

Владислав Бойко,
ст. викладач Полтавського національного технічного
університету імені Юрія Кондратюка

Україна, м. Полтава

КОМП'ЮТЕРНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Анотація. У статті розглянута технологія тривимірного комп'ютерного геометричного моделювання, надане визначення поняттю комп'ютерного геометричного моделювання у професійній проектно-конструкторській діяльності.

Ключові слова: геометричне моделювання, геометрична модель, тривимірне комп'ютерне геометричне моделювання, CAD/CAM системи.

На сьогодні існує велика кількість різних модифікацій методів комп'ютерного моделювання в залежності від сфери застосування, цілі дослідження та складу моделей, що використовуються. Усі вони є потужними аналітичними засобами, що увібрали у себе весь арсенал новітніх інформаційних технологій, включаючи розвинені графічні оболонки для конструювання моделей та інтерпретації вихідних результатів моделювання, мультимедійні засоби, що підтримують анімацію у реальному масштабі часу, об'єктно-орієнтоване програмування, Інтернет-рішення та інше [10].

У професійній проектно-конструкторській діяльності особливо важливе значення займає комп'ютерне геометричне моделювання, оскільки дозволяє ефективно виконати інженеру його основну функцію – розробити і дослідити геометричну модель конструкції виробу. Саме тому інженер-конструктор повинен знати сучасні методи комп'ютерного геометричного моделювання та розвивати на цій основі просторове та технічне мислення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій вітчизняних та зарубіжних учених показав, що комп'ютерне геометричне моделювання є невід'ємною складовою конструкторсько-технологічної діяльності. Це обумовлено важливою роллю автоматизованого двовимірного та тривимірного геометричного моделювання на різних стадіях проектування.

Дослідженню різних теоретичних і методологічних аспектів комп'ютерного геометричного моделювання у системі професійної підготовки фахівців інженерно-технічного спрямування присвячені роботи В. Ваніна, В. Гузненкова, О. Джеджули, М. Козяра, Г. Райковської, В. Рукавишнікова, М. Юсупової, А. Хейфеца, Т. Чемоданова, В. Якунніна та інших науковців. Проте, незважаючи на наявність великої кількості наукових праць з даної проблематики, з позицій графічної підготовки майбутніх інженерно-технічних фахівців дана категорія вивчена недостатньо.

Метою статті є розкриття поняття комп'ютерного геометричного моделювання у професійній проектно-конструкторській діяльності.

У науковій літературі геометричне моделювання розглядається як напрямок математичного моделювання, яке включає в себе опис геометричних образів і виконання над ними деяких операцій в двовимірному, тривимірному чи багатовимірному просторі. Теоретичною основою геометричного моделювання є диференціальна і аналітична геометрія, топологія і розділи обчислювальної математики. Геометричне моделювання вивчає методи побудови кривих ліній, поверхонь і твердих тіл, методи виконання над ними різних операцій і методи управління чисельними моделями. Зокрема Г. Райковська і В. Головня трактують геометричне моделювання як «сукупність операцій і процедур, що включають формування геометричної моделі об'єкта та її перетворення з метою отримання бажаного зображення об'єкта і визначення його геометричних властивостей» [12].

Під сукупністю геометричних об'єктів, що становлять геометричну модель і які використовуються для її візуалізації вчені розуміють ідеалізовані геометричні об'єкти (точка, лінія, площина і т. п.), які мають набір тільки

найбільш істотних властивостей (наприклад, геометрична точка має лише координати, але не має розмірів) [16].

Перші дослідження предметів на їх геометричних моделях стало можливим завдяки методам нарисної геометрії, які допускають однозначне наочне представлення матеріальних об'єктів на площині та дозволяють дослідити їх геометричні властивості. Введення прямокутної системи координат Декартом стало початком зародження нового методу опису геометричних об'єктів – аналітичної геометрії, яка дає можливість отримувати і досліджувати властивості багатовимірних геометричних об'єктів шляхом алгебраїчних рівнянь.

За визначенням В. Н. Гузненкова і П. А. Журбенка під геометричною моделлю слід розуміти «наближене представлення (зображення) деякої множини об'єктів та явищ зовнішнього світу у вигляді сукупності геометричних об'єктів і відносин між ними для отримання нових знань про інший об'єкт (оригінал)» [4]. У своїх дослідженнях процесу моделювання вчені приходять до висновку, що за допомогою геометричних перетворень моделі можна дослідити просторові (просторово-подібні) форми, відносини (кількісні і якісні), закономірності, властивості, притаманні об'єктам реального світу.

У різноманітних за змістом процедурах геометричного моделювання В. Пилюгин та Л. Сумароков виділяють чотири основні етапи [11]:

- 1) постановка деякої геометричної задачі;
- 2) розробка геометричного алгоритму її вирішення;
- 3) реалізація алгоритму за допомогою деяких інструментальних засобів;
- 4) аналіз та інтерпретація отриманих результатів.

Для реалізації даного алгоритму існує декілька методів:

- 1) аналітичний (виконання людиною геометричної алгоритмізації процесу вирішення завдання, розрахунків та числової інтерпретації геометричного алгоритму);

2) графічний (графічна інтерпретація геометричних об'єктів та операцій над ними за допомогою виконання графічних побудов на площині креслярськими інструментами);

3) аналітичний з використанням комп'ютера (виконання людиною геометричної алгоритмізації та числової інтерпретації геометричного алгоритму, розрахунок та представлення результатів у символній формі виконується комп'ютером);

4) графічний з використанням засобів машинної графіки (виконання людиною геометричної алгоритмізації та графічної інтерпретації геометричного алгоритму, необхідні графічні побудови виконуються за допомогою комп'ютера);

5) метод прямого геометричного моделювання, заснований на використанні інтегрованих систем машинної геометрії та графіки (людина виконує геометричну алгоритмізацію та зручну для неї символну інтерпретацію геометричного алгоритму на відповідній геометричній мові, а комп'ютер обробляє мовленнєві конструкції та видає результат у відповідній формі, у тому числі і у графічній).

Про перевагу останнього методу над іншими у своїх дослідженнях акцентують увагу В. Гузненков [4], В. Пілюгін [11], В. Рукавішников [13], Л. Сумароков [11], А. Хейфец [14], В. Якуннін [16], який виключає трудомістку в загальному випадку і не завжди природну для людини числову чи графічну інтерпретацію розробленого алгоритму.

Також ця думка підтверджується результатами історико-логічного дослідження методів геометричного моделювання О. Джеджули [5, с. 17], у якому засвідчується, що інтенсивний розвиток інформаційних технологій в останні десятиліття суттєво змінив зміст та обсяг геометричного моделювання, піднявши його на новий, вищий рівень.

Сучасні технології комп'ютерного геометричного моделювання дозволяють оглянути створену тривимірну геометричну модель окремого виробу чи складальної одиниці з усіх боків, зробити довільний розріз чи

переріз, відредагувати, отримати якісне реалістичне текстуроване зображення з урахуванням освітлення, використати для підготовки програми керування системи управління приводами технологічного обладнання або провести деякі дослідження просторових та фізичних властивостей [15].

Вперше графічну модель, для синтезу якої використовувався комп'ютер, було створено у 1964 році співробітником корпорації «Боїнг» В. Феттером. Це була модель людського тіла, що призначена для ергономічних досліджень. Свою роботу В. Феттер визначив терміном «комп'ютерна графіка». Вперше цей термін, за словами самого винахідника, був введений іншим працівником цієї компанії у 1960 році В. Хадсоном.

Як самостійний напрям у інженерно-технічній проектній діяльності комп'ютерна графіка починає формуватися у 60-х роках минулого століття, завдяки досягненням А. Сазерленда, Т. Моффетта, Н. Тейлора, Р. Кортні та інших науковців. Так, у 1961 році А. Сазерлендом вперше був створений інтерактивний графічний пакет «Sketchpad», що став прообразом майбутніх систем автоматизованого проектування. Ця комп'ютерна програма дозволяла викреслювати контури плоских фігур на дисплеї монітору за допомогою спеціального пристрою вводу та зберігати їх.

У цей період розробляються перші комп'ютерні дизайнерські середовища – робочі станції автоматизованого проектування, які були оснащені комп'ютером з програмним забезпеченням для проектування та створення креслень, до якого під'єднувалися спеціальні пристрої введення (алфавітно-цифрова клавіатура, сканер, світлове перо) та виведення графічної інформації (дисплеї, принтери). Першими такими комплексами технічних засобів автоматизованого проектування були The Electronic Drafting Machine корпорації ІТЕК (1961 р.), та DAC-1, розробленою General Motors спільно з ІВМ в 1964 році.

Починаючи з 70-х років минулого століття велика кількість теоретичних та прикладних робіт присвячується розвитку методів створення та відображення на екрані монітору комп'ютера просторових віртуальних

моделей, це направлення отримало назву тривимірної комп'ютерної графіки. Головними завданнями, якої стали вирішення завдань з математичного моделювання складних тривимірних поверхонь, сцен та умов освітлення, а також поліпшення якості синтезованих тривимірних зображень, текстур та рельєфу.

Погоджуємося з думкою В. Рукавішнікова, що саме з появою методів тривимірного геометричного моделювання почався новий період розвитку в області геометричної підготовки інженера, який веде нас до принципово нової ідеології геометричного моделювання [13]. У своєму дослідженні науковець ототожнює сучасну геометричну модель з комп'ютерною візуально-образною моделлю, яка є результатом інтеграції математичної й візуально-образної моделей за допомогою технологій тривимірної комп'ютерної графіки. Така модель має програмно-математичну внутрішню складову й візуально-образну зовнішню, яка забезпечує діалог людини з цією моделлю.

Існує два варіанта комп'ютерного геометричного моделювання: двовимірне (плоске) та тривимірне (просторове). Двовимірна технологія передбачає автоматизовану побудову та оперування плоскими геометричними моделями і використовується передусім для створення графічних конструкторських документів. Основними методами побудови двовимірної моделі є методи нарисної геометрії та методи викреслювання графічних примітивів (відрізків, прямих, дуг, кіл та ін.). Зазначимо, що даний процес моделювання відбувається одночасно з розробленням конструкторської документації, тоді як тривимірне моделювання передує цьому процесу.

Тривимірне геометричне моделювання вивчає прийоми і методи побудови об'ємних моделей об'єктів у віртуальному тривимірному просторі. Технології тривимірного геометричного моделювання значно розширюють сферу застосування геометричних моделей у проектно-конструкторській діяльності і дозволяють ефективно використовувати їх не тільки у конструкторському проектуванні, а й функціональному та технологічному.

Сьогодні розрізняють три напрямки тривимірного геометричного моделювання: каркасне (дротяне), поверхневе та твердотільне. При каркасному моделюванні опис геометрії моделі представляється контурами та ребрами, що лежать на поверхнях деталі. Поверхнева модель відображає форму деталі за допомогою завдання поверхонь, що обмежують її модель.

У твердотільному моделюванні, на відміну від поверхневого, в явній формі містяться дані щодо приналежності елементів внутрішньому або зовнішньому по відношенню до деталі простору. Іншими словами твердотільна модель не є пустою всередині. Саме завдяки цій технології тривимірна комп'ютерна візуально-образна модель може володіти деякими властивостями фізичних моделей і може використовуватися не тільки для отримання геометричних параметрів, але й для безпосереднього здійснення різних механічних та технологічних розрахунків.

У літературних джерелах присвячених застосуванню методу комп'ютерного геометричного моделювання в інженерній діяльності науковцями і дослідниками не раз відмічалось, що окрім відображення геометрії і форми, комп'ютерні тривимірні геометричні моделі містять візуальну і визначальну інформацію, яка дозволяє здійснювати дослідження та виготовлення об'єкта моделювання. Наприклад, у своїй роботі [3, с. 470] Н. Голованов наголошує на тому, що сучасні тривимірні технології автоматизованого проектування дозволяють не тільки побачити об'єкт, що моделюється, але й отримати його геометричні характеристики, виконати дослідження його фізичних властивостей шляхом постановки чисельних експериментів, внести необхідні зміни, підготувати виробництво і виготовити об'єкт.

Дослідженню застосування методів комп'ютерного геометричного моделювання в інженерній сфері присвячена робота [14] А. Хейфеца, у якій науковець під тривимірним комп'ютерним геометричним моделювання розуміє процес розв'язку і дослідження задач на основі прямих операцій з реалістичною тривимірною моделлю без застосування методів нарисної геометрії. Описаний

у цій роботі процес моделювання відбувається у середовищі сучасного графічного редактора, інструментарій якого дозволяє створювати віртуальну реалістичну тривимірну модель деталей, вузлів, будівель, яка однозначно визначає геометрію усієї моделі. На думку науковця комп'ютерне тривимірне моделювання з часом повністю замінить традиційні двовимірні графічні методи моделювання.

У тій же роботі зауважується, що сутність цієї технології полягає в тому, що конструктор відразу будує реалістичну, наочну віртуальну модель, а вже після цього займається підготовкою конструкторської документації, яка відбувається, значною мірою, в автоматичному режимі.

Слід зазначити, що згідно стандартів ЄСКД [7, 8], які вводять електронну форму конструкторської документації, електронна тривимірна модель деталі може бути прийнята за основний конструкторський документ, а електронні креслення можуть бути виконані на основі електронної моделі деталі або електронної моделі складальної одиниці.

Комплекс проектно-конструкторських робіт може включати в себе теоретичні й експериментальні дослідження, розрахунки та конструювання. Результатом такого проектування є проміжні (текстові документи, ескізи, описи на мові автоматизованих систем та інше) та остаточні описи (комплект конструкторсько-технологічної документації) нового або модернізованого технічного об'єкту. За визначенням А. Болдіна та А. Задіранова, якщо ці роботи здійснюються фахівцем при взаємодії з комп'ютерними технологіями, то таке проектування називається автоматизованим [2]. Середовище, у якому реалізується цей метод проектування називають САД-системою (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування), яка є підсистемою системи автоматизованого проектування (САПР).

Саме завдяки комп'ютерним технологіям автоматизованого проектування інженерно-конструкторська діяльність являє собою найбільш розвиненою областю застосування комп'ютерного геометричного моделювання.

У відповідності до ДСТУ 2226-93 «Автоматизовані системи. Терміни та визначення» автоматизована система проектування – це автоматизована система, яка призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, кінцевим результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування [6]. Стадія технічного проектування в цій системі передбачає синтез технічної документації і полягає в автоматизованому перетворенні даних, які виражені на внутрішній мові системи, у текстову та графічну документацію, оформлену за правилами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Більшість сучасних машинобудівельних САПР є комплексними, до їх складу окрім системи конструкторського проектування може входити система розрахунку та інженерного аналізу або CAE-система (computer-aided engineering – комп'ютерна підтримка функціонального проектування) та система технологічної підготовки виробництва або CAM-система (computer-aided manufacturing – комп'ютерна підтримка технологічного проектування). В якості вихідних даних для проектування в CAE/CAD-системах слугує тривимірна геометрична модель, яка створена в CAD-системі.

Описана у роботі [9] І. Норенкова структура CAD/CAM систем машинобудівельної САПР складається з таких модулів:

- геометричне (графічне) ядро, яке реалізує основні операції та процедури геометричного моделювання;
- підсистема двовимірної графіки, яка використовується для отримання креслярської документації;
- підсистема тривимірного твердотільного (об'ємного) моделювання, в якій реалізуються процедури конструктивної геометрії з використанням базових елементів форми;
- підсистема тривимірного поверхневого моделювання, яка призначена для проектування деталей зі складними поверхнями (лопатки турбін, корпуси літаків, автомобілів, кораблів тощо);

- спеціалізовані модулі, орієнтовані на проектування виробів певного типу, наприклад, штампів, деталей з листових матеріалів, литих виробів та інше;

- підсистема для проектування технологічних процесів, синтезу програм для станків з ЧПУ, моделювання механічної обробки та інше;

- база даних, включаючи архівні та довідкові підсистеми;

- підсистема інженерного аналізу;

- підсистема управління даними і проектуванням.

Таким чином сучасні САПР направлені на реалізацію основних функцій інженера-конструктора (науково-дослідницької, проектно-конструкторської, виробничо-організаційної, системотехнічної та соціотехнічної), які в свою чергу напряму пов'язані з геометричною моделлю нового або модернізованого технічного об'єкта.

Висновки. З огляду на вище сказане, можна зробити висновок, що науковці при дослідженні методу геометричного моделювання, яке використовується у професійній проектно-конструкторській діяльності вкладають у його зміст метод побудови саме об'ємної тривимірної комп'ютерної моделі, яка по суті є комп'ютерною, математичною, інформаційною, візуально-образною та має деякі властивості фізичної моделі.

Аналіз методу комп'ютерного геометричного моделювання та зроблене у роботі [1] гносеологічне дослідження цього поняття, дає нам підстави сформулювати власне загальне визначення, за яким комп'ютерне геометричне моделювання – це процес відображення властивостей та відносин реального або уявного об'єкта на спеціально створеній для цього тривимірній геометричній моделі засобами комп'ютерної графіки, дослідження якої дає нам нові знання про цей об'єкт.

Загальною властивістю усіх геометричних комп'ютерних моделей є їхня здатність так чи інакше відображати визначальну інформацію (ідентифікація об'єкта і його структура), візуальну інформацію (зовнішній вигляд), інформацію про форму і точну геометрію (розміри, пропорції та ін.) та деякі

фізичні властивості об'єктів, що моделюються (вага, момент інерції та ін.). Як одна з функцій інженерно-конструкторської діяльності комп'ютерне геометричне моделювання реалізується через інтерактивну систему автоматизованого проектування здатну взаємодіяти зі створеною в ній геометричною моделлю.

Список літератури:

1. Бойко В.А. Щодо змістової характеристики поняття комп'ютерного геометричного моделювання / В. А. Бойко // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи : [збірник наукових праць] / М-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2015. – Вип. 51. – С. 26-32 .

2. Болдин А.Н. Основы автоматизированного проектирования: учебное пособие./ А.Н. Болдин, А.Н. Задиранов – М.: МГИУ, 2006. 104 с.

3. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование : учеб. для учреждений высш. проф. образования / Н. Н. Голованов. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 272 с.

4. Гузенков В. Н. Модель как ключевое понятие геометро-графической подготовки / В. Н. Гузенков, П. А. Журбенко // ALMA MATER. - 2013. - №4. - С.82.

5. Джеджула О. М. Теорія і методика графічної підготовки студентів інженерних спеціальностей вищих навчальних закладів : автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / Джеджула Олена Михайлівна ; Тернопільський національний ун-т ім. Володимира Гнатюка. Т., 2007. - 42 с.

6. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення : -. К.: Держспоживстандарт України, 1994. - 94 с.

7. ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення (ГОСТ 2.051-2006, IDT) К. : Держспоживстандарт України, 2007. - 19 с.

8. ДСТУ ГОСТ 2.052:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронна модель виробу. Загальні положення (ГОСТ 2.052-2006, IDT) - К. : Держспоживстандарт України, 2007. - 19 с.
9. Норенков И. П. Структура CAD/CAM систем [Електронний ресурс] / И. П. Норенков // Основы САПР. Режим доступа: http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou.
10. Панкова Л. А. Способы создания универсального инструментария для компьютерного моделирования / Л.А. Панкова, В.А. Пронина. // Проблемы управления (Control Sciences). – 2006. – № 6. – С. 2-5.
11. Пилюгин В. В. Геометрическое моделирование / В. В. Пилюгин, Л. Н. Сумароков // Матем. моделирование, 6:5, 1994. С 21–36.
12. Райковська Г. Геометричне моделювання – основа конструкторсько-технологічних здібностей / Г. Райковська, В. Головня // Нова пед. думка : наук.-метод. журн. - 2013. - № 1 ч. 2. - С. 68-70.
13. Рукавишников В. А. Геометрическое моделирование как методологическая основа подготовки инженеров / В. А. Рукавишников. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2003. – 184 с.
14. Хейфец А. Л. О реорганизации курса начертательной геометрии на основе 3d компьютерного геометрического моделирования / А. Л. Хейфец // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2012. – № 14 (273). – С. 96 - 100.
15. Хейфец А.Л. Инженерная 3d-компьютерная графика: учеб. пособие для бакалавров / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2014. – 464с.
16. Якунин В.И. Инновационная стратегия комплексной информатизации геометрической и графической подготовки в высшем техническом профессиональном образовании на современном этапе. В. И. Якунин, Р. М. Сидорук, Л. И. Райкин, О. А. Соснина // Научно-методические проблемы графической подготовки в техническом вузе на современном этапе: материалы Междунар. науч.-метод. конф. Астрахань, 2010. - С. 228 – 235.

Аннотация. В статье рассмотрена технология трехмерного компьютерного геометрического моделирования, дано определение понятию компьютерного геометрического моделирования в профессиональной проектно-конструкторской деятельности.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, геометрическая модель, трехмерное компьютерное геометрическое моделирование, CAD / CAM системы.

Annotation. The article deals with the technology of three-dimensional computer geometric modeling, defines of computer-aided geometric modeling in the professional design.

Keywords: geometric modeling, geometric model, three-dimensional computer-aided geometric modeling, CAD / CAM systems.