературних джерелах, які є в зазначених роботах.

**Постановка завдання.** Показати загальний характер структурно-параметричної методології щодо комп'ютерного геометричного моделювання взагалі й опрацювання об'єктів машинобудування зокрема.

**Основна частина.** Фундаментальним для даної праці терміном є *геометричне моделювання*, яке, згідно [16], полягає в створенні моделі об'єкта, процесу чи явища графічними засобами, що дає змогу за певними критеріями знайти оптимальне рішення.

Комп'ютерне геометричне моделювання здійснюється програмно-технічними засобами на підставі відповідного математичного забезпечення.

*Методологія* – це сукупність прийомів дослідження, які застосовуються в деякій науці [17].

Оскільки для нас об'єктом дослідження є процеси геометричного моделювання, а предметом – автоматизоване формоутворення виробів машинобудування, то варто навести визначення і для останнього.

*Машинобудування* – це галузь людської діяльності, що спрямована на виготовлення машин шляхом переробки вихідних матеріалів, напівфабрикатів і заготовок у деталі та складанні одиниці різноманітного призначення.

При цьому головне завдання полягає в одержанні продукції заданої якості, в потрібній кількості та у визначені терміни за умови мінімальних витрат ресурсів (матеріалів, енергії, людської праці, фінансів тощо).

У багатьох випадках технологічні процеси виготовлення деталей тісно пов'язані зі зміною форми й розмірів вихідних заготовок, а для складаних одиниць – із визначенням потрібного взаємного положення їх компонентів.

Наведені величини, за своєю природою, є *геометричними параметрами* (форми, розмірів та положення).

Доцільно також зауважити, що зовнішні контури навіть найпростіших деталей є композицією декількох поверхонь.

Таким чином, самі предмети нашого дослідження, тобто вироби машинобудування, вимагають, для свого адекватного відображення в геометричних моделях, використання системного підходу.

Отже, приходимо до необхідності застосування терміна *структура*, яким ототожнюють будову та внутрішню форму організації деякої системи, єдність стійких взаємозв'язків між її елементами [17].

Нагадаємо, що під останньою розуміють множину пов'язаних поміж собою компонентів, які започатковують певну цілісність.

Довільний об'єкт, зазвичай, можна розглядати як елемент утворення більш високого рівня, а його складові – як системи нижчого порядку.

Практика машинобудування показує [1-4, 8, 10-13 та ін.], що з метою комплексної оптимізації вироби проектуються, як правило, в декількох варіантах, яким часто відповідають доволі чисельні різновиди технології виготовлення або й, навіть, експлуатації (для складної продукції).

Зазначені питання досить розгорнуто викладено в наведених літературних джерелах.

Тому надалі зосередимо свою увагу на узагальнюючій ролі структурно-параметричної методології для сучасного комп'ютерного геометричного моделювання.

Останнє, згідно УДК, включає каркасне формоутворення на основі використання точок, прямих та кривих, а також моделювання за допомогою поверхонь і твердих тіл.

Покажемо інтегруючий характер при цьому структурно-параметричного підходу, базові теоретичні положення якого подано в [7].

Історично першими з'явилися *каркасні* моделі (*wireframe models*), до складу котрих можуть входити точки та лінії. Головним недоліком даного способу моделювання є невизначеність побудованих об'єктів між елементами каркаса (звідки неточні розрахунки, зокрема, таких характеристик як площа, об'єм, маса, центр тяжіння й т. д.), а перевагою – прості застосовувані математичні залежності та алгоритми, незначні потреби в обчислювальних ресурсах (швидкодії процесора, комп'ютерній пам'яті тощо).

*Поверхневі* моделі (*surface models*) більш досконалі, оскільки додатково до точок і ліній містять ще й поверхні. Проте й вони неспроможні ефективно імітувати реальні фізичні тіла та їх властивості, що достатньо важливо, наприклад, для такої галузі як машинобудування.

Математичний апарат комп'ютерного формоутворення за допомогою параметрично визначених кривих і поверхонь докладно розглянуто в літературі [5, 6 та ін.].

*Об'ємні (твердомільні)* моделі (*solid models*) нині є найпрогресивнішими, бо, з одного боку, певною мірою узагальнюють наведені вище моделі, з іншого – дозволяють достатньо правдоподібно відтворювати об'єкти та явища навколишнього світу. Зазначені успіхи – це результат досягнень у галузі прикладної геометрії й обчислювальної техніки.

Таким чином, основні вихідні примітиви для побудови об'єктів машинобудування це:

- *точки (points)*, що є найдрібнішими геометричними елементами, не мають розмірів і визначаються лише своїм розташуванням у просторі;
- *лінії (lines)*, однією з головних властивостей яких є їх довжина, оскільки останні розглядаються як траєкторії руху деяких точок;
- *поверхні (surfaces)*, базовою їх характеристикою виступає площа, описуються переміщенням певних ліній, досить часто змінюваних під час свого руху;
- *тіла (solids)*, що різняться від проаналізованих вище геометричних об'єктів наявністю об'єму.

На відміну від [5, 6], де під параметром розуміють лише змінну, яка визначає положення точки на деякій лінії або поверхні, в запропонованій методології [7] цей термін має більш широкий зміст, оскільки застосовується також для виділення конкретних фігур із певної групи об'єктів, відтворення взаємозв'язків між елементами останніх [11, 12] і різноманітних їх характеристик [8] тощо [1-4].

З поданих базових типів геометричних моделей та відповідних примітивів видно, що структурно-параметричний підхід виконує для них інтегруючу роль.

Нині для твердотільного моделювання найбільш популярним є граничне подання об'єктів (*Bounded Representation – B-rep*).

Даний спосіб оперує з твердими тілами у термінах вершин, ребер і граней, що формують замкнений об'єм. При цьому точки, лінії та поверхні становлять геометричну інформацію, а відношення між ними – топологічну.

Головна перевага наведеного методу полягає у зручності модифікації геометричних об'єктів.

Акцентуємо увагу на тому, що замкнена оболонка, яка відтворює певний об'єм (тіло), є структурно-параметричним компонентом у вигляді сукупності кількох поєднаних граней, які, на відміну від просто поверхонь, містять додаткову інформацію стосовно зв'язків із сусідніми елементами.

До складу кожної грані входять обмежуючі її ребра, що лежать на лініях перетину відповідних суміжних поверхонь. Ребра з'єднуються в точках, що називаються вершинами.

На підставі лише одного з елементів тіла (грані, ребра чи вершини) та з використанням наявних зв'язків між ними можна послідовно обійти решту його компонентів.

Отже, вживання структурно-параметричних прийомів геометричного моделювання дозволяє поєднати в одне ціле такі його розділи як каркасне, поверхневе та твердотільне формоутворення.

Це забезпечує не тільки деякі теоретичні наукові надбання, й приносить певну практичну користь.

В останньому випадку дане твердження полягає, наприклад, в уніфікації застосовуваного в автоматизованих системах програмного забезпечення, що призводить до покращення його якості та зменшення витрат на розробку; зручного впровадження сучасних методів геометричного моделювання, завдяки системному підходу, до певної предметної області, зокрема машинобудування, й т. д.

Таким чином, маємо результат взаємного збагачення теорії та практики, оскільки початково задача варіантного структурно-параметричного геометричного моделювання виникла на підставі реальних процесів розробки нових зразків авіаційної техніки [1-4].

Подальші наукові дослідження дозволили узагальнити та систематизувати виконані розвідки.

На теперішній час маємо [1-15 та ін.] цілу сукупність прийомів, тобто методологію, структурно-параметричного геометричного моделювання.

Це дозволяє зробити висновок про формування нового наукового напрямку в прикладній геометрії та інженерній графіці.

На завершення статті зазначимо, що поданий вище структурно-параметричний підхід є логічним продовженням, розширенням і

поглибленням популярної нині у прикладній геометрії та інженерній графіці методології параметричного комп'ютерного формоутворення об'єктів.

Він цілком відповідає конкретній реалізації зазначеною дисципліною фундаментальних наукових методів аналізу та синтезу, їх гармонічному діалектичному поєднанню.

**Висновки.** Розглянуту методологію комп'ютерного структурно-параметричного геометричного моделювання може бути застосовано не тільки в машинобудуванні, а й у металургійній, хімічній та інших галузях промисловості, будівництві, сільському господарстві, решті сфер життєдіяльності людини.

Тому подана в даній публікації тематика потребує свого подальшого всебічного розвитку та наукового опрацювання.

## Література

1. Вірченко Г.А. Геометричне моделювання поверхонь літака в інтегрованих комп'ютерних системах із використанням кривих Безье третього порядку: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / Вірченко Г.А. – К.: КНУБА, 2005. – 154 с.

2. Ванін І.В. Структурно-параметричне геометричне моделювання несучих поверхонь на стадії ескізного проектування літака: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / Ванін І.В. – К.: КНУБА, 2006. – 145 с.

3. Ткачевський Я.І. Структурне моделювання складних геометричних об'єктів у літакобудуванні: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / Ткачевський Я.І. – К.: КНУБА, 2007. – 175 с.

4. Ванін В.В. Структурно-параметричне геометричне моделювання як засіб інтеграції процесів проектування та виробництва об'єктів машинобудування: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.01.01 "Прикладна геометрія, інженерна графіка" / Ванін В.В. – К.: КНУБА, 2008. – 153 с.

5. Фокс А. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве: Пер. с англ. / Фокс А., Пратт М. – М.: Мир, 1982. – 304 с.

6. Роджерс Д. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. / Роджерс Д., Адамс Дж. – М.: Мир, 2001. – 604 с.

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

8. 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. // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – №4. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – С. 35-41.

9. Ванін В.В. Деякі питання розробки обчислювальних алгоритмів структурно-параметричного моделювання складних геометричних об'єктів / Ванін В.В., Вірченко Г.А., Ванін І.В. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Вип. 76. – К.: КНУБА, 2006. – С. 17-23.

10. 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.

11. 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.

12. Вірченко Г.А. Твердотільне параметричне моделювання деталей і складальних одиниць у системі CADD5 / Вірченко Г.А. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Вип. 79. – К.: КНУБА, 2008. – С. 164-170.

13. Вірченко Г.А. Структурно-параметричне геометричне моделювання як елемент ресурсозберігаючих технологій у життєвому циклі складної продукції машинобудування / Вірченко Г.А., Ванін В.В., Вірченко В.Г. // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Вип. 21. – Харків: ХДУХТ, 2008. – С. 11-15.

14. Вірченко Г.А. Розрахунок перетинів довільних параметричних поверхонь / Вірченко Г.А. // Праці Тавр. держ. агротех. університету – Вип. 4, т. 41. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 119-125.

15. Вірченко Г.А. Обчислювальний алгоритм розрахунку перетину багатогранників / Вірченко Г.А. // Праці Тавр. держ. агротех. університету – Вип. 4, т. 44. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – С. 112-115.

16. Михайленко В.Є. Тлумачення термінів з прикладної геометрії, інженерної та комп'ютерної графіки / Михайленко В.Є., Найдюш В.М – К.: Урожай, 1998. – 200 с.

17. Розенталь М. М. Философский словарь / Розенталь М. М. – М.: Политиздат, 1975. – 496 с.

## THE STRUCTURALLY - PARAMETRIC APPROACH AS THE BASE METHODOLOGY FOR COMPUTER GEOMETRICAL MODELING OF MACHINE INDUSTRY OBJECTS

### **G.A. Virchenko**

This article is devoted to definition of a place and role of the structurally-parametric methodology in modern computer geometrical modeling of technical objects.

The given material is generalization of some scientific researches, which were executed by engineering computer graphics sub-faculty of National technical university of Ukraine "KPI".