

## 1.1. Технічне забезпечення САПР

Загальна структура технічного забезпечення САПР можна уявити так як показано на рис. 1.22.

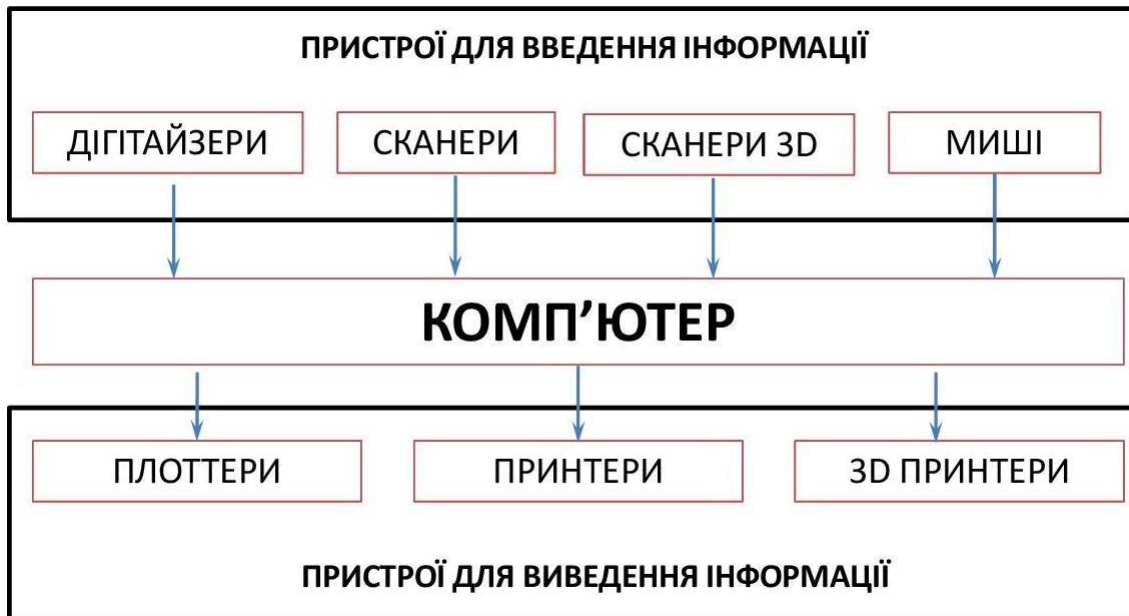


Рис. 1.22. Структура технічного забезпечення САПР

### 1.1.1. Пристрої для вводу інформації

**Дигітайзер** (планшет) – це пристрій, головне призначення якого – оцифровка зображень. Він складається з двох частин: підстави та курсору, який переміщується по робочій поверхні підстави. При натисканні на кнопку курсора його положення на поверхні планшета фіксується і координати передаються в комп'ютер. Часто дигітайзер використовується для введення команд завдяки накладних меню в AutoCAD та інших графічних програмах. Команди меню розташовані в різних місцях на поверхні дигітайзера. При виборі курсором однієї з команд спеціальний програмний драйвер інтерпретує введені координати, посилаючи відповідну команду на їх виконання. Ще одне застосування дигітайзерів – в якості нового інструменту художників при створенні на комп'ютері малюнків і ескізів. Художник водить пером по планшету, але зображення з'являється не на папері, а в графічному файлі. Нарешті, дигітайзер можна використовувати просто як аналог маніпулятора «миша».

Принцип дії дигітайзера заснований на фіксації місця розташування курсору за допомогою вбудованої в планшет сітки. Сітка складається з дротяних або друкованих провідників з досить великою відстанню між сусідніми провідниками (від 3 до 6 мм). Механізм реєстрації дозволяє отримати крок зчитування інформації, набагато менший кроку сітки (до

100 ліній на 1 мм). Крок зчитування інформації називається здатністю дигітайзера. За принципом дії розрізняють електростатичні (ЕС) і електромагнітні (ЕМ) дигітайзери. У дигітайзерах першого типу реєструється локальна зміна електричного потенціалу сітки під курсором, в той час як в пристроях другого типу курсор випромінює електромагнітні хвилі, а сітка служить приймачем.

Точність існуючих планшетів коливається від  $\pm 0,13$  мм до  $+0,75$  мм. Точність електромагнітних дигітайзерів в середньому вище точності електростатичних. Крок зчитування реєструючої сітки є фізичною межею здатності дигітайзера.

#### Чутливі до натиску дигітайзери

Елементом, який володіє чутливістю в таких дигітайзерах, є перо. Чутливі до натиску дигітайзери використовують художники, коли хочуть отримати зображення, яке виглядало б так само, якщо б його намалювали маслом, темперою або аквареллю на полотні чи папері, а не в електронній формі за допомогою програмних засобів. Можна навіть застосовувати спеціальні ефекти, наприклад «мокрый пензлик», щоб змастити, зробити розпливчастим зображення або окремі кольору. Такі дигітайзери поєднують точність введення координат при роботі в AutoCAD з можливістю передачі даних при натисканні на «пензлик», коли ви ретушуєте картинку.

На сьогодні застосовуються дві технології в чутливих до натиску дигітайзерах. Перша – електромагнітний резонанс (на основі якого працюють дигітайзери фірми Wacom), що дозволяє використовувати пасивне перо. При цьому випромінюючим (активним) пристроєм є сам дигітайзер. Перо ж відображає хвилі, і дигітайзер, аналізуючи це відображення, встановлює координати пера в даний момент. У середині пера немає мікросхем, тому не потрібні ні батареї, ні шнур для подачі живлення. Друга технологія дозволяє використовувати метод активного курсору. Активний курсор сам випромінює хвилі, повідомляючи таким чином дигітайзеру про своє місцезнаходження. У цьому випадку або батареї, або провід є невід'ємним атрибутом курсору. Але незалежно від системи, інформація про становище пристрою, вказівки щодо сітки, вбудованої в поверхню дигітайзера, перетворюється на комп'ютері так, що ми отримуємо дані про його точне положення. Крім такої інформації дигітайзери з чутливістю до натиску передають до 256 градацій зусиль натискання. Саме ця особливість дозволяє моделювати натиснення на пензлик або перо при роботі з відповідними програмами.

**СКАНЕР**– це пристрій, що дозволяє вводити в комп'ютер чорно- біле або кольорове зображення, зчитувати графічну та текстову інформацію. Сканер використовують у разі, коли виникає потреба ввести в

комп'ютер із наявного оригіналу текст і /або графічне зображення для його подальшої обробки (редагування та ін.). Введення такої інформації за допомогою стандартних пристроїв введення потребує багато часу. Після сканування інформація обробляється за допомогою спеціального програмного забезпечення (наприклад, програмою FineReader) і зберігається у вигляді текстового або графічного файлу.

Принцип дії. Основним елементом сканера є CCD – матриця (Charge Coupled Device – пристрій із зарядовим зв'язком) або PMT (PhotoMultiplier Tube – фотомножник). Колби – фотомножники використовуються лише у складних і дорогих барабанних професійних сканерах, тому далі розглянутий принцип дії лише сканерів з CCD – матрицею.

CCD – матриця – це набір діодів, що реагують на світло при дії зовнішньої напруги. Від якості матриці залежить якість розпізнавання зображення. Дешеві моделі розпізнають наявність / відсутність кольору, складні моделі – відтінки сірого кольору, ще складніші – всі кольори. Сканований об'єкт висвітлюється ксеновою лампою або набором світлодіодів. Відбитий промінь за допомогою системи дзеркал або лінз проектується на CCD – матрицю. Під дією світла і зовнішньої напруги матриця генерує аналоговий сигнал, що змінюється при переміщенні відносно її листа і інтенсивності відображення різних елементарних фрагментів. Сигнал подається на аналогово-цифровий перетворювач, де оцифровується (представляється у вигляді набору нулів та одиниць) і передається у пам'ять комп'ютера. Існує два способи сканування: переміщення аркуша відносно нерухомої CCD – матриці або переміщення світлочутливого елемента при нерухомому аркуші.

Класифікація сканерів. Існує чимало моделей сканерів, які розрізняються методом сканування, допустимим розміром оригіналу та якістю оптичної системи. За способом організації переміщення зчитувального вузла відносно оригіналу сканери поділяються на планшетні, барабанні та ручні. У планшетних сканерах оригінал кладуть на скло, під яким рухається оптико-електронний зчитувальний пристрій. У барабанних сканерах оригінал через вхідну щілину втягується барабаном у транспортний тракт і пропускається повз нерухомий зчитувач. Барабанні сканери не дають можливості сканувати книги, переплетені брошури тощо. Ручний сканер необхідно плавно переміщувати вручну по поверхні оригіналу, що не дуже зручно. При систематичному використанні краще мати настільний планшетний сканер.

#### Основні технічні характеристики сканерів

*Роздільна здатність.* Сканер розглядає будь-який об'єкт як набір окремих точок (пікселів). Щільність пікселів (кількість на одиницю площі) називається роздільною здатністю сканера і вимірюється в dpi (dots per inch – точок на дюйм). Пікселі розташовуються рядками, утворюючи

зображення. Процес сканування відбувається по рядках, весь рядок сканується одночасно. Звичайна роздільна здатність сканера становить 200–720 dpi. Більші значення (понад 1000) відображають інтерполяційну роздільну здатність, що досягається програмним шляхом з використанням математичної обробки параметрів розташованих біля точок зображення.

Якість відсканованого матеріалу залежить також від *оптичної роздільної здатності* (визначається кількістю світлочутливих діодів CCD–матриці на дюйм) та механічної роздільної здатності (визначається дискретністю руху світлочутливого елемента або системи дзеркал відносно аркуша). Вибір роздільної здатності визначається подальшим застосуванням результатів сканування: для художніх зображень, що друкуються на фотонабірних машинах роздільна здатність повинна складати 1000–1200 dpi, для друку зображення на лазерному або струменевому принтері – 300–600 dpi, для перегляду зображення на екрані монітора – 72–150 dpi, для розпізнавання тексту – 200–400 dpi.

*Глибина представлення кольорів.* При перетворенні оригіналу у цифрову форму зберігаються дані про будь–які пікселі зображення. Прості сканери визначають наявність або відсутність кольору пікселя, результуюче зображення буде чорно–білим. Для представлення пікселів достатньо одного розряду (0 або 1). Для передачі відтінків сірого між чорним і білим кольором необхідно як мінімум 4 розряди (16 відтінків) або 8 розрядів (256 відтінків). Чим більше розрядів, тим якісніше передаються кольори. Більшість сучасних кольорових сканерів підтримує глибину кольору 24 розряди. Відповідно, сканер дозволяє розпізнавати біля 16 млн кольорів і можна якісно сканувати фотографії. На ринку сканерів є моделі, які мають глибину представлення кольору 30 та 34 розряди.

*Динамічний діапазон* – діапазон оптичної щільності, який визначає спектр напівтонів. Оптична щільність визначається як відношення падаючого світла до відбитого і коливається в діапазоні від 0,0 (абсолютно біле тіло) до +4,0 (абсолютно чорне тіло). Значення діапазону доповнюється літерою D і визначає ступінь його чутливості. Більшість планшетних сканерів мають стандартний діапазон 2,4D, вони не дуже якісно розрізняють близькі відтінки одного кольору, але цього достатньо для непрофесійного користувача.

*Метод сканування.* Якість відсканованого кольорового зображення залежить від методу накопичення сканером даних. Розрізняють два основні методи, які відрізняються кількістю проходів CCD–матриці над оригіналом. Перші сканери використовували 3–прохідне сканування. При кожному проході сканувався один із кольорів палітри RGB. Сучасні сканери використовують однопрохідну методіку, яка розділяє світловий промінь на складові за допомогою призми.

*Область сканування* – максимальний розмір зображення, що сканується. Ручні сканери – до 105 мм, барабанні, планшетні сканери – від формату А4 до Full Legar (8.5 'x14').

*Швидкість сканування.* Немає стандартної методики, яка визначає продуктивність сканера. Виробники вказують кількість мілісекунд сканування одного рядка. Але потрібно враховувати також спосіб під'єднання до комп'ютера, драйвер, схему передачі кольорів, роздільну здатність. Тому швидкість сканування визначається експериментальним шляхом.

### **3D сканер**

3D сканери діляться на 2 типи за методом сканування.

Контактний метод ґрунтується на безпосередньому контакті 3D сканера з досліджуваним об'єктом.

Неконтактні пристрої в свою чергу можна розділити на 2 окремі категорії:

- активні 3D сканери;
- пасивні 3D сканери.

Активні 3D сканери випромінюють на об'єкт деякі спрямовані хвилі (найчастіше світло, промінь лазера) і виявляють його відображення. Можливі типи використовуваного випромінювання включають світло, ультразвук або рентгенівські промені.

Пасивні 3D сканери не випромінюють нічого на об'єкт, а замість цього покладаються на виявлення відбитого навколишнього випромінювання. Більшість 3D сканерів такого типу виявляє видиме світло – легкодоступне навколишнє випромінювання.

Отримані методом 3D сканування 3D моделі надалі обробляються засобами САПР і далі застосовуються під час розробки технології виготовлення (САМ) і інженерних розрахунків (САЕ). Для виведення 3D моделей так само використовуються 3D монітори і 3D принтери.

#### *1.1.2. Пристрої для виводу інформації*

**Плоттери** можна розділити на два класи.

Векторного типу, в яких пишучий вузол переміщується по двох або одній координаті (в останньому випадку за іншою координатою переміщується носій інформації). Типові представники – пір'яні плоттери.

Растрового типу, в яких використовується принцип створення зображення заповненням поверхні носія точками барвника. Типовий представник – струменевий плоттер. З часу появи на ринку першого плоттера фірми CalComp (1959 рік. Модель CalComp 565), який був пір'яним, пройшло майже сорок років.

### *Огляд плоттерних технологій*

Пір'яні плоттери (Pen Plotter) є електромеханічними пристроями векторного типу і створюють зображення за допомогою друкарських елементів, узагальнено званих олівцевими, хоча існують різні види пишучих елементів, що відрізняються один від одного типом використовуваного рідкого барвника. Друкарські елементи бувають одноразові і багаторазові; кулькові, фіброві, пластикові та інші; з чорнилом на водній або масляній основі; заповнені під тиском і звичайні та ін. Олівець кріпиться в утримувачі вузла, який має одну або дві ступені свободи переміщення.

Існують два типи пір'яних плоттерів: рулонні і планшетні. У пір'яних плоттерів першого типу перо переміщується уздовж однієї осі координат, а папір – вздовж іншої за рахунок захоплення транспортним валом.

Олівцеві плоттери (Pencil Plotter) є різновидом пір'яних плоттерів. Їх відмінність від останніх полягає в можливості встановлення спеціалізованого пишучого вузла, в якому використовуються звичайні олівцеві грифелі. Тримач пишучого вузла в таких пристроях завдяки наявності спеціального механізму забезпечує постійну величину зусилля натиску грифеля на папері з автоподачею грифеля при його сточуванні.

Крім олівцевих плоттерів, які, як уже вказувалося, є векторними, всі інші типи плоттерів – растрові, тобто використовують дискретний спосіб створення зображення. При цьому, природно, більш висока щільність точок, які виводяться в зображенні, відповідає його більш високій якості.

### Струменеві плоттери (СП, Ink-Jet Plotter)

Струменевий друк – це процес отримання зображення, при якому елементи зображення створюються крапельками чорнила, що вилітають з сопла зі швидкістю, достатньою, щоб подолати зазор між соплом і поверхнею, на якій формується зображення.

Перший і основний патент на струменеву технологію належить Canon. Hewlett-Packard також володіє рядом важливих патентів в цій області. Шляхом обміну ліцензіями ці дві компанії отримали перевагу над конкурентами - зараз їм належить 90% європейського ринку струменевих технологій.

Технологія «бульбашка» струменевого друку використовує спрямоване розпорошення крапельок чорнила на папір за допомогою найдрібніших сопел друкувальної голівки. У стінку сопла вбудований нагрівальний елемент. При подачі електричного імпульсу температура його різко зростає за 7–10 мкс. Практично все чорнило, що знаходиться в контакті з нагрівальним елементом, миттєво випаровується. Розширення пари викликає ударну хвилю. Під дією надлишкового тиску крапелька чорнила «вистрілюється» з сопла. Після «пострілу» чорнильна пара

конденсується, бульбашка захоплюється: в соплі утворюється зона зниженого тиску, під дією якого нова порція чорнила всмоктується в сопло.

Друкуючі головки можуть бути кольоровими і мати відповідне число груп сопел. Для створення повнокольорового зображення використовується стандартна для поліграфії колірна схема CMYK, що включає чотири базові кольори: Cyan – блакитний, Magenta – пурпуровий, Yellow – жовтий і Key – ведучий (чорний). Складні кольори утворюються змішуванням основних, отримання відтінків різних кольорів досягається шляхом згущення або розрідження точок відповідного кольору в фрагменті зображення (аналогічний спосіб використовується для отримання різних відтінків сірого кольору при виведенні монохромних зображень). Якість кольорового друку така, що отриманий повнокольоровий плакат не можна відрізнити від виданого в друкарні.

Існують три різновиди струменевих плоттерів – монохромні, кольорові (повнокольорові) і з можливістю кольорового друку (color capable).

**3D Принтер** – це пристрій, який пошарово створює фізичну копію об'єкта на основі цифрової комп'ютерної моделі. Практично будь-яка цифрова тривимірна модель може бути побудована (надрукована) на 3D принтері. Вихідним матеріалом для 3D принтера можуть бути як тривимірні дані з САD програм, так і двовимірні креслення об'єкта, на основі яких створюється тривимірна модель за допомогою додаткового програмного забезпечення. Існуючі на сьогоднішній день 3D принтери використовують дві основні технології – лазерну і струменеву, які в свою чергу поділяються на окремі види, залежно від використовуваного матеріалу. Матеріалами для 3D принтера і, як наслідок, одержуваного кінцевого виробу, можуть бути: різні види пластику, порошок, фотополімерна смола, силікон, фотополімер, віск, метал.

#### *Для чого потрібен 3D принтер*

Швидке створення концептуальних моделей і прототипів, візуалізація архітектурних моделей, створення прес-форм, друк готових серійних деталей або виробів – це неповний список завдань, які дозволяє на сьогоднішній день вирішити 3D принтер. Технологія 3D друку дозволяє швидко і універсально отримувати фізичні об'єкти практично будь-якої складності з різних матеріалів, залежно від поставленого завдання.

Можливість швидко створити готовий прототип, дозволяє набагато ефективніше, дешевше і швидше переходити від розробки до серійного випуску виробів. Візуалізація тривимірного об'єкту в архітектурному проектуванні або дизайні дозволяє скоротити час на опрацювання проекту,

швидше і наочніше надати дані замовнику і знайти можливі недоліки. А професійні 3D принтера дозволяють створювати безпосередньо готові вироби, які можуть бути використані в якості складових елементів готового виробу. Більш докладно ознайомитися з застосуванням 3D принтерів в різних галузях і сферах діяльності можна ознайомитися в розділі рішення нашого сайту.

Бурхливий розвиток 3D принтерів і постійне зниження вартості 3D друку призвели до того, що сьогодні з'явився ряд персональних принтерів, які можуть бути використані як в невеликих офісах і компаніях, так і індивідуальними користувачами. Розвиток сервісів надають недорогі тривимірні моделі готових виробів, дозволяють швидко і оперативно роздрукувати бажаний виріб, не виходячи з дому. Необмежені можливості 3D друку для навчання та освіти – друк готових виробів, іграшкових моделей і персонажів, елементів конструкцій для самостійного збирання. Сьогодні 3D принтер – це доступне і недороге рішення у всіх сферах життєдіяльності людини.

#### *Області застосування 3D принтера*

- Для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшої доведення. Вже на етапі проектування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. У інженерії такий підхід здатний істотно знизити витрати у виробництві та освоєнні нової продукції.
- Для швидкого виробництва – виготовлення окремих вузлів або деталей з різних матеріалів, підтримуваних 3D принтерами. Це рішення економічно найбільш вигідно для дрібносерійного виробництва. Створення прототипів з частково або повністю прозорою структурою дає можливість оцінити роботу механізму «зсередини» і використовувати при доопрацюванні технологій і виробів.
- Для ливарного виробництва – виготовлення моделей і створення прес-форм.
- Для створення необхідних речей і предметів індивідуального використання, ігор, освітніх матеріалів.
- Для виробництва готових систем з міцного і довговічного матеріалу, наприклад, дана технологія активно використовується для створення моделей і готових частин безпілотних літальних апаратів.
- Для медицини – застосування принтерів дозволяє вирощувати готові зразки внутрішніх органів, наприклад для оцінки їх лікарем перед операцією або створення повноцінних частин людського тіла при протезуванні в стоматології або заміни суглобів і кісток в хірургії.

#### Принцип роботи 3D принтера

Для створення предмету під час друку використовують 7 технологій.



**FDM (fused deposition modeling)** – принтери, які видавлюють якийсь матеріал шар за шаром через сопло-дозатор.

**Технологія Polyjet** – фотополімер маленькими дозами вистрілюється з тонких сопл, як під час струменевого друку, і відразу полімеризується на поверхні виробу під впливом УФ випромінювання.

**LENS (laser engineered net shaping)** – матеріал у формі порошку видувається з сопла і потрапляє на сфокусований промінь лазера. Частина порошку пролітає повз, а та частина, яка потрапляє у фокус лазера миттєво спікається і шар за шаром формується тривимірною деталлю.

**LOM (laminated object manufacturing)** – тонкі ламіновані листи матеріалу вирізаються за допомогою ножа або лазера і потім спікаються або склеюються в тривимірний об'єкт.

**SL (Stereolithography) або стерео літографія** – промінь лазера проходить по поверхні невеликої ванни з рідким полімером, і в цьому місці полімер під впливом УФ полімеризується.

**LS (laser sintering) або лазерне спікання** – схоже на SL, тільки замість рідкого фотополімеру використовується порошок, який спікається лазером.

**3DP (three dimensional printing)** – на матеріал у порошковій формі наноситься клей, який пов'язує гранули, потім поверх склеєного шару наноситься свіжий шар порошку.