

диференціальних рівнянь, і розв'язування таких задач буде можливим у загальному випадку тільки за умов використання обчислювальних методів. В той же час, у більшості існуючих досліджень [6] такі задачі розглядаються для невеликої кількості рівнянь і здійснюються переважно за допомогою аналітичних методів. Разом із тим, відомі окремі результати [8] використання обчислювальних методів для розв'язування задач керованості рівняння теплопровідності.

**ВИСНОВКИ.** В ході роботи було розглянуто задачі про нагрівання плоскої нескінченної стінки, на прикладі яких було показано застосування методу напівдискретизації, що відомий також як метод прямих та заснований на використанні сіток тільки щодо просторових координат.

Розглянувши задачу з граничними умовами першого, другого та третього роду, було показано, що метод напівдискретизації дійсно можна використовувати для зведення задач керованості диференціальними рівняннями теплопровідності в частинних похідних до задач керованості звичайними диференціальними рівняннями, для яких ця проблема є більш вивченою.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Fourier J. Théorie analytique de la chaleur. – Paris, Chez Firmin Didot, Père et Fils, 1822. – 670 p.
2. Лыков А. В. Теория теплопроводности – М.: Высш. шк., 1967. – 600 с.
3. Зарубин В. С. Инженерные методы решения задач теплопроводности. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 326 с.
4. Ozisik M. N. Heat Conduction. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 1993. – 693 с.
5. Patankar S. V. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow – Taylor & Francis, 1980. – 197 с.
6. Коробов В. И. Метод функции управляемости. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 576 с.
7. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей: В 2-х томах: Т. 1: Пер. с англ. – Москва: Мир, 1991. – 504 с.
8. Nevliudov I., Romashov Y. Mathematical foundations of engineering approaches to design the automated systems // Manufacturing & Mechatronic Systems 2020: Proceedings of IV-th International Conference, – Kharkiv: [electronic version], 2020. – 146 p. – p. 12-16.

***Науковий керівник:** Ромашов Юрій Володимирович, доцент, доктор технічних наук, професор кафедри прикладної математики, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна.*

**УДК: 004.94**

#### **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ CAD/CAM/CAE СИСТЕМ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

**Білоус М. Ю.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua

**Анотація:** В роботі проаналізовано застосування засобів САПР у приладобудуванні. Розглянуто класифікації, види та характеристики САПР. Проаналізовано системи для проектування. В результаті аналізу визначені основні особливості систем для проектування виробів, розробки 3-D та 2-D моделей.

**Ключові слова:** проектування, засоби, моделювання, системи.

## ANALYSIS OF MODERN CAD / CAM/CAE SYSTEMS IN INSTRUMENT ENGINEERING

**M. Bilous**

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua

**Annotation:** The paper analyzes the use of CAD latches in instrument engineering. Classifications, types and characteristics of CAD are considered. Systems for design are analyzed. As a result of the analysis, the main features of systems for product design, development of 3–D and 2–D models are determined.

**Key words:** design, tools, modeling, systems.

ВСТУП. Розробка і виробництво виробів приладобудування пов'язана з вирішенням схемотехнічних, конструкторських і технологічних завдань.

В рамках життєвого циклу виробів приладобудування система автоматизованого проектування (САПР) вирішує завдання автоматизації робіт на стадіях проектування і підготовки виробництва на основі використання інформаційних технологій.

У загальному випадку САПР являє собою комплекс програмних, технічних, технологічних та інформаційних засобів, а також персонал системи, призначений для автоматизації процесів проектування.

Результатом проектування служить комплекс технічної документації, що містить достатні відомості для виготовлення об'єкта.

В даний час прийнято розділяти САПР на системи інженерної графіки (CAD), системи інженерних розрахунків (CAE), системи автоматизації підготовки та управління виробництва (CAM).

CAD–системи (computer–aided design) призначені для вирішення конструкторських завдань і оформлення конструкторської документації. У сучасні CAD–системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції і оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей і т.д.).

CAE–системи (computer–aided engineering) – це клас систем, кожна з яких дозволяє вирішувати певну розрахункову задачу, починаючи від розрахунків на міцність, аналізу та моделювання теплових процесів і т.д. у CAE–системах використовується тривимірна модель виробу, створена в системі CAD.

CAM–системи (computer–aided manufacturing) призначені для проектування обробки виробів на верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ) і видачі програм для цих верстатів. В даний час CAM–системи є одним з основних способів виготовлення складно–профільних деталей і скорочення циклу їх виробництва.

КЛАСИФІКАЦІЯ САПР. Класифікувати САПР можна за такими ознаками:

- по ступеню формалізації вирішуваних задач;
- по функціональному призначенню;
- по спеціалізації;
- по технічній організації.

По ступеню формалізації вирішуваних задач САПР можуть бути побудовані на вирішенні:

- повністю формалізованих задач;
- частково формалізованих задач;
- не формалізованих задач.

Системи побудовані на рішенні задач, що повністю формалізуються, для проектування складних конструкцій зазвичай не придатні, оскільки математичні моделі об'єктів проектування і процесів їх функціонування настільки складні, що повний і точний їх математичний опис на сьогоднішній день неможливий. Такі системи можуть застосовуватися тільки для вирішення простих задач проектування.

Системи побудовані на вирішенні задач, що не формалізуються, в даний час знаходяться у стадії досліджень і розробки («штучний інтелект») і для проектування також не застосовуються.

Необхідно відзначити, що в обох випадках процес проектування відбувається без втручання людини. Таким чином мова йде не про системи автоматизованого, а автоматичного проектування.

Для вирішення завдань у багатьох галузях промислового виробництва у даний час придатні тільки системи, побудовані на рішенні задач, що частково формалізуються.

Безумовно, частина завдань, пов'язаних з проектуванням деяких простих елементів конструкції може бути вирішена з використанням автоматичного проектування, але для проектування складних агрегатів і систем сьогодні повна автоматизація неможлива. Крім того, якщо йдеться про такі поняття, як форма пристрою, деталі інтер'єру, то на їх конструкцію крім функціональних вимог (аеродинамічні властивості, ергономіка, безпека) впливають і суб'єктивні чинники, наприклад мода, що також неможливо описати мовою математичних залежностей.

За технічною організацією САПР бувають однорівневі, побудовані на базі однієї достатньо продуктивної ЕОМ (електронно-обчислювальна машина) з набором необхідних периферійних пристроїв, і багаторівневі, такі, що включають крім базової ЕОМ ряд підпорядкованих їй автоматизованих робочих місць (АРМ), що побудовані на основі ЕОМ нижчого рівня.

За комплексності автоматизації, під якою розуміється число виконуваних етапів проектування, САПР діляться на: легкі, середні, важкі.

Легкі (одноетапні) – виконується один етап проектування, наприклад розводка друкованих плат, створення складального креслення.

Прикладом легких САПР є: AutoCAD, Компас-3D. Вони застосовуються для виконання майже всіх робіт з двовимірними кресленнями і мають обмежений набір функцій з тривимірною моделювання. За допомогою цих систем виконуються близько 90% всіх робіт з проектування. Наявні обмеження роблять їх не завжди досить зручними. Типова легка САПР повинна вирішувати наступні завдання: виробляти геометричні побудови; виконувати стандартне нанесення розмірів; виконувати 3-х мірне моделювання; мати можливість роботи з бібліотекою графічних і текстових об'єктів; робота з технічною документацією.

Середні (багатоетапні) САПР займають проміжне положення між важкими і легкими САПР, але при цьому дозволяють виконувати 90% всіх функцій важких, а за вартістю близькі до легких. Прикладами середніх САПР є: Solid Works, Solid Edge, Компас-3D.

Важкі САПР (комплексні) виконується кілька етапів проектування, наприклад, оформляється повна конструкторська документація на виготовлення.

Ці системи, які, по-перше, забезпечують весь цикл створення виробу від концептуальної ідеї до реалізації, а по-друге (і це найголовніше), створюють проектно-технологічне середовище для одночасної роботи всіх учасників створення виробу з єдиною віртуальною електронною моделлю цього виробу. Ці САПР об'єднують систем CAD / CAM / CAE, найбільш громіздкі і складні в роботі, мають значну вартість. Системи застосовуються для вирішення найбільш трудомістких завдань-моделювання поведінки складних систем в реальному масштабі часу, оптимізації розрахунків з візуалізацією результатів. Прикладами важких САПР є: CATIA, Pro / ENGINEER, NX.

### **AutoCAD**

AutoCAD – найпоширеніша CAD-система в світі, що дозволяє проектувати як в двовимірному, так і тривимірному середовищі. За допомогою AutoCAD можна будувати 3D-моделі, створювати і оформляти креслення і багато іншого. AutoCAD є платформною САПР, тобто ця система не має чіткої орієнтації на певну проектну область, в ній можна виконувати хоч Будівельні, хоч машинобудівні проекти, працювати з дослідженнями, електрикою і багатьом іншим.

До особливостей можна віднести:

– стандарт "де факто" у світі САПР;

- широкі можливості налаштування та адаптації;
- засоби створення додатків на вбудованих мовах (AutoLISP та ін.) і із застосуванням API;
- велика кількість програм сторонніх розробників.

Крім того, Autodesk розробляє вертикальні версії AutoCAD – AutoCAD Mechanical, AutoCAD Electrical та інші, які призначені для фахівців відповідної спрямованості.

### **SolidWorks**

Тривимірний програмний комплекс для автоматизації конструкторських робіт промислового підприємства. Розробник – компанія Dassault Systemes.

До особливостей можна віднести:

- продуманий інтерфейс користувача, що став зразком для наслідування;
- велика кількість надбудов для вирішення вузькоспеціалізованих завдань;
- орієнтація як на конструкторську, так і на технологічну підготовку виробництва;
- розпізнавання та параметризація імпортованої геометрії;
- інтеграція з системою SolidWorks PDM.

### **SolidEdge**

Система тривимірного моделювання машинобудівних виробів, яку розробляє Siemens PLM Software.

До особливостей можна віднести:

- комбінацію технологій параметричного моделювання на основі конструктивних елементів і дерева побудови з технологією прямого моделювання в рамках однієї моделі;
- розрахункові середовища, включаючи технологію генеративного дизайну;
- розширені можливості проектування литих деталей і оснащення для їх виготовлення;
- вбудований модуль автоматизованого створення схем і діаграм.

### **Компас–3D**

Компас–3D – це система параметричного моделювання деталей і збірок, яка використовується в галузях машинобудування, приладобудування та будівництва. Розробник – компанія Аскон (Росія).

До особливостей можна віднести:

- простий і зрозумілий інтерфейс;
- використання тривимірного ядра власної розробки (С3D);
- повна підтримка ГОСТ і ЕСКД при проектуванні та оформленні документації;
- великий набір надбудов для проектування окремих розділів проекту;
- гнучкий підхід до оснащення робочих місць проектувальників, що дозволяє заощадити при покупці;
- можливість інтеграції з системою автоматизованого проектування технологічних процесів ВЕРТИКАЛЬ та іншими системами єдиного комплексу.

### **PTC Creo**

Система 2D і 3D параметричного проектування складних виробів від компанії PTC. CAD PTC Creo широко використовується в різних областях дизайну.

До особливостей можна віднести:

- ефективна робота з великими і дуже великими збірками;
- моделювання на основі історії та інструменти прямого моделювання;
- можливість масштабування функціональності системи в залежності від потреб користувача;
- різні уявлення єдиної, централізованої моделі, що розробляється в системі;
- тісна інтеграція з PLM – системою PTC Windchill.

### **NX**

NX – флагманська система САПР виробництва компанії Siemens PLM Software, яка використовується для розробки складних виробів, що включають елементи зі складною формою і щільним компонуванням великої кількості складових частин.

До особливостей можна віднести:

- підтримка різних операційних систем, включаючи UNIX, Linux, Mac OS X і Windows;
- одночасна робота великої кількості користувачів в рамках одного проекту;
- повнофункціональне рішення для моделювання;
- просунуті інструменти промислового дизайну (вільні форми, параметричні поверхні, динамічний рендеринг);
- глибока інтеграція з PLM-системою Teamcenter.

### **САТІА**

Система автоматизованого проектування від компанії Dassault Systemes, орієнтована на проектування складних комплексних виробів, в першу чергу, в області авіабудування і кораблебудування.

До особливостей можна віднести:

- орієнтація на роботу з моделями складних форм;
- глибока інтеграція з розрахунковими і технологічними системами;
- можливості для колективної роботи тисяч користувачів над одним проектом;
- підтримка міждисциплінарної розробки систем.

**ВИСНОВКИ.** Таким чином, в ході проведеного аналізу застосування засобів САПР у приладобудуванні, класифікації та види САПР: САТІА, NX, PTC Creo, Компас-3D, SolidEdge, SolidWorks, AutoCAD. Були виділені їх основні особливості, що будуть передумовою для вибору систем, які зможуть вирішити поставлені завдання.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Савёлов И. Н., Довнар, А. С., Плытник Е. А., Савёлов П. И. Применение современных САПР в электронном приборостроении. 2019.
2. Зарипова Р. С., Галямов Р. Р. Применение машиностроительных САПР для проектирования цифровых аналогов приборов. // Наука и образование: новое время. – 2019. – № 1. С. 96–98.
3. Митрофанов А. Н. Сравнительный анализ систем автоматизированного проектирования изделий машиностроения // Дневник науки. – 2020. – № 9. – С.13–14.
4. Бесхлебнов И. В. Классификация САПР и их функциональное назначение // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 6. С. 6.
5. Нестерова Н. В., Пыхтырев В.С., Сырякин В.И. Основы приборостроения: учебное пособие. 2018.
6. Ганиева Т. И., Тожикулов Х. Ю. Основы построения автоматизированных информационных систем. // Техника и технологии машиностроения. – 2018. С. 186–189.

***Науковий керівник:** Сотник Світлана Вікторівна, к.т.н., доцент кафедри КІТАМ Харківського національного університету радіоелектроніки*

**УДК 621.315**

## **ЗВ'ЯЗОК ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ І КОНТРОЛЮЮЧИХ СИСТЕМ**

**Шило Н. Ю.**

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14

E-mail: nazar.shylo@nure.ua

**Анотація:** Системи промислової автоматизації та управління (ІАСС) були в основному ізолювані від корпоративних систем за допомогою власних протоколів, що сприяло їх захисту від кібератак за принципом «безпека через невідомість». Однак широке впровадження нових комунікаційних технологій, таких як Інтернет-протоколи та бездротові комунікації змінили дану ситуацію.

**Ключові слова:** кібератака, мережа, піраміда автоматизації.