

5. Пилипчук В.Г. Проблеми захисту приватності, індивідуальних свобод та безпеки людини в інформаційному суспільстві. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова*. 2017. Серія 18. С. 106–118.
6. Правдюк А.Л. Захист персональних даних в контексті інформаційної безпеки. *Наукові інновації та передові технології*. 2024. № 5(33). С. 625–638.
7. Сергієнко Т.І. Роль інформаційних технологій у житті сучасної людини. *Українські студії в європейському контексті*. 2023. №7. С. 344–349.
8. Sharov S., Rassokha I. Specific features of using Web 2.0 technology in the educational process. *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки*. 2022. № 3. С. 26–33.

Рябець С.І.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформатики, програмування,
штучного інтелекту та технологічної освіти
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка

Кирпа К.О.

майстер виробничого навчання,
ДЗП (ПТ)О «Кропивницький професійний
ліцей сфери послуг і торгівлі»

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ СТВОРЕННЯ І ДРУКУ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ: ІСТОРИЧНИЙ ТА ПЕРСПЕКТИВНИЙ АКЦЕНТИ

Анотація. Периферійне обладнання виступає невід’ємною складовою частиною апаратно-програмного комплексу САД-систем. Воно виконує функції введення, обробки, виведення та фізичного відтворення проєктних рішень, сприяючи точному позиціюванню геометричних об’єктів, створенню креслень, тривимірному моделюванню, скануванню та друку цифрових моделей. Еволюція таких пристроїв є паралельною до розвитку програмного забезпечення САПР і

нерозривно пов'язана з прогресом в області мікроелектроніки, сенсорики, адитивних технологій та хмарних обчислень.

Ключові слова: технічні засоби, САПР, інтеграція.

Ryabets S., Kyrpa K. Technical means of creating and printing images in the automated design system: historical and prospective emphasis. Peripheral equipment is an integral part of the hardware and software complex of CAD systems. It performs the functions of input, processing, output and physical reproduction of design solutions, contributing to the accurate positioning of geometric objects, the creation of drawings, three-dimensional modeling, scanning and printing of digital models. The evolution of such devices is parallel to the development of CAD software and is inextricably linked with progress in the field of microelectronics, sensors, additive technologies and cloud computing.

Key words: technical means, CAD, integration.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю глибокого розуміння функціональних можливостей сучасного периферійного обладнання, зокрема 3D маніпуляторів, сканерів, принтерів, дигітайзерів і плотерів, а також його впливу на якість та продуктивність інженерних процесів. У сучасних умовах високої конкуренції та динамічного розвитку ринку критично важливо забезпечити високу точність, інтегрованість та доступність цих пристроїв, що, у свою чергу, сприяє прискоренню циклу розробки продукції – від концепції до фізичного прототипу.

Метою статті обрано висвітлення сучасного периферійного обладнання систем автоматизованого проєктування (САПР) та його інтеграції з програмним забезпеченням CAD-систем в історичному та перспективному .

Виклад основного матеріалу. У структурі САПР важливе місце займають технічні засоби створення та друку зображень – складові периферійного обладнання, без яких неможливо уявити повноцінну реалізацію процесів моделювання, креслення, візуалізації та подальшого фізичного виведення результатів проєктування. Історично розвиток таких засобів тісно пов'язаний з еволюцією самих систем автоматизованого проєктування, які виникли в середині ХХ століття як відповідь на потребу у пришвидшенні та автоматизації інженерної праці [4]. Перші САПР-системи були дорогими, обмеженими у

функціональності та працювали на громіздкому обладнанні, використовуючи вивід креслень через електромеханічні плотери. Згодом, з розвитком комп'ютерної техніки, з'явилися інтерактивні графічні дисплеї, графічні планшети, які дозволили інженерам створювати зображення безпосередньо на екрані.

З початком цифрової революції у 1980-1990-х роках, коли персональні комп'ютери стали масово доступними, технічні засоби виводу та введення для САПР почали активно вдосконалюватися. На зміну простим 2D-пристроєм прийшли більш складні системи, здатні підтримувати роботу з 3D-моделями, а потім – і з фізичним відтворенням таких моделей за допомогою 3D-друку. З'явилися високотехнологічні принтери, які дозволяли не тільки друкувати технічну документацію, а й створювати функціональні прототипи без участі виробничих ліній. Це означало суттєве скорочення часу на перевірку конструкцій та розробку нових продуктів.

Технічні засоби створення та друку зображень стали логічним продовженням розвитку цифрових інженерних систем, відіграючи роль мосту між віртуальним середовищем проектування та реальним фізичним простором. У сучасних умовах ці пристрої не лише підтримують основні функції введення і виведення, але й виступають критичними елементами інтерактивного циклу проектування, дозволяючи проєктантам бачити результати в реальному часі, вносити зміни оперативно, здійснювати друк як 2D-креслень, так і об'ємних моделей. Їх розвиток продовжується й нині, разом із поступом у сфері штучного інтелекту, доповненої реальності та хмарних CAD-рішень.

Засоби створення зображень є невід'ємною складовою інструментарію систем автоматизованого проектування. Це обладнання, яке забезпечує користувачеві можливість формування віртуальних моделей, креслень, схем та тривимірних об'єктів у цифровому середовищі. Вони забезпечують точне, зручне і швидке введення графічної інформації до комп'ютера, що є ключовим на ранніх етапах проєктного циклу. У цьому контексті створення зображень не обмежується лише статичними зображеннями чи ескізами – мова йде про динамічну побудову геометричних моделей, параметричних структур, топологічних поверхонь та інтерактивних схем.

Одним з революційних досягнень стало створення графічного дисплея – першого пристрою, що дозволив виводити зображення на екран. У 1963 році Іван Сазерленд розробив одну з перших інтерактивних

графічних програм “Sketchpad”, яка дозволяла користувачу створювати креслення за допомогою світлового пера на екрані – предтечі сучасних графічних планшетів [3].

З часом графічні інтерфейси вдосконалювалися, і на зміну ручному введенню координат прийшли спеціалізовані пристрої:

Графічні планшети та дигітайзери з’явилися як відповідь на потребу у високоточному введенні ліній, контурів та кривих. Планшети дозволяють креслити безпосередньо на чутливій поверхні за допомогою стилуса, при цьому система розпізнає не лише координати, а й силу натиску, кут нахилу тощо. Дигітайзери, що були популярними в 1980-1990-х роках, дозволяли перетворювати паперові креслення у векторні зображення, що значно прискорювало перехід від ручного до цифрового проєктування.

3D маніпулятори виникли як результат пошуку зручних засобів для керування тривимірними моделями. На відміну від стандартної миші, 3D маніпулятори дозволяють переміщати об’єкти у тривимірному просторі однією рукою, регулюючи масштаб, обертання та положення з високою точністю. Вони стали поширеними у сфері промислового дизайну, авіабудування, медицини та комп’ютерної графіки.

3D сканери – засоби, що з’явилися у 1990-х роках, забезпечили абсолютно новий рівень точності у відтворенні реальних об’єктів у цифровій формі. Сканери використовують лазерне, оптичне або фотограмметричне зчитування геометрії об’єкта, після чого будують цифрову 3D-модель, що може бути інтегрована у САПР-середовище для подальшого редагування або відтворення. Їх застосовують у реверс-інжинірингу, археології, стоматології, біомедичному моделюванні тощо.

Професійні монітори з високою роздільною здатністю стали критично важливими з поширенням складних графічних інтерфейсів у САД-програмах. Для роботи з деталями, тонкими лініями та масштабними кресленнями важливою є чіткість і точність зображення. Сучасні дисплеї мають високу частоту оновлення, широке охоплення кольорового простору (sRGB, Adobe RGB), підтримку HDR, що дозволяє максимально точно передавати зображення. У професійній роботі навіть найменша похибка у відтворенні кольору чи геометрії може вплинути на кінцевий результат проєкту.

Засоби створення зображень у САПР не лише полегшують рутину інженера чи дизайнера, але й формують основу для наступних етапів роботи – аналізу, симуляції, оптимізації та виготовлення виробу. Вони

забезпечують високу точність початкових даних, що критично важливо для складних або ресурсоемних проєктів. Крім того, зручність інтерфейсів введення сприяє креативному процесу, дозволяючи зосередитися на вирішенні інженерних задач, а не на механіці введення.

Після створення цифрової моделі або креслення в середовищі САПР наступним логічним етапом є її фізичне виведення для подальшого аналізу, презентації, затвердження або навіть виготовлення. Саме тут вступають у дію засоби друку зображень – критично важлива група периферійного обладнання, яка дає змогу перенести віртуальний результат роботи у матеріальний світ. Такі пристрої не лише дозволяють створювати документацію або прототипи, а й є ключовими для узгодження проєктів із замовниками, виконання технічного контролю, організації колективної роботи та збереження архівної документації [4; 5].

Потреба у друці проєктної документації виникла ще на ранніх етапах розвитку САПР у 1960-1970-х роках. Спочатку використовувалися *електромеханічні плотери*, які повільно, але точно наносили зображення на папір за допомогою пера, керованого комп'ютером [2]. Ці пристрої дозволяли будувати точні креслення великих форматів (A1, A0), що були необхідні у промисловому і будівельному проєктуванні. Хоча такі плотери мали обмежену швидкість і вимагали обслуговування, вони стали першим реальним інструментом виводу графіки з комп'ютера на папір.

З часом, із розвитком струменевих і лазерних технологій, з'явилися *2D-принтери*, які дозволили значно прискорити процес друку. Ці пристрої були дешевшими у використанні, забезпечували достатню якість відбитків, мали менші розміри і використовувалися не лише в інженерії, а й в офісному середовищі. У контексті САПР 2D-принтери служать для друку креслень, схем, діаграм, текстових пояснень, специфікацій, інструкцій з монтажу тощо. Їх зручність і швидкість зробили їх невіддільним елементом робочих місць інженерів, архітекторів та конструкторів [2].

Наступним революційним кроком стало впровадження *3D-друку*, що кардинально змінив підхід до виведення результатів проєктування. Перші прототипи 3D-принтерів з'явилися ще у 1980-х роках, але лише з початку XXI століття технологія стала доступною для широкого використання. 3D-принтери дозволяють виготовляти фізичні об'єкти з полімерів, металів, гіпсу та інших матеріалів безпосередньо з цифрової

CAD-моделі. Це суттєво прискорює цикл «розробка–випробування–вдосконалення», дозволяє уникати дорогого виробництва дослідних зразків і підвищує гнучкість розробки [2].

У системах автоматизованого проєктування 3D-друк відкриває нові можливості в таких сферах, як:

- *промисловий дизайн* (швидке створення концептуальних моделей);
- *медицина* (друк протезів, імплантів, анатомічних моделей);
- *архітектура* (масштабні макети будівель);
- *авіа- та автопром* (тестування деталей до серійного виробництва) [8].

Крім спеціалізованих друкарських пристроїв, у САПР часто використовуються *багатофункціональні пристрої*, які поєднують у собі функції принтера, сканера, копіра та іноді навіть факсу. У контексті проєктної діяльності багатофункціональні пристрої забезпечують оперативне копіювання креслень, цифрову архівацію паперових матеріалів (копії можуть бути інтегровані у CAD-середовище), а також швидкий друк супровідної документації. Це особливо зручно у закладах освіти (ІКТ [7]), на малих підприємствах, а також у віддалених офісах, де важлива універсальність при мінімальних витратах.

Сучасні засоби друку активно інтегруються з CAD-платформами, що дозволяє здійснювати друк із будь-якої точки світу, керуючи пристроями дистанційно. Також використовуються інтелектуальні алгоритми [6] для попереднього аналізу друку, автоматичної підготовки креслень до друку, оптимізації витрат матеріалу тощо.

Технічні засоби створення і друку зображень тісно пов'язані з програмними продуктами САПР, і саме ефективна інтеграція між апаратними й програмними компонентами забезпечує повноцінну роботу інженерних систем. На практиці це означає, що периферійні пристрої повинні «розуміти» формат даних, який генерує програмне забезпечення, коректно їх інтерпретувати та точно реалізовувати завдання, поставлені користувачем у середовищі CAD-систем.

Сучасні програмні платформи, такі як *AutoCAD*, *SolidWorks*, *CATIA*, *ArchiCAD*, *Siemens NX*, *Fusion 360*, *Inventor*, передбачають повноцінну підтримку різноманітних периферійних пристроїв завдяки:

- драйверам пристроїв – спеціальному програмному забезпеченню, яке дозволяє операційній системі і CAD-програмі «спілкуватися» з конкретним принтером, плотером, сканером або 3D-пристроєм;
- API (Application Programming Interface) – набором інтерфейсів прикладного програмування, які дозволяють розробникам створювати

розширення або налаштувати пристрої для безшовної інтеграції з CAD-середовищем;

- спеціалізованим плагінам і надбудовам, які додають нові функції до базової програми (наприклад, керування параметрами друку безпосередньо в CAD-інтерфейсі, конвертація файлів у потрібний формат, оптимізація траєкторії для 3D-принтера тощо);
- підтримці стандартних форматів файлів: DWG (AutoCAD), DXF (обмінний CAD-формат), STL (для 3D-друку), OBJ (3D-графіка), IGES, STEP (машинобудування), IFC (архітектура) та інших.

Завдяки такій сумісності вивід зображень або моделей на фізичні носії стає інтуїтивно зрозумілим процесом, який не потребує тривалого експорту, ручної обробки чи повторного моделювання. Наприклад, у середовищі AutoCAD користувач може створити креслення, задати його параметри та одразу здійснити друк на сумісному плотері. У випадку Fusion 360 або SolidWorks доступна можливість прямої підготовки STL-файлу для 3D-принтера з автоматичною генерацією підтримок і розрахунком об'єму матеріалу.

Крім того, сучасні CAD-системи дедалі більше підтримують двосторонню інтеграцію з обладнанням, що означає не лише надсилання даних на пристрій, але й отримання зворотної інформації. Наприклад, деякі моделі 3D-принтерів можуть надсилати до САПР-застосунку статус виконання завдання, залишок матеріалу, виявлені помилки або рекомендації щодо підвищення якості друку. Це суттєво підвищує ефективність і надійність у виробничому процесі.

Розвиток периферійного обладнання для систем автоматизованого проектування є важливим аспектом еволюції технологій проектування і виробництва. Оскільки САПР-системи активно використовуються в різних галузях – від машинобудування та архітектури до медицини і авіації, розвиток периферійних пристроїв забезпечує не лише підвищення ефективності роботи, але й дозволяє інтегрувати нові функціональні можливості для полегшення процесу проектування та виробництва. Ось деякі з основних тенденцій розвитку периферійного обладнання для САПР:

Інтеграція з хмарними технологіями та технології Інтернету речей. Однією з найважливіших тенденцій є впровадження хмарних технологій в периферійне обладнання САПР. З інтеграцією хмарних сервісів користувачі можуть працювати з проектами через інтернет, отримувати доступ до даних з різних пристроїв і зберігати файли в хмарі.

Це особливо важливо для великих компаній і команд, що працюють над складними проектами в реальному часі. Крім того, багато сучасних пристроїв підтримують технології Інтернету речей, що дозволяє зібрати дані з численних датчиків, підключених до виробничого обладнання або 3D-принтерів, та автоматизувати контроль і обробку даних в процесі проєктування [1].

Підвищення точності та швидкості. Сучасні периферійні пристрої, зокрема 3D принтери та сканери, постійно вдосконалюються в плані точності та швидкості роботи. В даний час досягається точність до мікрон, що є критично важливим для точного виготовлення деталей у таких галузях, як аерокосмічна промисловість, медицина та мікроелектроніка. Більш швидка обробка даних і високопродуктивні маніпулятори дають змогу значно скоротити час на моделювання та прототипування, що, в свою чергу, сприяє зниженню загальних витрат на виробництво [1].

Використання віртуальної та доповненої реальності. Віртуальна (VR) і доповнена реальність (AR) є ще однією важливою тенденцією в розробці периферійних пристроїв для САПР. Зокрема, AR дозволяє інженерам і дизайнерам в реальному часі взаємодіяти з 3D-моделями у реальному світі, що значно покращує процес проєктування. Використання VR і AR допомагає створити більш інтуїтивно зрозумілі інтерфейси, де користувач може взаємодіяти з моделями в тривимірному просторі, переміщаючи їх, змінюючи масштаби і компонуючи різні елементи проєкту без необхідності використовувати традиційні 2D-плани [1].

Вдосконалення технологій 3D друку. З розвитком 3D принтерів продовжуються вдосконалення технологій адитивного виробництва. Сучасні 3D принтери мають можливість працювати з різними матеріалами: від звичайних пластикових смол до металів і композитних матеріалів, що дозволяє створювати високоякісні, функціональні прототипи та деталі [1]. Інтеграція з САПР дозволяє максимально автоматизувати процес прототипування та виробництва малих серій продуктів без потреби в дорогому обладнанні або великих витратах на інструменти.

Сумісність із різними CAD-системами та мультифункціональні можливості. Сучасне периферійне обладнання стає більш універсальним і сумісним із різними програмами САПР. Багато пристроїв, таких як маніпулятори, сканери, принтери та плотери, тепер

можуть працювати з кількома різними САД-системами без необхідності змінювати програмне забезпечення або мати спеціальні драйвери для кожного додатку. Мультифункціональність також є важливою тенденцією: наприклад, 3D сканери можуть використовуватися не тільки для цифрового вимірювання об'єктів, а й для створення їх моделей, автоматичного виправлення помилок та інтеграції з процесом проєктування [1].

Інтелектуальні периферійні пристрої. Периферійне обладнання для САПР стає все більш інтелектуальним. Наприклад, 3D маніпулятори можуть бути оснащені додатковими сенсорами та датчиками для точнішої взаємодії з об'єктами, покращуючи якість управління віртуальними об'єктами. Крім того, нові технології виявлення жестів дозволяють користувачам взаємодіяти з 3D-моделями просто за допомогою рухів рук. Інтелектуальні плотери можуть автоматично налаштовувати параметри друку, враховуючи тип матеріалу та складність креслення, що робить процес більш зручним і ефективним [1].

Екологічність і зниження вартості виробництва. З огляду на глобальні екологічні тенденції, багато сучасних пристроїв для САПР стали більш енергоефективними, використовують менше матеріалів для виготовлення готових виробів і забезпечують менше відходів. Наприклад, 3D принтери та інші адитивні технології дозволяють створювати деталі без зайвих витрат матеріалу, що не тільки знижує виробничі витрати, але й сприяє збереженню навколишнього середовища. З іншого боку, зниження вартості таких технологій робить їх доступними для малих і середніх підприємств, що значно розширює можливості для автоматизованого проєктування в різних галузях [1].

Покращення ергономіки та користувацького досвіду. З розвитком периферійного обладнання для САПР великий акцент робиться на ергономічності пристроїв, що забезпечує комфортну роботу на протязі довгих годин. Вдосконалення маніпуляторів, планшетів та інших засобів введення дає змогу значно знизити навантаження на користувача і підвищити продуктивність. Завдяки новим дизайнам та додатковим функціям, таким як регульовані важелі, змінні поверхні для роботи з різними матеріалами та покращена зворотна зв'язок, користувач може зручніше працювати над складними проєктами [1].

Висновки. Усе це свідчить про те, що технічні засоби створення зображення і друку є надважливими не тільки в САПР та не існують окремо від програмного забезпечення, а формують з ним єдину

взаємопов'язану екосистему, де кожен елемент доповнює інший. Ефективна сумісність та автоматизація цього зв'язку – одна з ключових умов успішної роботи сучасних інженерних систем.

Література

1. Барандич К.С., Подолян О.О., Гладський М.М. Системи автоматизованого проєктування: конспект лекцій: навч. посіб. для студ. спец. 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні». КПІ ім. Ігоря Сікорського. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 97 с.
2. Бардадим О.В. Цифрові засоби навчання. *Сучасні тенденції розвитку педагогіки, психології та соціальної роботи : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*. Ун-т ім. Б. Хмельницького. Черкаси, 2020. С. 15–19.
3. Гаран Я.О. Системи автоматизованого проєктування: курс лекцій : навч. посіб. Електронне мережне навчальне видання. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 90 с.
4. Кобилін О.А., Творошенко І.С. Методи цифрової обробки зображень: навч. посіб. Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. Харків: ХНУРЕ, 2021. 124 с.
5. Матвійків О.М. Інженерне проектування складних об'єктів і систем (Engineering Design of Complex Objects and Systems): навч. посіб. НУ «Львівська політехніка». 261 с.
6. Рябець С.І. Штучний інтелект як засіб ІКТ. *Українські студії в європейському контексті: зб. наук. пр.* 2024. № 9. С. 229–234.
7. Сергієнко Т.І. Використання інформаційно-комунікаційних технологій в професійній діяльності. *Українські студії в європейському контексті: зб. наук. пр.* 2025. № 10. С.169–176.
8. Як 3D друк змінює промислове виробництво. Easy3DPrint. URL: <https://easy3dprint.com.ua/uk/3d-druk-u-promislovosti/>.