

# ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 621.3.04: 621.313.001

**Голубєва С.М.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

**Морнева М.О.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

**Торопов А.С.**

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

## ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА СИСТЕМ ГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І ПРИНЦИПІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ СТУДЕНТАМИ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

*З метою визначення ефективної системи графічного моделювання для впровадження в навчальний процес із дисциплін електротехнічного напрямку проводиться аналіз сучасних програмних продуктів. Зроблено висновок про доцільність використання в області графічного моделювання програмних систем AutoCAD, «Компас» та Microsoft Visio.*

**Ключові слова:** програмний продукт, графічний редактор, твердотільне моделювання, геометрична модель, проектування поверхонь, конструкторська документація, автоматизація.

**Постановка проблеми.** Нині під час виготовлення креслень та іншої конструкторської документації системи графічного моделювання практично повністю витіснили традиційний спосіб креслення – кульман. Використання комп'ютера надає студентам ВНЗ, конструкторам і технологам безліч переваг у виготовленні креслень, звільняє їх від рутинної роботи, а також різко підвищує продуктивність праці (за деякими оцінками в 2–2,5 раза).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Системи графічного моделювання орієнтовані на роботу в інтерактивному режимі, надаючи проектувальникові оперативний доступ до графічної інформації, просту і ефективну мову управління її обробкою з практично необмеженими можливостями контролю результатів. Зрештою, вдається автоматизувати саму трудомістку частину роботи (у процесі традиційного проектування на розробку й оформлення креслень припадає близько 70% від загальних трудовитрат конструкторської роботи, 15% – на організацію і ведення архівів, і 15% – власне на проектування, що включає розробку конструкції, розрахунки, узгодження тощо).

**Постановка проблеми.** Першим, найбільш значним результатом в області розробки програм-

них засобів моделювання є створення інтерактивних графічних редакторів (систем автоматизованого креслення CADD – Computer-Aided Design and Drafting).

Спеціалізація графічних редакторів привела до появи цілої низки утиліт, одні з яких вбудовуються в ядро редактора, а інші застосовуються як незалежні сервісні програми [4, с. 5]. Нині розвиток програмних засобів відбувається в напрямі вирішення досить невеликого кола проблем, до яких, насамперед, належать ефективність твердотільного моделювання, параметризація, а також асоціативність і програмний інтерфейс.

Метою статті є визначення ефективної графічної системи для впровадження в навчальний процес із дисциплін електротехнічного напрямку, проведення аналізу сучасних програмних продуктів. У цій статті розкриваються принципи автоматизації проектування, а також розглядаються питання архітектури та інформаційного забезпечення системи графічного моделювання, проводиться порівняльний аналіз найбільш поширених систем графічного моделювання: CATIA, AutoCAD, I-DEAS, Unigraphics, «Компас» та Microsoft Visio.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нині існують двомірні і тримірні графічні

системи. Двовірні графічні системи широко застосовуються за умови автоматизації креслярських робіт. Креслення будь-якої складності будуються з базових графічних елементів: точок, прямих, кіл та інших кривих. Кожен із цих елементів задається групою характерних точок, координати яких можуть визначатися в абсолютній (світової) системі координат або щодо попередньо введеної точки (інкрементне введення). При цьому використовують кілька способів завдання точок: зазначенням на екрані за допомогою миші; введенням чисел із клавіатури; «прив'язкою» до деякого елементу креслення, в околиці якого розташовується покажчик.

Перший спосіб використовують в основному для створення ескізів, а другий і третій – для побудови точних зображень. Особливо зручним є третій спосіб, який дає змогу «захопити» найближчий до курсора вже побудований елемент і ввести точні координати кінця або середини відрізка, центру кола, точки перетину прямих тощо.

У тримірних системах використовуються точки з трьома координатами, що дає змогу автоматично встановлювати проєкційні зв'язки. Так, у цьому разі куб описується вісьмома трьохмірними точками XYZ, за якими знаходяться проєкції XY, YZ і XZ. Під час використання таких систем зазвичай починають із побудови тримірного зображення, а двовірні види формуються на останньому етапі, під час виведення креслень. Використання тривимірних систем нині вже не стримується вартістю програмних засобів і устаткування [4, с. 22].

Відповідно до вищевикладеного виділимо два підходи до конструювання виробів.

Перший підхід базується на двовірній геометричній моделі – графічному зображенні і використанні комп'ютера як електронного кульмана, що дає змогу значно прискорити процес конструювання і поліпшити якість оформлення конструкторської документації. Центральне місце в цьому підході до конструювання займає креслення, яке служить засобом графічного представлення виробу, що містить інформацію для вирішення графічних завдань, а також виготовлення виробу.

В основі другого підходу лежить комп'ютерна просторова геометрична модель виробу, яка є більш наочним способом подання оригіналу. При цьому креслення відіграє допоміжну роль, а методи його створення засновані на методах комп'ютерної графіки, методах відображення просторової моделі.

Нині застосовують близько десяти найпоширеніших систем геометричного моделювання.

Універсальні програмні продукти представлені такими загальноновизнаними продуктами, як: CATIA, AutoCAD, I-DEAS, Unigraphics, «Компас» та Microsoft Visio. Коротко охарактеризуємо вибрані продукти.

1. Система CATIA. Система CATIA, розроблена французькою фірмою Dassault Systemes, з'явилася на світовому ринку в 1981 р. Спочатку вона призначалася для літакобудування, але поступово знайшла застосування в автомобільній промисловості та інших галузях. Нині система CATIA поширюється фірмою IBM і активно використовується такими фірмами, як Boeing, Chrysler, ГАЗ і ВАЗ.

Система CATIA має одну з найдосконаліших методик проєктування поверхонь (модулі Surface Design, Advanced Surface Design, FreeForm Design) і аналізу їх якості за кривизною, гладкістю, безперервністю в областях сполучення тощо. За необхідності поверхневі моделі можуть бути перетворені на твердотільні. Складні криві будуються на базі кривих Безьє. Поверхні, які не можна описати стандартними типами елементів, можуть бути апроксимувати точками із заданими координатами, за якими будуються біпараметричні поліноміальні функції.

2. Система фірми Autodesk, на ній AutoCAD. Найбільш поширеним і відомим програмним продуктом фірми Autodesk є пакет AutoCAD, перші версії якого були орієнтовані на двовірне креслення і випуск конструкторської документації. У процесі вдосконалення цей пакет перетворився на розвинуту середу тривимірного моделювання проєктів в архітектурі, будівництві, машинобудуванні, картографії та інших галузях. Останні версії пакету AutoCAD можуть виконуватися як на персональних комп'ютерах під управлінням DOS, Windows, Windows NT, так і на UNIX-платформах (Silicon Graphics, Hewlett-Packard, Sun SPARC-Station, IBM R/6000). Ядро системи написано мовою C++ і являє собою об'єктно-орієнтоване середовище, що є основою для безлічі прикладних програм, що створюються як самою фірмою Autodesk, так і її партнерами. Їх число вже перевищило 5 000.

Процес створення трьохмірних моделей в AutoCAD Designer відбувається в два етапи: спочатку задається плоский ескіз деталі, а потім йому надається третій вимір. Під час конструювання складальної одиниці користувачеві досить задати параметричні зв'язки між наявними об'єктами, обмежуючи число ступенів свободи проєктованої механічної системи. Для розроблених моде-

лей автоматично генеруються двомірні проєкції (види), причому постійно діє двонаправлений параметричний зв'язок модель-креслення. Це дає змогу завдяки можливостям параметричного креслення вносити зміни як на самій тривимірній моделі, так і на її двомірних видах шляхом коригування окремих розмірів. У модулі також є вбудовані функції, які виявляють взаємне пересічення деталей у складальних одиницях.

3. *Система I-DEAS*. Торгова марка I-DEAS об'єднує цілу низку програмних продуктів, які можна розглядати як інтегрований комплекс CAD/CAM/CAE. Ці програмні засоби створені фірмою SDRC (Structural Dynamics Research Corporation) і призначені для автоматизації розробки металевих конструкцій в аерокосмічній, автомобільній та інших галузях промисловості. Помітними особливостями I-DEAS є можливість розподілу користувальницьких ліцензій за неоднорідними локальними мережами, які містять робочі станції різних виробників (HP, IBM, SUN та ін.), а також наявність вбудованих засобів кінцево-елементного моделювання, оптимізації та автоматизації випробувань. Крім того, «історія» процесу проєктування запам'ятовується у вигляді дерева, будь-яку гілку якого можна редагувати.

У 2001 р. у результаті об'єднань компаній Unigraphics Solution з SDRC, система I-DEAS перестала розвиватися. Використання вдалих рішень двох систем I-DEAS і Unigraphics (UG) було інтегровано в систему Unigraphics NX.

4. *Система Unigraphics*. Система Unigraphics фірми EDS широко поширена в аерокосмічній і автомобільній промисловості, а також машинобудуванні. Її відмінними рисами є наявність засобів гібридного тримірного моделювання, асоціативної бази даних, розвинених засобів моделювання складальних вузлів і створення креслень. До складу системи Unigraphics входить кілька десятків модулів, основними з яких є:

- UG/Solid Modeling – базовий модуль тримірного гібридного моделювання (дротяного, поверхневого, твердотільного та їх модифікацій);
- UG/Freeform Modeling – модуль трьохмірного моделювання складних «скульптурних» поверхонь;
- UG/Drafting – модуль автоматизованого креслення, який підтримує всі основні промислові стандарти (ANSI, ISO, DIN, JIS) і включає в себе засоби формування ортогональних і ізометричних проєкцій, розрізів, перетинів тощо;
- UG/Mechanisms – модуль проєктування і моделювання двомірних і тримірних механічних систем

безпосередньо в середовищі пакету Unigraphics, що дає змогу здійснювати повний кінематичний аналіз, оцінити зазори між елементами, виявити зіткнення, обчислити сили, моменти тощо.

5. *Система «Компас»*. «Компас» – сімейство систем автоматизованого проєктування з можливостями оформлення проєктної та конструкторської документації відповідно до стандартів серії ЕСКД і СПДБ. Розробляється російською компанією «Аскон».

«Компас» випускається в кількох редакціях: «Компас-Графік», «Компас-СПДС», «Компас-3D», «Компас-3D LT», «Компас-3D Home». «Компас-Графік» може використовуватися і як повністю інтегрований у «Компас-3D» модуль роботи з кресленнями й ескізами, і як самостійний продукт, який надає засоби вирішення завдань 2D-проєктування та випуску документації.

Система має простий і зрозумілий інтерфейс, який дає змогу швидко засвоїти функціонал і приступити до роботи. Щоб перші кроки роботи в системі були легшими, КОМПАС-3D містить інтерактивні уроки для вивчення основного інструментарію, які зібрані в «Азбуці КОМПАС-3D». Ця азбука допоможе вам на готових прикладах розібратися в можливостях КОМПАС-3D і в найкоротші терміни почати вирішувати робочі завдання. «Азбука КОМПАС-3D» містить приклади: створення твердотільної і поверхневої моделі, створення деталей і складальних одиниць, створення листових деталей, колективної роботи над збірками.

6. *Система Microsoft Visio*. Microsoft Visio – редактор діаграм для Windows і редактор векторної графіки. Доступний у двох версіях, стандартний і професійний. Додаток був уперше створений у 1992 р. компанією Шейпвєре (Shapeware corporation).

Microsoft Visio – незалежна система побудови діаграм, що пропонує засоби для наочного уявлення ідей, інформації і систем. Visio дає змогу визначати і документувати будь-які складні конструкції, з якими ви стикаєтеся у своїй повсякденній роботі, і пропонує можливість ефективного обміну ідеями та інформацією. Крім цього, використання діаграм Visio в документах Office дає змогу представити інформацію в більш стислому вигляді, зробити основну ідею такою, що більше запам'ятовується, й усунути багато технічних і культурних бар'єрів.

Основний засіб представлення даних у Visio – це векторні фігури, на основі яких будується діаграма або план. Заради зручності фігури

згруповані по тематичних категоріях, у кожній з яких можна побачити схожі на вигляд або за темою елементи. Фігури відображаються на однойменній області завдань. Із метою додавання фігури у проєкт треба просто перетягнути її на робочу область, після чого можна відкоректувати її розміри, задати властивості і параметри відображення.

**Аналіз результатів.** Проведено аналіз використання студентами технічних спеціальностей описаних програм при вивченні електротехнічних дисциплін (табл. 1) [5, с. 46]. Згідно з табл. 1, найбільшу затребуваність мають три продукти (AutoCAD, «Компас», Microsoft Visio). Це означає, що модель накреслити в них простіше, немає необхідності знайомитися з мовою системної графіки.

За кількістю можливих реалізацій однієї і тієї самої моделі різними засобами найкращим продуктом варто вважати програму AutoCAD та «Компас».

Для підвищення об'єктивності порівняння потрібне додаткове дослідження із залученням досить широкого кола експертів.

**Висновки.** Цю роботу можна розглядати як заділ у складанні порівняльної оцінки програмних систем графічного моделювання.

За результатами роботи представляється, що системи графічного моделювання необхідно розглядати як нерозривну сукупність «користувачі – технічні засоби – ПЗ проєктування». Керуючись цим принципом, основні класифікаційні характеристики систем можна розбити на такі групи:

Таблиця 1  
**Порівняння систем графічного моделювання використовуваних студентами під час вивчення вишівських технічних дисциплін**

Засіб графічного моделювання	Відсоток вивчення студентами засобу графічного моделювання
AutoCAD	100
«Компас»	100
Microsoft Visio	90
CATIA	10
I-DEAS	0
Unigraphics	10

1. загальні характеристики, що визначають взаємодію систем як єдиного цілого (призначення і спосіб організації інформаційних потоків);

2. програмні характеристики, що розділяють системи за окремими особливостями програмних рішень (спеціалізація, організація внутрішньої структури, функціональне розширення, обмін інформацією, спосіб створення змінюваних прототипів, методи моделювання функцій);

3. технічні характеристики, що визначають особливості використовуваних у системах графічного моделювання засобів обчислювальної техніки і периферійного обладнання;

4. ергономічні характеристики, що оцінюють ефективність взаємодії користувача із програмно-технічними засобами.

#### Список літератури:

1. Михайленко В.Е. Геометрическое моделирование и машинная графика в САПР: Учебник для студентов вузов по специальности «Системы автоматизированного проектирования» / В.Е. Михайленко, В.Н. Кислокий, А.А. Ляшенко и др. Киев: Вища шк., 1991. 373 с.
2. Кудрявцев Е.М. Mechanical Desktop Power Pack. Основы работы в системе. М.: ДМК Пресс, 2001. 544 с.
3. Климов А.С. Форматы графических файлов. Киев: НИПФ «ДиаСофт Лтд.», 1995. 479 с.
4. Пашкевич А.П. Основы систем автоматизированного проектирования: Метод. Пособие / А.П. Пашкевич, О.А. Чумаков. Мн.: БГУИР, 2004. 48 с.
5. Голубева С.М. Порівняльна оцінка програмних пакетів комп'ютерного моделювання інженерних процесів / С.М. Голубева, М.О. Морнева. Вісник СХУ ім. В. Даля. 2017. № 3 (233). С. 44–47.

#### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМ ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТУДЕНТАМИ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

С целью определения эффективной системы графического моделирования для внедрения в учебный процесс по дисциплинам электротехнического направления, проводится анализ современных программных продуктов. Сделан вывод о целесообразности использования в области графического моделирования программных систем AutoCAD, «Компас» и Microsoft Visio.

**Ключевые слова:** программный продукт, графический редактор, твердотельное моделирование, геометрическая модель, проектирование поверхностей, конструкторская документация, автоматизация.

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF GRAPHIC MODELING SYSTEMS AND DESIGN  
AUTOMATION PRINCIPLES WHEN USING ENGINEERING PROFESSIONS  
BY UNIVERSITY UNDERGRADUATES**

*In order to determine an effective graphical modeling system for introduction into the educational process in the disciplines of electrical engineering, an analysis of modern software products is carried out. The conclusion is made about the expediency of using the AutoCAD, "Compass" and Microsoft Visio software systems in the field of graphical modeling.*

**Key words:** *software, graphics editor, solid modeling, geometric model, surface design, design documentation, automation.*