

ЛЕКЦІЯ 1. Системи автоматизованого проектування

У сучасному виробництві широке поширення одержали **системи автоматизованого проектування (САПР, computer aided design)**, які дозволяють проектувати технологічні процеси з меншими витратами часу та засобів, зі збільшенням точності спроектованих процесів і програм обробки, що скорочує витрати матеріалів та час обробки, завдяки тому, що режими обробки також розраховуються та оптимізуються за допомогою ЕОМ.

Технічне забезпечення САПР *засновано на використанні обчислювальних мереж і телекомунікаційних технологій, персональних комп'ютерів та робочих станцій.*

Математичне забезпечення САПР характеризується різноманітністю *методів обчислювальної математики, статистики, математичного програмування, дискретної математики, штучного інтелекту.* Програмні комплекси САПР відносяться до числа найбільш складних сучасних програмних систем, заснованих на операційних системах Unix, Windows, мовах програмування C, C++, Java і інших, сучасних CASE технологіях, реляційних і об'єктно-орієнтованих системах керування базами даних (СКБД), стандартах відкритих систем і обміну даними в комп'ютерних середовищах.

Проектування, при якому всі проектні рішення або їхня частина одержують шляхом взаємодії людини та ЕОМ, називають *автоматизованими* на відміну від ручного (без використання ЕОМ) або *автоматичного* (без участі людини на проміжних етапах). Система, що реалізує автоматизоване проектування, являє собою систему автоматизованого проектування (в англійській мові написанні **CAD System – Computer Aided Design System**). САПР (або CAD) звичайно використовуються разом із системами автоматизації інженерних розрахунків і аналізу **CAE** (Computer-Aided engineering). Дані із CAD- систем передаються в **CAM** (Computer-Aided manufacturing) – систему автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів.

CAE – автоматизоване конструювання, використання спеціального програмного забезпечення для проведення інженерного аналізу міцності та інших технічних характеристик компонентів, виконаних у системах автоматизованого проектування. Програми автоматизованого конструювання дозволяють здійснювати динамічне моделювання, перевірку та оптимізацію виробів і засобів їхнього виробництва.

CAM – автоматизоване виробництво. Термін використовується для позначення програмного забезпечення, основною метою якого є створення програм для керування верстатами зі ЧПК (числове програмне керування). Вхідними даними CAM- системи є геометрична модель виробу, розроблена в системі автоматизованого проектування. У процесі інтерактивної роботи із тривимірною моделлю в CAM системі інженер визначає траєкторії руху різального інструменту

по заготівлі виробу, які потім автоматично верифікуються, візуалізуються (для візуальної перевірки коректності) і обробляються постпроцесором для одержання програми керування конкретним верстатом.

Структура САПР. САПР складається з *проектуючої* і *обслуговуючої* підсистем. *Проектуючі* підсистеми безпосередньо виконують проектні процедури. Прикладами проектуючи підсистем можуть слугувати підсистеми геометричного тривимірного моделювання механічних об'єктів, виготовлення конструкторської документації, схемотехнічного аналізу, трасування з'єднань у друкованих платах.

Обслуговуючі підсистеми забезпечують функціонування проектуючи підсистем, їхню сукупність часто називають системним середовищем (або оболонкою) САПР. Типовими обслуговуваними підсистемами є підсистеми керування проектними даними (PDM – Product Data Management), керування процесом проектування (DesPM – Design Process Management), користувацького інтерфейсу для зв'язку розробників з EOM, CASE (Computer Aided Software Engineering) для розробки та супроводу програмного забезпечення САПР, навчальні підсистеми для освоєння користувачами технологій, реалізованих у САПР.

На сьогодні створено велику кількість програмно-методичних комплексів для САПР із різними ступенем спеціалізації й прикладною орієнтацією. У результаті автоматизація проектування стала необхідною складовою частиною підготовки інженерів різних спеціальностей; інженер, що не володіє знаннями та не вміє працювати в САПР, не може вважатися повноцінним фахівцем.

Огляд найбільш поширених САПР світових виробників.

AutoCAD – найвідоміший із продуктів компанії Autodesk, універсальна система автоматизованого проектування, що поєднує у собі функції двовимірного креслення й тривимірного моделювання. З'явився в 1982 році і був однією з перших САПР, розроблених для РС. Швидко завоював популярність серед проектувальників, інженерів і конструкторів різних галузей промисловості завдяки демократичним цінам.

AutoCAD прискорює щоденну роботу зі створення креслень і підвищує швидкість і точність їхнього виконання. Середовище концептуального проектування забезпечує легке й інтуїтивне створення і редагування твердих тіл і поверхонь. AutoCAD дозволяє легко й швидко створювати на основі моделі розрізи й проекції, ефективно формувати комплекти креслень і керувати ними: групувати їх по розділах проекту та інших логічних категорій, створювати переліки аркушів, керувати видами креслень, архівувати комплекти проектної документації та організовувати спільну роботу фахівців. Наявні в AutoCAD засоби візуалізації, такі як анімація й реалістичне тонування, допомагають виявити будь-які вади на ранніх етапах проектування.

Формат DWG, що використовується в AutoCAD є стандартом серед проектувальників різних галузей промисловості, крім того, є можливість експорту й імпорту інших розповсюджених файлових форматів, таких як pdf, що дозволяє ефективно організувати обмін даними між фахівцями.

Програма постійно розвивається, серед можливостей, що з'явилися в нещодавно, можна назвати параметричні взаємозв'язки між об'єктами, створення та редагування об'єктів довільної форми тощо. Існують спеціалізовані галузеві

різновиди AutoCAD для архітектури, дорожнього будівництва та землевпорядження, електротехніки, машинобудування тощо. Для фахівців, яким не потрібні функції роботи з 3D графікою, існує полегшена версія AutoCAD, призначена для створення двовимірних креслень – AutoCAD LT.

Рішення Autodesk для промислового виробництва й машинобудування засновані на технології цифрових прототипів, тобто надають конструкторам, інженерам, дизайнерам і технологам можливість повністю досліджувати виріб ще на етапі проектування. За допомогою даної технології виробники створюють цифрові моделі та проекти, конструюють, перевіряють, оптимізують і керують ними на всіх етапах – від ідеї до реального втілення

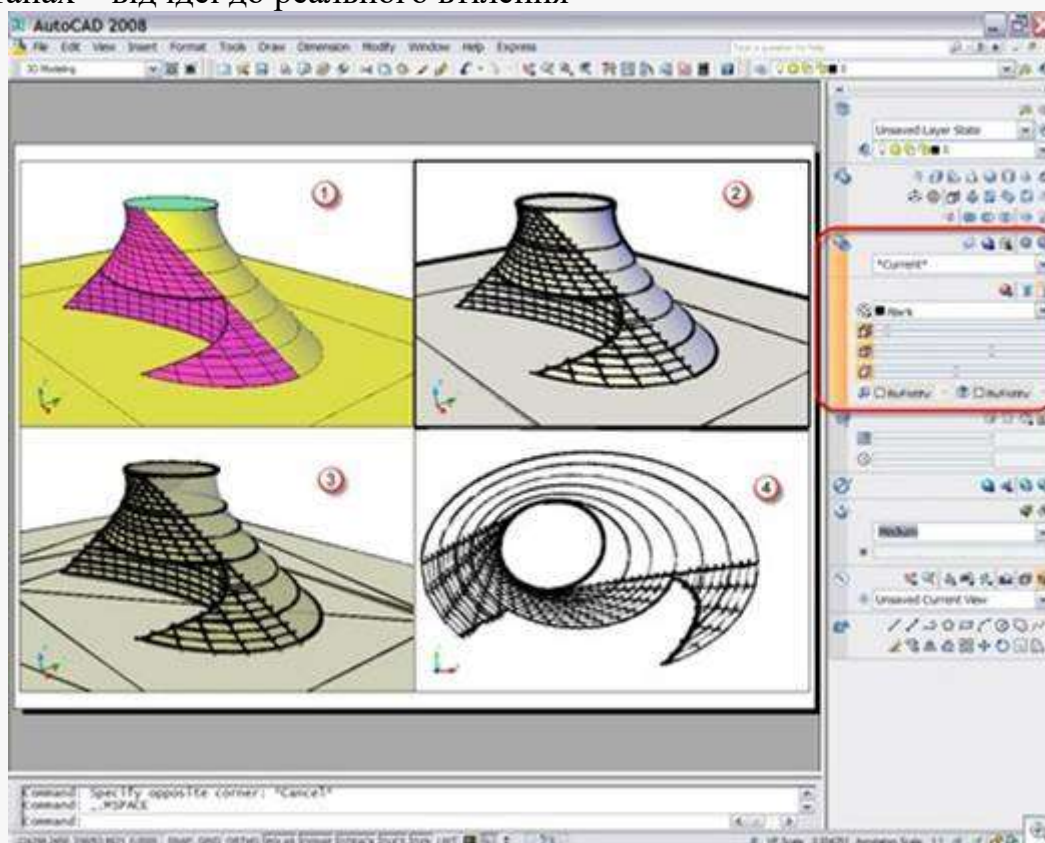


Рисунок 1.16 – Інтерфейс AutoCAD з прикладом 3D моделювання

AutoCAD Mechanical – продукт на платформі AutoCAD для промислового виробництва, що є частиною технології цифрових прототипів Autodesk. Він допомагає прискорити процес проектування, дозволяючи в той же час використовувати досвід і проекти, накопичені при роботі в AutoCAD. Маючи у своєму складі бібліотеки ДСТУ, стандартних деталей і функції автоматизації типових завдань, він забезпечує значний вигравш у продуктивності при проектуванні.

AutoCAD Electrical – це AutoCAD для проектування електричних систем керування, що є важливою частиною технології цифрових прототипів Autodesk і що дозволяє працювати швидко, якісно й зі значно меншими витратами в знайомому середовищу проектування. Спеціалізовані функції й великі бібліотеки умовних позначень дозволяють підвищити продуктивність, усунути ризик виникнення помилок і забезпечити точність інформації, переданої у виробництво.

AutoCAD Inventor Suite являє собою збалансований набір рішень Autodesk для проектування та конструювання в промисловому виробництві. Рішення сполучають у собі інтуїтивне середовище 3D моделювання деталей і виробів з інструментами,

дозволяють конструкторам зосередитися на функціональних вимогах до проекту. Ці інструменти містять у собі автоматичне створення інтелектуальних компонентів, таких як деталі із пластмаси, сталеві каркаси та обертові механізми.

CATIA – система автоматизованого проектування французької фірми Dassault Systems. CATIA V1 була анонсована в 1981 році. У даний момент у світі використовуються дві версії – V4 і V5, які значно відрізняються між собою. CATIA V4 була анонсована в 1993 році й створювалася для Unix- подібних операційних систем, CATIA V5 була анонсована в 1998 році, і це перша з версій, що може працювати під керуванням Microsoft Windows. По завіренню Dassault Systems, CATIA V5 була написана "з нуля" і втілила в собі передові технології САПР. Спочатку CATIA V5 не користувалася особливою популярністю на ринку і щоб стимулювати її використання Dassault Systems висунула концепцію PLM (Product Lifecycle Management). Ідея PLM виявилася вдалою і її підхопила майже вся індустрія САПР. У лютому 2008 року Dassault Systems анонсувала нову версію системи – CATIA V6. V6 буде підтримувати програми моделювання для всіх інженерних дисциплін і колективні бізнес- процеси протягом життєвого циклу виробу. Нова концепція фірми одержала назву "PLM 2.0 на платформі V6". Суть концепції – тривимірне моделювання і колективна робота в реальному часі. Для зв'язку між людьми, що перебувають у різних точках світу, передбачені засоби простого підключення до Web. PLM 2.0 – це новий підхід, що відкриває можливість використовувати інтелектуальні результати онлайнового взаємозв'язку. Кожний користувач може придумувати, розробляти продукти та обмінюватися інформацією на універсальній 3D-мові. Користувачі зможуть у наочній формі оперувати одночасно віртуальними та реальними об'єктами.

Pro/Engineer – CAD система високого рівня. Містить у собі всі необхідні модулі для твердотілого моделювання деталей і створення креслярської документації. Має убудовані можливості для проектування зварених конструкцій.

SolidWorks – продукт компанії SolidWorks Corporation, система автоматизованого проектування у трьох вимірах, працює під керуванням Microsoft Windows. Розроблена як альтернатива для двомірних програм САПР. Придбала популярність завдяки простому інтерфейсу. Основний продукт SolidWorks включає інструменти для тривимірного моделювання, створення креслень, роботи з листовим металом, звареними конструкціям і поверхнями довільної форми. Є можливість імпортування великої кількості файлів 2D і 3D CAD програм. Є API для програмування в середовищі Visual Basic і C. Також включена програма для аналізу методом кінцевих елементів початкового рівня CosmosXpress.

ADEM (Automated Design Engineering Manufacturing) – російська інтегрована CAD/CAM/CAPP-система, призначена для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПП). ADEM був створений як єдиний продукт, що включає в себе інструментарій для проєктантів і конструкторів (CAD), технологів (CAPP - Computer-Aided Process Planning) і програмістів ЧПК. Тому він містить декілька різних предметно-орієнтованих САПР під єдиною логікою керування і на єдиній інформаційній базі. ADEM дозволяє автоматизувати наступні види робіт:

3D і 2D моделювання та проектування; оформлення проектно-конструкторської й технологічної документації; проектування технологічних процесів; аналіз технологічності й нормування проекту; програмування устаткування. ADEM

застосовується у різних галузях: авіаційній, атомній, аерокосмічній, машинобудівній, металургійній, верстатобудівній та інших.

бСАD – 2- і 3- вимірна система автоматизованого проектування, розроблена російською компанією "ПРОПРО Група". бСАD являє собою інтегрований пакет для двовимірного креслення, об'ємного моделювання й реалістичної візуалізації. Система одержала широке поширення в меблевому виробництві та дизайні інтер'єрів. Незважаючи на досить розвинені засоби проектування, у промисловості практично не застосовується.

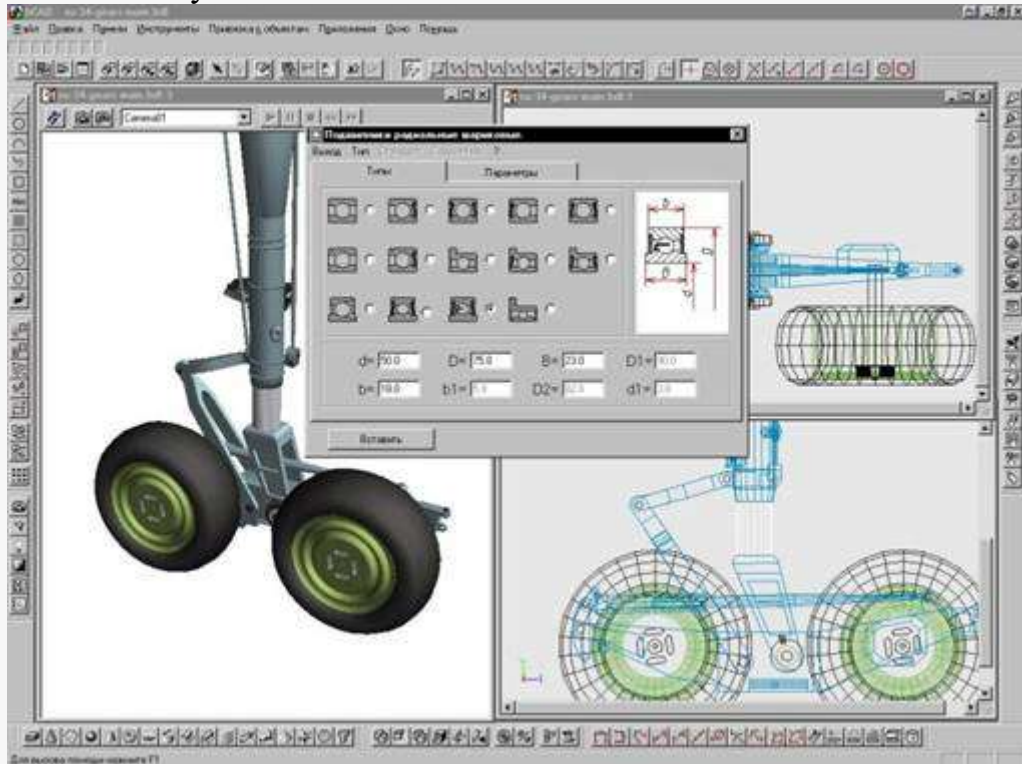


Рисунок 1.17 – Інтерфейс бСАD з прикладом 3D моделювання

T-FLEX CAD – система автоматизованого проектування, розроблена компанією "Топ Системи" з можливостями параметричного моделювання і наявністю засобів оформлення конструкторської документації відповідно до стандартів серії ЕСКД (Єдина система конструкторської документації). T-FLEX CAD є ядром комплексу T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM – набору засобів для рішення завдань технічної підготовки виробництва в різних галузях промисловості. Комплекс поєднує системи для конструкторського і технологічного проектування, модулі підготовки керуючих програм для верстатів та інженерних розрахунків. Всі програми комплексу функціонують на єдиній інформаційній платформі системи технічного документообігу і ведення складу виробів.

КОМПАС – система автоматизованого проектування, розроблена російською компанією "АСКОН" з можливостями оформлення проектної й конструкторської документації відповідно до стандартів серії ЕСКД і СПДБ (Система проектної документації для будівництва). Існує у двох версіях: Компас- Графік і КОМПАС-3D, відповідно призначених для плоского креслення і тривимірного проектування.

MechaniCS – додаток до AutoCAD або Autodesk Inventor, призначене для оформлення креслень відповідно до ЕСКД, проектування систем гідропневмоелементів, зубчастих зачеплень, валів, інженерного аналізу, розрахунку розмірних ланцюгів, створення користувальницьких бібліотек. MechaniCS забезпечує фахівця всім необхідним для проектування машинобудівних об'єктів:

більш ніж 1500 стандартами (включаючи ДСТУ, ОСТ, ДІ і ISO) і уніфікованими компонентами, можливістю створювати власні інтелектуальні об'єкти, виконувати інженерні розрахунки з відображенням результатів на моделі, оформляти проєкції креслень по ЕСКД і багато іншого. MechaniCS дає конструкторові можливість застосовувати не тільки геометричні параметри стандартних елементів, але і їхні механічні властивості. На об'єкти в складальних кресленнях (при використанні AutoCAD) можна накладати геометричні і параметричні залежності, використовувати попередньо встановлені залежності при їхньому розміщенні на кресленні.

Контрольні запитання та завдання

1. Що таке модель? В чому суть процесу моделювання?
2. При моделюванні об'єкт відображується у моделі. А чи існує зворотне відображення?
3. Як визначається адекватність моделі, чим вона характеризується?
4. Перечисліть причини можливої неадекватності моделей?
5. Як ви розумієте вираз «модель адекватна реальному процесу»?
6. Дайте означення основних характеристик точності моделі?
7. Що таке обчислювальний експеримент? Як він реалізується?
8. Наведіть приклади типових задач обчислювальної математики. Класифікуйте їх за видом математичного апарату та за фізичною сутністю. Покажіть застосування цих методів для розв'язання прикладних задач автоматизації та управління.
9. Що є джерелами похибок моделювання?
10. Чим відрізняються локальна та глобальна похибки?
11. Якими якісними показниками характеризується модель?
12. З якої послідовності етапів складається процес побудови математичної моделі?
13. Якими можуть бути види вхідних параметрів математичної моделі? Приведіть приклади.
14. Дайте означення гомеоморфізму і ізоморфізму.
15. Для вирішення яких задач може бути використана математична модель?
16. Що розуміють під поняттям коректна модель? Які умови повинна задовольняти коректна модель?
17. Який вид моделей є ізоморфним оригіналу?
18. В чому полягає принципова різниця між аналітичними та імітаційними моделями?
19. Інструменти імітаційного моделювання, призначення та класифікація. Сучасні тенденції в імітаційному моделюванні.
20. Які моделі використовуються для прогнозування процесів на фінансовому та фондовому ринках?
21. Проведіть аналіз та класифікацію декількох математичних моделей в цікавій для вас області, опишіть особливості кожного етапу моделювання. Встановіть аналоги розглянутих математичних моделей в інших областях.
22. Сформулюйте декілька варіантів змістовних постановок задач моделювання роботи: продовольчого магазину; регульованого перехрестя доріг; факультету вузу тощо.
23. Розгляньте процедуру комп'ютерного моделювання починаючи з математичного опису до алгоритму та програми для заданої задачі: кулька

з'являється на екрані комп'ютера усередині прямокутника в точці (x_c, y_c) і рухається до досягнення однієї зі "стінок" прямокутника зі швидкістю $\vec{v} = (v_x, v_y)$ (v_x і v_y – горизонтальна та вертикальна складові вектора швидкості, x_c, y_c – координати центра кульки в даний момент часу).

24. Доповнимо завдання 17 ще однією умовою: якщо кулька досягає краю прямокутника, то вона відбивається від стінки й продовжує рух.

25. Розгляньте процедуру комп'ютерного моделювання починаючи з математичного опису до алгоритму та програми для заданої задачі: дві однакових кульки рухаються на екрані, вдаряючись одна в одну вони змінюють напрямок руху.