

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

“Системи автоматизованого проєктування”

для студентів ОР «бакалавр»

за спеціальностями 121 «Інженерія програмного
забезпечення» та 122 «Комп'ютерні науки»

2023

Конспект лекцій з дисципліни “Системи автоматизованого проєктування” для студентів ОР «бакалавр» за спеціальностями 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 122 «Комп’ютерні науки» усіх форм навчання/Укладач: А.В. Пархоменко. – Запоріжжя: НУЗП, 2023. – 72 с.

Укладач: Пархоменко А. В., канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Миронова Н.О., к. т. н, доц. каф. ІТЕЗ

Відповідальний
за випуск: зав. каф. ПЗ Субботін С.О., д.т.н., професор

Затверджено
на засіданні кафедри ПЗ
протокол № 12
від 09.06.2023

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Історія, сучасний стан, перспективи розвитку САПР.....	6
1.1 Класифікація САПР на світовому ринку.....	7
1.2 Класифікація САПР згідно ГОСТ 23501.8-80.....	7
1.3 Загальна класифікація САПР.....	10
1.3.1 Загальні характеристики.....	11
1.3.2 Програмні характеристики.....	12
1.3.3 Технічні характеристики.....	15
1.3.4 Ергономічні характеристики.....	15
2 Автоматизація розробки і виконання конструкторської документації САПР.....	17
2.1 Основні напрями та переваги автоматизації інженерно-графічних робіт.....	17
2.2 Структура й основні принципи побудови системи розробки конструкторської документації.....	17
2.3 САПР AutoCad.....	19
2.3.1 Загальні відомості про AutoCAD.....	19
2.3.2 Функціональні можливості AutoCad.....	20
3 Методологія розробки САПР.....	21
3.1 Принципи побудови САПР.....	21
3.2 Структура, підсистеми і компоненти САПР.....	22
3.2.1 Підсистеми САПР.....	22
3.2.2 Загальна характеристика видів забезпечення САПР.....	26
3.3 Технічне забезпечення САПР.....	29
3.3.1 Характеристика основних груп технічних засобів САПР.....	30
3.3.2 Режим роботи технічних засобів САПР.....	33
3.4 Програмне забезпечення САПР.....	34
3.4.1 Функції і склад загальносистемного ПЗ.....	35
3.4.2 Спеціальне програмне забезпечення.....	36
3.4.3 Модульне проектування програм.....	37
3.5 Лінгвістичне забезпечення САПР.....	39
3.5.1 Мови програмування.....	40
3.5.2 Мови проектування.....	41
3.5.3 Мови управління.....	43
3.6 Інформаційне забезпечення САПР (ІЗ).....	43
3.6.1 Склад інформаційного фонду.....	44
3.6.2 Способи ведення інформаційного фонду САПР.....	44
3.6.3 Особливості взаємодії різномовних модулів у САПР.....	45
3.6.4 Розробка програми адаптера.....	46
3.6.5 Банки даних в САПР.....	48
3.7 Організаційне забезпечення САПР.....	51
3.8 Методика розробки САПР.....	52
3.8.1 Етапи з засобу створення проєкту САПР на системному рівні (синтез структури САПР).....	53
3.8.2 Проектування програмних комплексів.....	56
3.8.3 Визначення характеристик та оцінка якості створюваної САПР.....	58

4 Місце САПР в інформаційній структурі сучасного підприємства.....	62
4.1 Загальна схема автоматизації промислового виробництва.....	62
4.2 Концепція побудови корпоративної інформаційної системи (КІС) підприємства.....	64
4.3 Система керування документообігом підприємства (СКД).....	65
4.4 Системи автоматизації ділових процесів (САДП).....	67
4.5 Засоби стратегічного планування (ЗСП).....	69
4.6 Системи підтримки прийняття рішень (СППР).....	70
4.7 Засоби обробки паперових документів та системи, що засновані на Інтернет технологіях.....	70
Рекомендована література.....	72

ВСТУП

Обґрунтування. Сучасні САПР використовуються для наскрізного автоматизованого проектування, технологічної підготовки виробництва, інженерного аналізу та моделювання в різних сферах людської діяльності. Курс забезпечує компетентності та програмні результати навчання для організації програмної підтримки всіх етапів життєвого циклу продукції, зокрема, вибору або розробки САПР, налаштування їх на національні стандарти, розширення функціональних можливостей шляхом розробки додаткових модулів та бібліотек, створення баз знань та баз даних проектних рішень та методів проектування.

Мета дисципліни: навчити здобувачів обирати та програмно реалізовувати методи та засоби автоматизованого проектування, виконувати адаптацію САПР для розв'язку задач підприємства.

Завдання: надання здобувачу комплексу знань, необхідних для розуміння принципів розробки та застосування САПР в різних галузях людської діяльності; виконання синтезу та аналізу проєктованих об'єктів засобами САПР; розширення функціональних можливостей САПР; організації діалогу в САПР.

Результати навчання: здобувач буде знати принципи розробки та застосування САПР; буде здатен організовувати програмну підтримку етапів життєвого циклу проєктованих об'єктів; вміти реалізовувати процедури синтезу та аналізу засобами САПР; виконувати розробку людино-машинного інтерфейсу; програмну реалізацію бібліотек для розширення функціональних можливостей САПР.

1 ІСТОРІЯ, СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ САПР

50-і роки – теоретичні дослідження можливості рішення електротехнічних та конструкторських задач на ЕОМ.

60-і роки – розробка методів, алгоритмів, програм для розв’язку окремих задач на різних етапах проектування.

70-і роки – розроблені перші САПР та отримані окремі результати, які показали, що галузь проектування піддається комп’ютеризації.

80-і роки – з’явилися масові системи та базові програмні продукти для них. Виявляється тенденція до інтегрування САПР, АСУТП, АСУКП.

90-і роки – усвідомлено багато реальних задач практики, виправлені допущені помилки і САПР почали реально демонструвати свою ефективність у високо технологічних виробництвах, з’явилася необхідність у колективному використанні інформації.

Проблеми розвитку САПР:

- необхідність наявності потужної та різноманітної комп’ютерної техніки та програмного забезпечення;
- необхідність правильної організації діяльності крупних колективів, різних спеціалістів та їх навченості;
- значний час та об’єм наукових досліджень для розробки методів моделювання та аналізу;
- необхідність змін у системі освіт.

Причини розширення класів САПР:

- точність проектування не потрібна усім проектувальникам; їх користувачі – професіонали.
- автоматизація для підприємств різного розміру повинна бути різною.
- різна вартість програмного забезпечення САПР.

1.1 Класифікація САПР на світовому ринку

1. Системи «найлегшої ваги» – служать для виконання простих двовимірних креслеників без можливостей складного геометричного моделювання. Використовуються, як правило, для створення нарисів, ескізів, презентаційної графіки, деталювання (IsiCAD, CADKey, Visual CADD).

2. Системи «легкої ваги» – служать для виконання практично всіх робіт з двовимірними креслениками та мають обмежений набір функцій з тривимірного моделювання. Використовуються для створення креслеників окремих деталей (AutoCad LT, Imagineer Technical).

3. САПР «середньої ваги». За можливостями повністю охоплюють САПР «легкої ваги» + дозволяють працювати з складаннями, даючи широкий набір функцій з тривимірного моделювання (Autodesk Mechanical Desktop, Solid Edge, T-Flex CAD, Solid Work).

4. САПР «тяжкої ваги». Застосовуються для рішення найбільш трудомістких задач: побудови великих збірок, моделювання поведінки складних механічних систем у реальному масштабі часу, оптимізує розрахунків з візуалізацією результатів, розрахунків температурних полів та теплообміну, підготовки керуючої інформації для верстатів ЧПУ (CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics, Euclid, Inventor).

1.2 Класифікація САПР згідно ГОСТ 23501.8-80

САПР згідно цього ГОСТу класифікують за наступними ознаками:

- 1) за типом об'єкта проєктування:
 - САПР виробів машино- и приладобудування;
 - САПР технологічних процесів у машино- и приладобудуванні;
 - САПР об'єктів будування;
 - САПР організаційних систем (управління);
- 2) за різновидами об'єктів проєктування:
 - САПР радіоелектронної апаратури;
 - САПР електронно-обчислювальної апаратури;
 - САПР технологічних процесів ливарного виробництва;

- САПР атомної електростанції;

- САПР механічної обробки;

САПР ракетної системи;

3) за складністю об'єкта проектування:

- САПР простих об'єктів (кількість складаних частин $N < 10^2$);

- САПР об'єктів середньої складності ($10^2 > N < 10^3$);

- САПР складних об'єктів ($10^3 > N < 10^4$);

- САПР дуже складних об'єктів ($10^4 > N < 10^6$);

- САПР об'єктів дуже високої складності ($N > 10^6$);

4) за рівнем автоматизації проектування:

- низькоавтоматизовані САПР (кількість автоматизованих процедур $N < 25\%$);

- середньоавтоматизовані САПР ($25\% < N < 50\%$);

- високоавтоматизовані САПР ($50\% < N < 75\%$);

5) за комплексністю автоматизації проектування:

- одноетапні САПР(МАЕС-П);

- багатоетапні САПР(Euclid);

- комплексні САПР(Unigraphics);

6) за характером проєктних документів, що виробляються:

- текстові документи на паперових носіях;

- текстові і графічні документи на паперових носіях;

- документи на машинних носіях;

- документи на фотоносіях (мікрофільми, фотошаблони);

- документи на двох типах носіїв;

- документи на всіх типах носіїв;

7) за кількістю проєктних документів, що випускаються(листів формату А4):

- САПР малої продуктивності ($N < 10^5$);

- САПР середньої продуктивності ($10^5 < N < 10^6$);

- САПР високої продуктивності ($N > 10^6$);

8) за кількістю рівнів у структурі технічного забезпечення САПР:

- однорівневі САПР (універсальні ЕОМ середнього та високого класу зі штатним набором периферійних пристроїв);

- дворівневі САПР (ЕОМ середнього та високого класу, автоматизовані робочі місця(АРМ), які містять міні-ЕОМ);
- трирівневі САПР (ЕОМ а високого класу, АРМ та програмно кероване обладнання).

За можливостями, які надаються користувачу САПР розрізняються на:

- інженерні;
- спеціалізовані;
- універсальні;
- унікальні;
- комплексні.

Інженерні САПР представляють собою комплекс апаратних та програмних засобів для вирішення однієї вузької проектної задачі, яку можна розглянути окремо.

Спеціалізовані САПР створюються для конкретних виробів та окремих видів робіт, використовуються у масовому виробництві, базуються на різноманітних засобах обчислювальної техніки, пристосовуються до технологічного обладнання для контролю та виготовлення.

Універсальні САПР створюються для проектування широкого класу об'єктів, розрізняють два типи:

- які мають можливість налагоджуватись за рядом характеристик;
- які мають «жорстку» структуру, розраховану на визначені характеристики виробів, що проектуються.

Унікальні САПР створюються для проектування об'єктів найвищої складності, виконують задачу забезпечення встановлених термінів створення та якості проекту.

Комплексні САПР – системи для проектування виробів високої функціональної та технологічної складності, у яких значна увага приділяється моделям фізичних процесів, що відбуваються у виробі та бути суміжним з технологічним обладнанням.

САПР у машинобудуванні:

- системи автоматизованого креслення CADD – Computer Aided Designer and Drafting;
- системи автоматизації інженерних розрахунків та моделювання CAE – Computer Aided Engineering;
- системи автоматизованого проєктування технологічних процесів;
- системи підготовки даних для верстатів з ЧПУ CAM – Computer Aided Manufacturing;
- спеціалізовані системи (наприклад, для проєктування коробок передач);
- інтегровані системи, що включають в себе декілька з вищезначених.

САПР в електронному апаробудуванні:

- системи проєктування двовимірної топології (плати, плескаті конструктиви, двовимірні кресленики, мікросмужкові пристрої);
- системи проєктування тривимірних виробів (об'ємний електромонтаж радіоелектронної апаратури, об'ємне компонування, тривимірні механічні вироби);
- системи виробництва конструкторсько-технологічних документів;
- інформаційно-пошукові системи;
- системи розрахункового типу (використовують пакети прикладних програм аналізу та синтезу конструкції, оптимальних рядів конструкцій та елементів, що забезпечують комплексний підхід з позиції надійності, міцності, теплостійкості).

1.3 Загальна класифікація САПР

Керуючись принципом “користувачі, засоби, предметна область програмування” основні класифікаційні характеристики САПР можна розбити на наступні групи:

- загальні характеристики – визначають взаємодію САПР як одного цілого;
- програмні характеристики – розділяють системи по окремим особливостям програмних рішень;

- технічні характеристики – визначають особливості засобів обчислювальної техніки, що використовуються в САПР і периферійного обладнання;
- ергономічні характеристики – оцінюють ефективність взаємодії користувача з програмно-апаратною платформою САПР.

1.3.1 Загальні характеристики

За призначенням системи:

- машинобудівні САПР;
- САПР виробів мікроелектроніки – проєктування принципів і монтажних схем, печатних плат, автоматичне розміщення і трасування елементів;
- електротехнічні САПР – розробка принципів схем і схем підключення електротехнічного обладнання, його просторову компоновку, ведення бази даних готових виробів;
- архітектурні САПР – тривимірне проєктування архітектурно-будівельних конструкцій, розрахунок спеціальних конструкцій для стріх, типові статичні розрахунки будівельних конструкцій, ведення бази даних стандартних елементів, планування територій під будівництво;
- САПР обладнання промислових установок і споруджень – створення принципів схем установок, просторова розводка трубопроводу і кабельних трас, проєктування систем опалення, водопостачання, електропостачання, вентиляції і кондиціонування, ведення бази даних обладнання трубопровідної арматури готових електротехнічних виробів;
- геоінформаційні САПР – оцифрування даних польового знімання, аналіз геодезичних мереж, побудова цифрової моделі рельєфу, створення векторної форми карт і планів, ведення земельного і місцевого кадастру, ведення електронного картографічного архіву.

За способом організації інформаційних потоків:

- індивідуальні автоматизовані робочі місця – створюються на базі окремих робочих станцій (РС) або персональних комп'ютерів (ПК) з відповідним програмним забезпеченням;
- розподілена однорівнева система – система, об'єднана в локальну мережу із декількох РС і/або ПК; функціональні можливості

програмного забезпечення в цьому випадку залежать від технічних параметрів засобів обчислювальної техніки, що використовуються і можуть виконувати рівноправні конструкторські функції;

- розподілена багаторівнева система – система, що об'єднує в локальну мережу одну або декілька РС і ПК: на високовиробничих РС встановлюються потужні і дорогі САПР, а на ПК їх суттєво більш дешеві, але трохи скорочені функціональні аналоги;

- інтегрована багаторівнева система – призначена для проєктування і підготовки виробництва складних виробів, які мають складну внутрішню ієрархію інформаційних потоків, а також всі засоби для організації паралельно-агрегатного інжинірингу, який дозволяє керувати роботою як окремих виконавців, так і роботою конструкторських відділів, що вирішують цілковито різні задачі;

- інтегрована система керування підприємством – система, керуюча всім комплексом задач функціонування проєктування, як єдиним цілим.

1.3.2 Програмні характеристики

1. За спеціалізацією програмних засобів:

- вузькоспеціалізовані утиліти – призначені для виконання однієї локальної функції системи;

- спеціалізовані системи – дозволяють автоматизувати комплекс задач, зв'язаних з однією достатньо вузькою областю проєктування або підготовки виробництва;

- універсальні системи – дозволяють створювати вироби самого широкого профілю;

- комплексні системи – призначені для розв'язання проблем проєктування і підготовки виробництва спеціальних високо складних виробів.

2. За способом організації внутрішньої структури САПР:

- нерозширювані системи – використовують стандартний набір взаємозв'язаних модулів, що реалізує всі основні функції системи; зміна функціональних можливостей системи вимагає модифікацію вихідного програмного коду та перекомпіляції системи;

- масштабовані модульні системи:

а) системи, які формуються коло базового ядра (ядро включає всі потрібні базові засоби побудови двовимірної і тривимірної графіки, засоби діалогу з користувачем, бази даних графічної інформації); дозволяє компонувати спеціалізовані системи на базі модулів, що вільно підключаються та враховують специфіку робіт користувача;

б) горизонтально-розширювані системи – інтегруючим ядром таких систем є диспетчер користувачів середовища, який організовує доступ до зовнішніх додатків і обмін даними з зовнішніми системами. Об'єктно-орієнтована структура даних і стандартний їх обмін між додатками дозволяють спростити підключення спеціалізованих модулів.

3. За можливістю функціонального розширення системи користувачем:

- закриті системи – не мають засобів індивідуальної настройки і можливості розширення системи користувачем;

- системи з налагоджуваною підсистемою інтерфейсу користувача – володіють можливістю настройки системи меню, створювання діалогових вікон для побудови системи зручної користувачу;

- системи з пакетною обробкою команд – мають можливість виконання послідовності команд САПР, сформованих в текстовому пакетному файлі, створеному зовнішньою програмою;

- система зі вбудованою макромовою і бібліотекою функцій – володіють засобами для запису макрокоманд або створення нових функцій користувача, які дозволяють автоматизувати специфічні конструкторські операції;

- системи з можливістю підключення зовнішніх модулів – дозволяють підключити модулі користувача, написані на мовах високого рівня;

- інструменти розробника САПР – дають можливість використання набору стандартних бібліотек функцій, створювати власні додатки для САПР або навіть власні САПР.

4. По можливості обміну інформацією:

- замкнуті системи – зберігають дані у своєму власному внутрішньому форматі і не дозволяють обмінюватися інформацією з іншими системами;

- системи з текстовими файлами обміну інформацією – зберігають і зчитують інформацію про окремі геометричні примітиви у виді масивів цифр, розділених пробілами або комами;

- системи зі стандартними засобами обміну інформацією – дозволяють зберігати і зчитувати повну інформацію про створені моделі виробів у спеціальному текстовому або двійковому форматі, який описує всі об'єкти моделі в спеціальних термінах опису графічних примітивів з відповідними їм числовими значеннями.
Приклад: DFX, STEP.

5. По способу створення змінених прототипів:

- незмінні готові блоки – вставляються в модель або кресленик у виді готових елементів, попередньо збережених на жорсткому диску;

- програмно формовані елементи в зовнішніх модулях – створюються спеціальними програмами у вигляді текстових пакетних файлів з послідовністю команд побудови об'єкта або стандартних файлів обміну інформацією;

- параметрично задані елементи – уявляють собою графічні об'єкти, розміри яких зв'язані між собою у виді взаємозалежних ланцюжків параметрів;

- адаптивно змінні елементи – дають можливість більш простого коректування об'єктів: вказівкою курсору на елементи геометрії, що модифікуються, об'єкта можна змінити форму контурів об'єкта або задати в діалоговому вікні нову величину визначального параметра;

- комбіновані методи – сполучають адаптивну технологію швидкого коректування розмірів і параметричну технологію зміни взаємозалежних розмірів.

6. За методами моделювання функцій створюваних виробів:

- без спеціальних методів – у цьому випадку основні параметри конструкцій, що проєктуються, визначаються поза системою традиційними методами;

- розрахунки з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) – дозволяють проводити широкий комплекс інженерних робіт з визначення різних характеристик виробів, що проєктуються;

- спеціалізовані підсистеми моделювання – дають можливість аналізувати поведінку специфічних матеріалів в особливих умовах.

1.3.3 Технічні характеристики:

1. За використанням засобів обчислювальної техніки:
 - ПК;
 - робочі станції на базі різноманітних архітектур;
 - мініЕОМ;
 - мейнфрейми.
2. За способом об'єднання технічних засобів:
 - автономні робочі станції;
 - багатотермінальні ЕОМ;
 - однорангова локальна мережа;
 - локальна мережа з виділеним сервером;
 - гетерогенна мережа зі складною структурою.
3. За використовуваними технічними засобами та периферійним обладнанням САПР:
 - САПР мінімальної конфігурації – монітор 14-15 дюймів, пристрій введення даних і позиціонування курсору, пристрій виводу інформації, пристрій збереження інформації (стрімер);
 - технічно розвинені САПР – монітори від 17 дюймів і вище, клавіатура, миша, дигітайзер (цифровий планшет) формату А0, сканер формату А1-А0, пристрій виводу інформації, пристрій збереження інформації (магнітооптичні диски, компакт-диски, змінні диски).

1.3.4 Ергономічні характеристики:

1. За способом організації діалогу системи з користувачем:
 - за допомогою командного рядку;
 - за допомогою систем ієрархічних меню і діалогових вікон із контекстно-залежною допомогою (у виді текстових рядків або умовних піктограм);
 - за допомогою об'єктно-орієнтованого інтерфейсу і мультимедійної допомоги.
2. За зручністю діалогу системи з користувачем:
 - з інтуїтивно простим і зручним інтерфейсом користувача;
 - зі складним і незручним інтерфейсом.

3. За підтримкою тривимірного моделювання:

- двовимірні (2D) системи;
- тривимірні (3D) каркасні системи;
- 3D з видаленням схованих ліній;
- 3D зі світлотіньовим розфарбуванням;
- 3D з фотореалістичним відображенням.

2 АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРОБКИ І ВИКОНАННЯ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ САПР

2.1 Основні напрями та переваги автоматизації інженерно-графічних робіт

Можна виділити наступні напрями автоматизації проєктних робіт:

- створення – можливість виконувати проєкційні кресленики нових виробів та 3D моделі;
- редагування – можливість вносити зміни в кресленики;
- розрахунки – можливість виконувати моделювання та анімацію робіт майбутнього виробу, а також проводити різні розрахунки;

- пошук – робота з архівами конкретної галузі;
- вибір – прийняття рішень про шлях розробки проєкту.

Можливості САПР при створенні електронних креслеників:

- більш швидке виконання креслеників;
- підвищення точності виконання креслеників;
- підвищення якості виконання креслеників;
- можливість багаторазового використання креслеників;
- прискорення розрахунків і аналізу при проєктуванні;
- високий рівень проєктування;
- скорочення витрат на удосконалення;
- інтеграція проєктування з іншими видами діяльності.

2.2 Структура й основні принципи побудови системи розробки конструкторської документації

Системи 2D-моделювання розпізнають геометричні форми, обмежені точками, прямими чи кривими тільки на площині; кожен вид деякого об'єкта може бути виконаний лише як окрема фігура, що розглядається системою поза зв'язком з будь-якими іншими видами.

Система автоматизації конструкторської документації (АКД) виконує введення, збереження, обробку і виведення графічної інформації у вигляді конструкторських документів.

Для реалізації системи необхідні:

- документи, що регламентують роботу системи;

- вихідна інформація для формування інформаційної бази;
- інформаційна база, що містить моделі геометричних об'єктів, графічні зображення і елементи оформлення кресленика за ГОСТами ЕСКД;

- технічні і програмні засоби створення моделей геометричних об'єктів і їхнього виводу;

- інтерфейс користувача у вигляді графічного діалогу з ПК.

Усі перелічені складові створюють методичне, інформаційне, технічне, програмне та організаційне забезпечення САПР.

Ефективність застосування системи АКД забезпечується наступними її можливостями:

- наявністю засобів перетворень (поворот, перенесення, масштабування, побудови дзеркального зображення);

- використання готових фрагментів креслеників;

- веденням діалогу з комп'ютером у звичних для конструктора термінах;

- наявністю мовних засобів опису типових моделей креслеників об'єктів, коли процес створення конкретного кресленика зводиться до завдання розмірів;

- отриманням креслеників високої якості, які оформлені за стандартом ЕСКД шляхом виводу на плоттери та інші пристрої.

Основними принципами побудови систем АКД:

- інваріантність;

- інформаційна єдність усіх частин САПР;

- адаптація системи до різноманітних САПР.

2.3 САПР AutoCad

2.3.1 Загальні відомості про систему

Система AutoCAD – це універсальна графічна система автоматизації креслярсько-графічних робіт, в основу структури якої покладений принцип відкритої архітектури, що дозволяє адаптувати і розвивати багато функцій AutoCAD щодо конкретних задач і вимог.

Система AutoCAD може використовуватися для рішення широкого кола задач:

- креслення;
- конструювання;
- дизайнерських робіт;
- створення мульт і слайд фільмів.

У середовищі AutoCAD створені різні додатки, що дозволяють вирішувати задачі в окремих галузях економіки:

- для проєктування машинобудівних виробів (Mechanical Desktop, AutoCad Mechanical);
- для архітектури (Auto Architect);
- для картографування і геоінформаційного аналізу (AutoCad Map, Autodesk World, Map Guide).

Виробники системи забезпечують можливість інтеграції AutoCAD з іншими програмними продуктами, наприклад: файли AutoCAD можна передавати у систему 3D Studio MAX, Solid Edge, Corel Draw, КОМПАС-ГРАФІК.

Система AutoCAD підтримує об'єктно-орієнтовану технологію проєктування і забезпечує користувачу можливість розвитку системи. Для розширення AutoCAD і його адаптації для різного застосування (розробки параметрично-заданих моделей, роботи з графічною базою AutoCAD, доповнення його новими командами, розробки інтерфейсу користувача, створення власного середовища проєктування) можна використовувати мову програмування AutoLisp.

2.3.2 Функціональні можливості AutoCad

Графічні редактори AutoCad забезпечують:

- інструменти ручного креслення – графічні примітиви;
- команди їхнього редагування;
- команди установки властивостей примітива;
- вибір формату листа і масштабу кресленника;
- нанесення розмірів у напівавтоматичному й автоматичному режимах;
- засоби керування зображенням на екрані;
- можливість об'єднання графічного об'єкта в єдиний блок, що зберігається під визначеним ім'ям і вставляється в кресленик;
- можливість створення зображення окремих елементів кресленника чи окремих деталей складання в різних шарах;
- налаштування системи на будь-яку предметну область (налаштування панелей інструментів і панелей меню, створення нових типів ліній і зразків штрихування, створення нових меню, опис у параметричній формі об'єктів, що часто зустрічаються);
- моделювання 3D-об'єктів і надання їм фотографічної реальності;
- можливість експорту кресленника в Internet.

3 МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ САПР

3.1 Принципи побудови САПР

1. САПР – система, в якій взаємодіють проєктувальник і ЕОМ.
2. САПР – ієрархічна система, що реалізує комплексний підхід автоматизації всіх рівнів проєктування. Комплексність використання САПР доцільна з точки зору забезпечення зв'язності проєктування і автоматизації всіх етапів створення технічних об'єктів. Включення – означає, що САПР, що розробляється можна інтегрувати в САПР більш високого рівня. Системна єдність – означає, що у САПР мають бути реалізовані зв'язки між окремими підсистемами, які забезпечуватимуть цілісність системи.
3. САПР – сукупність інформаційно-узгоджених систем. Інформаційна узгодженість означає, що всі або більшість можливих послідовностей задач проєктування обслуговуються інформаційними програмами. Дві програми є інформаційно узгодженими, якщо всі дані, які являють собою об'єкт переробки в обох програмах входять в числові масиви, структура яких не змінюється при переході від однієї програми до іншої.
4. САПР – система зв'язана з зовнішнім середовищем за допомогою банків даних, виконавчих і контролюючих механізмів.
5. САПР – відкрита система, що розвивається. Так як САПР складний об'єкт, то економічно доцільно вводити в експлуатацію частини системи по мірі їх готовності. Прогрес обчислювальної техніки та обчислювальної математики постійно призводить до появи нових математичних моделей, апаратних засобів, операційних систем, які дозволяють розширити можливості САПР, що розроблюються.
6. САПР – спеціалізоване середовище з максимальним використанням уніфікованих модулів. Ефективність САПР і універсальність – суперечливі вимоги. При розробці САПР необхідно максимально використовувати уніфіковані частини.
7. САПР – закрита система для несанкціонованого доступу.
8. Вибір технічного і математичного забезпечення САПР має проводитись з урахуванням можливостей сучасної обчислювальної математики, обчислювальної техніки і потреб підприємства.

3.2 Структура, підсистеми і компоненти САПР

Структура САПР включає функціональну та забезпечуючу частини.

3.2.1 Підсистеми САПР

1. Інформаційна підсистема САПР (інформаційний пошук)

Призначена для збору, збереження, пошуку, упорядкування, поповнення та видачі всієї необхідної для процесу проєктування інформації.

База даних такої підсистеми — це сукупність упорядкованих комплексних відомостей про проєктований об'єкт:

- всесвітній науково-технічний рівень;
- фонд методів генерації варіантів рішення з обліком синтезу нових принципів взаємодії з бібліотекою фізичних ефектів;
- методики проєктування (формалізований колективний досвід спеціалістів в даній області);
- опис параметрів та характеристик проєктованого об'єкту, а також його моделей для різних стадій проєктування;
- архів (сховище накопичуваного в системі досвіду у вигляді рішень задачі в цілому та її фрагментів, опис типових елементів, комплектуючих, матеріалів тощо);
- керуючі та довідкові дані, нормативи, стандарти та інші дані, які регламентують процес проєктування.

2. Підсистема пошуку рішень технічних задач

Дозволяє вирішувати задачі, зв'язані з пошуком нових принципів діяльності тих об'єктів та пошуком варіантів рішення при відомих принципах дії.

Підсистема забезпечує :

- уточнене формулювання рішення задач;
- формування критерію оцінки варіантів;
- вибір раціонального варіанту.

3. Підсистема інженерного аналізу та моделювання

Призначена для виконання всіх облікових робіт, які зв'язані з деталізацією обраного варіанта вирішення проєктної задачі. Тенденції використання слоних моделей об'єктів та складних облікових методів.

4. Підсистема ведення та виготовлення документації

Призначена для забезпечення отримання про документів (креслеників, схем, графіків, тех. описів, специфікацій, таблиць тощо).

Підсистема забезпечує :

- розбиття та компоновання документів;
- розміщення графічних символів;
- з'єднання цих символів з обліком вимог та обмежень;
- виготовлення машинних носіїв інформації для програмно-керованого обладнання.

5. Підсистема монітора САПР

Призначена для організації та оптимізації керування процесом при виконанні проєктних процедур та взаємодії підсистем САПР.

Монітор САПР вміщує в собі:

- процедурно-орієнтовані мови (мета-мови) проєктування та управління процесом проєктування;
- мови опису функцій монітора (розподілення ресурсів САПР);
- мови опису структури даних та перетворення бази даних;
- програми, що забезпечують реалізацію функцій монітору САПР;
- база даних моніторної системи.

Основні функції моніторної системи САПР:

- управління процесом реалізації проєктних процедур та операцій;
- організація взаємодії підсистем САПР;
- інтерпретація мовних форм завдань на виконання проєктних процедур та операцій;
- розподілення ресурсів САПР в процесі проєктування;

- захист ресурсів системи та бази даних від несанкціонованого доступу;
- забезпечення діалогу та інтерактивного режиму роботи в умовах паралельної роботи кількох користувачів САПР та кількох підсистем САПР.

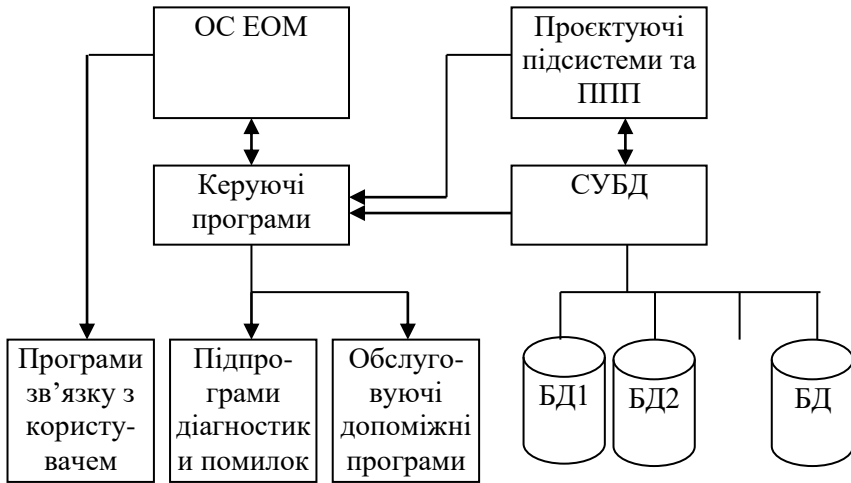


Рисунок 3.1 – Варіант організації моніторної системи САПР

Вимоги до ПЗ САПР:

- повинно функціонувати під керуванням ОС;
- повинно забезпечувати генерацію або настройку, а також контроль та відтворення процесу функціонування програм;
- мати інформацію сумісну з ППП та підсистемою САПР на рівні керуючих параметрів, констант та інтерфейсів обміну інформацією.

Діалогові засоби (ДЗ) САПР.

ДЗ – засоби, що забезпечують пряму взаємодію користувача з комплексом засобів автоматизації проектування, які діються в теперішньому часі.

Діалоговий режим — проєктування з використанням ДЗ, при якому користувач, взаємодіючи з ЕОМ, видає інструкції керування проєктуванням.

Пакетний режим — проєктування при відсутності ДЗ та безпосередньої дії користувача на процес проєктування.

ДЗ в залежності від виду представлення даних :

- символні;
- графічні;
- змішані.

В залежності від режиму використання:

- автономного використання;
- неавтономного;
- змішаного.

Склад ДЗ:

1. Методичне забезпечення ДЗ:

- методи проєктування;
- інструкції та методики ведення діалогу;
- лінгвістичне забезпечення:
- мова діалогової взаємодії;
- мова внутрішнього представлення даних;
- натуральні мови;

2. Технічне забезпечення:

- пристрій вводу/виводу даних;
- пристрій обміну даними;
- процедури ЕОМ.

Забезпечують ввід/вивід даних з використанням символних та графічних образів натуральних мов, будуються на основі периферійного обладнання ЕОМ, що серійно виготовляється.

3. Інформаційне забезпечення :

- бази даних для процесу діалогу;
- бази даних для реєстрації коректних результатів розрахунків;
- бібліотеки типових графічних елементів, технічних даних та параметрів, типових елементів проєктування.

Додатково можуть мати в собі засоби навчання та адаптування до можливостей користувача.

4. Програмне забезпечення:

- програма діалогу вводу/виводу даних;
- програма інтерпретатора мови діалогової взаємодії;
- програма керування процесом діалогу;
- програма взаємодії з іншими підсистемами САПР;
- програма видачі користувачу довідок, інструментів,

повідомлень про помилки.

ПЗ ДС має в собі загальне та спеціальне ПЗ.

Загальне ПЗ забезпечує ведення процесу діалогу та керування їм, керування базою даних та їх захист, відродження процесу діалогу.

Спеціальне ПЗ забезпечує інтерпретацію вхідних даних, їх контроль та формування інформації користувачу про результати проєктування.

3.2.2 Загальна характеристика видів забезпечення САПР

Комплекс засобів автоматизованого проєктування (КЗАП)—це сукупність різних видів забезпечення автоматизованого проєктування, необхідних для його виконання.

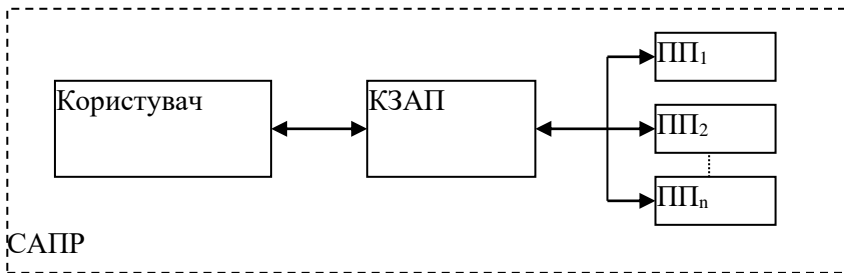


Рисунок 3.2 – Схема взаємодії КЗАП з користувачем в межах САПР

Технічне забезпечення САПР (ТЗ) —це сукупність взаємозалежних і взаємодіючих апаратних засобів (АЗ), використовуваних СПР для переробки, зберігання, передачі інформації; організації спілкування людини з ЕОМ і виготовлення проєктної документації.

Технічні засоби—це компоненти технічного забезпечення, що виконують визначену функцію в САПР: ЕОМ, периферійне обладнання, засоби оргтехніки, вимірювального обладнання, отримання даних.

Програмне забезпечення (ПЗ) – це сукупність програм, що представлені в заданому форматі, разом з необхідною програмною документацією, призначена для використання в САПР.

ПЗ складається з двох видів забезпечення:

- загальносистемне програмне забезпечення (ЗПЗ);
- прикладне програмне забезпечення (ППЗ).

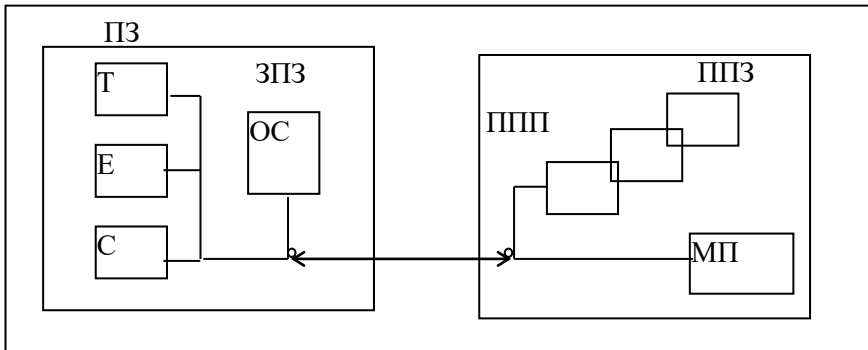


Рисунок 3.3 – Структура ПЗ САПР

Т—транслятори;

Е—емулятори;

С—супервізори;

ППП—пакети прикладних програм;

МП—машинні програми.

Математичне забезпечення (МЗ) – це сукупність математичних моделей (ММ), методів, алгоритмів для вирішення задач автоматизації проектування.

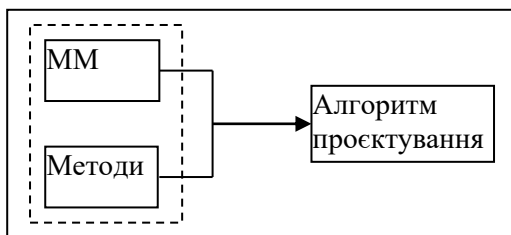


Рисунок 3.4 – Структура МЗ САПР

Інформаційне забезпечення (ІЗ) – це сукупність відомостей, необхідних для виконання автоматизованого проектування (опис стандартних проектних процедур, типових проектних рішень, комплектуючих виробів та інших даних).

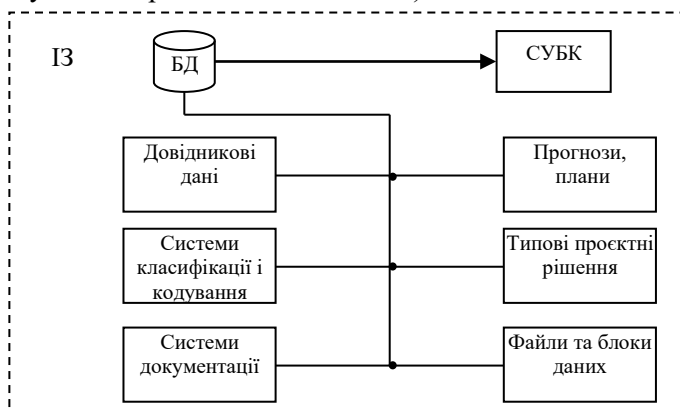


Рисунок 3.5 – Структура ІЗ САПР

Лінгвістичне забезпечення (ЛЗ) САПР – це сукупність мов проектування, а також терміни і визначення, правила формалізації дійсної мови та засоби стиснення і розгортання інформації, необхідної для представлення об'єкту, що проектується, процесу і засобів проектування, якими обмінюються проектувальники з машиною і між собою в процесі АП.

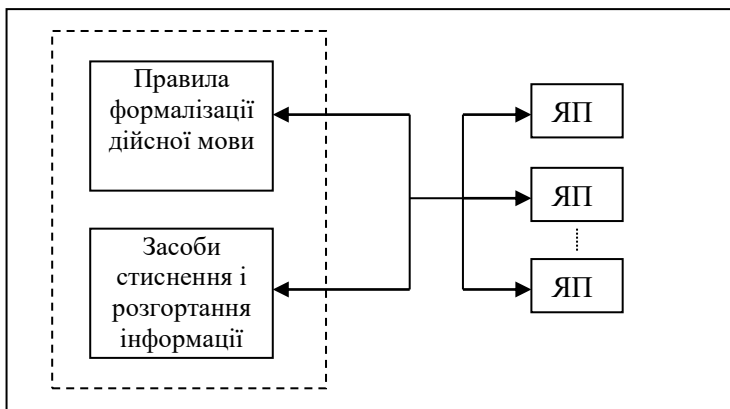


Рисунок 3.6 – Структура лінгвістичного забезпечення

Методичне забезпечення (МЗ) САПР – це сукупність документів, що встановлюють склад і правила одбору та експлуатації засобів забезпечення автоматизації проектування.

Організаційне забезпечення (ОЗ) – це сукупність документів (інструкції, штатні розклади), що регламентують організаційну структуру підрозділів проектного підприємства і класифікаційні вимоги до персоналу.

3.3 Технічне забезпечення САПР

Вимоги до технічних засобів (ТЗ) САПР:

- достатня продуктивність і ємність пам'яті ЕОМ, що використовуються для вирішення задач усіх етапів проектування;
- прийнятна вартість;
- зручна взаємодія інженера-проектувальника з САПР;
- спроможність одночасного обслуговування необхідної кількості користувачів в т.ч. і з різних підрозділів підприємства;
- спроможність розширення, модифікації і заміни застарілих приладів комплексу ТЗ.

Для задовольнення усім вимогам, що виставляються до ТЗ САПР, необхідна їх організація у вигляді обчислювальної мережі –

сукупності взаємодіючих і територіально розподілених приладів зберігання, переробки вхідної і вихідної інформації.

Структура ТЗ САПР на великих і середніх підприємствах зазвичай має архітектуру клієнт-сервер.

Архітектура клієнт-сервер – це архітектура інформаційно-обчислювальної системи, в якій дані, що обробляються, розподіляються поміж клієнтними і серверними ресурсами мережі.

Клієнтні засоби призначені для відправлення запиту серверам, на яких розміщуються дані та програми.

В архітектурі клієнт-сервер може бути реалізовано декілька рівнів взаємодії:

- автономні (немережеві) застосунки;
- застосунки, що виконуються на системі клієнта, але запитують дані з серверу;
- програми, що використовують сервер для забезпечення користувачам мережі можливості розподіленого доступу до інформації;
- програми, в яких пошук та обробка даних фізично реалізується на сервері, в той час, коли інші (більш компактні) програми, що виконуються на клієнтській частині, забезпечують усі функції інтерфейсу користувача.

Характеристики моделей клієнт-сервер:

- мережа має значну кількість серверів і клієнтів;
- основу обчислювальної системи складають робочі станції, кожна з яких функціонує як клієнт і запитує інформацію, що знаходиться на сервері.
- користувачу не потрібно знати місцезнаходження інформації, він просто запитує її;
- система має відкриту архітектуру, об'єднує ЕОМ різних класів і типів (генераційна структура).

3.3.1 Характеристика основних груп технічних засобів САПР

Розрізняють такі групи технічних засобів САПР:

1. **Пристрої підготовки та вводу даних** – призначені для автоматизації підготовки і редагування даних при вводі до ЕОМ алфавітно-цифрової та графічної інформації. Ця група дає можливість

кодування інформації, нанесення даних на машинні носії, вводу даних до ЕОМ, візуального контролю і редагування даних при вводі інформації.

Пристрої вводу поділяються на: *а) напівавтоматичні і б) автоматичні.*

а) Електронні планшети (дігітайзери) і контрольно-вимірювальні машини (ромери – фірма ROMER).

Дігітайзер – це напівавтоматичний прилад, що дозволяє вводити інформацію до ЕОМ за допомогою кодуючого перетворювача, який отримує інформацію від передавача і перетворює її на координати. Кодування реалізує оператор за допомогою “пера”. При суміщенні з ЕОМ виконується автоматичний контроль помилок оператора, передбачена можливість вибору фрагментів з бібліотеки елементів або введення раніше створених ділянок зображення. Ці прилади дозволяють підвищити продуктивність труда оператора і вірогідність інформації, що кодується.

б) Напівавтоматичні пристрої вводу характеризуються значною швидкістю, але для них потрібні графічні документи високої якості та точності.

Сканери бувають: ручні, мало- та широкоформатні; кольорові та монохромні; з різним розрішенням. Вони розрізняються конструктивно: або сканер пересувається по паперу, або папір під сканером, або сканер сканує одразу з обох боків документу. Існують високопродуктивні, з автоматичною подачею документів, з корекцією зображень та видаленням викривлень – для швидкого переведення документів у електронний формат; з платами пост-обробки та пост-фільтрації – вони компактніше представляють дані, при цьому зростає якість представлення, а також ступінь стиснення.

Контрольно-вимірювальні пристрої (контрольно-вимірювальні машини) – ромери – це новий інструмент для оцифрування складних поверхонь (наприклад, кузова автомобіля), а також перевірки якості розроблених виробів. Вони розрізняються масштабами вимірювань (від настільних до таких, що мають розмах управляючого органу 6 м). Для установки ромера необхідна абсолютна рівна поверхня (зазвичай, гранітний моноліт).

2. Пристрої передачі даних – призначені для забезпечення сумісної роботи технічних засобів у складі обчислювальних систем та мереж (апаратура передачі даних, комутатори, концентратори,

маршрутизатори, обладнання віддаленого доступу, медіа-конвертори, трансівери), а також для забезпечення дистанційного зв'язку з технічними засобами по каналам зв'язку.

3. Пристрої програмної обробки даних – універсальні або спеціалізовані ЕОМ, що забезпечують прийом цифрових даних з пристрої вводу або каналів зв'язку, їх програмну обробку, накопичення та вивід на машинні носії, на пристрої відображення або у канали зв'язку.

4. Пристрої виводу, відображення і документування даних і архіву проєктних рішень – призначені для оперативного представлення документування проєктних рішень (монітори, принтери, плоттери, графобудівники, координатографи, фотонабірні установки); а також для забезпечення зберігання, контролю, відновлення даних о проєктних рішеннях (стрімери, магнітооптичні бібліотеки, дисководи CD-ROM з записом, знімні жорсткі та гнучкі дискові накопичувачі).

Графобудівники – це креслярські автомати, що дозволяють отримувати документацію у вигляді креслеників, графіків, схем. Це робочий стіл (до формату A0) з пересувним (по двом осям) пристроєм з інкографами для чорнил.

Плоттери – сучасні креслярські автомати, що реалізують виведення інформації на ватман або кальку, мають фрикційний притиск паперу для переміщення у напрямку однієї вісі, і рух пера – по іншій. Інший різновид – планшетні плоттери, з нерухомим папером та пером, що рухається по осям X та Y. Сучасні плоттери – рулонні (барабанні) – використовуються для виведення довгих неперервних графіків та креслеників.

По методу нанесення зображень вони діляться на: пір'яні (кулькові, гнітові, інкографи), олівцеві, цівкові і лазерні. Зазвичай використовуються рулонні цівкові плоттери.

Пристрої архівування:

Стрімери – пристрої для запису і відтворення цифрової інформації на касету або картридж з магнітною плівкою. Розрізняються ємністю (до 40 ГБ), типом касет, виконанням (зовнішні/внутрішні), інтерфейсом, швидкістю зчитування/запису даних. Бувають з ручною або автоматичною зміною картриджів.

Лазерні накопичувачі – дисководи CD-ROM з записом та перезаписом.

Магнітооптичні бібліотеки (juke-boxes) – призначені для резервування даних великих об'ємів (сотні ГБ), до яких потрібен швидкий зручний доступ. Надійніші за стримери, але повільніші від CD-ROM.

Накопичувачі для гнучких і жорстких дисків: ZIP, Бернуллі і т.п.

Монітори – призначені для оперативного відображення, бувають кольорові або чорно-білі, розрізняються діагоналлю, розрішенням, режимами роботи.

Програмно-керовані координатографи – призначені для виготовлення прецизійних фотооригіналів друкованих плат, а також різних художніх виробів. Зображення наноситься експонуванням, вирізуванням, гравіруванням, скрайбуванням.

3.3.2 Режими роботи технічних засобів САПР

Режими роботи залежать від виду вирішуваних задач.

Класифікація задач, що вирішуються у САПР:

- по характеру обчислювального процесу – задачі вирішуються або без участі користувача, або інтерактивно;
- по складності – по часу виконання – на кілька секунд, або на час, значно більший за час діалогу;
- по об'єму використаної інформації – монопольно або частково використовується пам'ять ЕОМ.

В залежності від виду задачі, розрізняються такі режими роботи технічних засобів:

- однопрограмний режим (для задачі доступні усі ресурси ЕОМ);
- мультипрограмний режим з фіксованою кількістю задач;
- мультипрограмний режим зі змінною кількістю задач (зі спільними ресурсами).

По віддаленню проєктувальника від основного компоненту технічних засобів розрізняють:

- місцевий режим (користувач за комп'ютером);
- дистанційний режим (користувач і комп'ютер знаходяться у різних місцях).

По ступеню участі користувача у процесі вирішення задач розрізняють:

- пакетний режим;
- режим розділення часу.

3.4 Програмне забезпечення САПР

Вимоги до ПЗ САПР:

- вартість – прийнятна;
- економічність – мінімальні витрати машинного часу й оперативної пам'яті;
- зручність використання – можливість контролю проектування, інтелектуальна підтримка;
- надійність – можливість виконання функцій, що задані;
- правильність – якісна реалізація в ПЗ вибраного математичного забезпечення;
- універсальність – обмеження на застосування;
- відкритість – можливість адаптації під мінливу номенклатуру й особливості застосування;
- супроводжуваність – зручність підтримки ПЗ у робочому стані;
- мобільність – м'якість перебудови системи, використання мов високого рівня.

ПЗ САПР поділяється на загальносистемне, базове і прикладне.

Загальносистемне представлено ОС, що розроблюється для різних застосувань ЕОМ і специфіку САПР не відбиває, драйвери, програми-оболонки, утиліти.

Базове ПЗ – розробляється для різних цілей і призначена для використання багатьма проектними організаціями і користувачами (графічні редактори, СУБД, системи проектування ПЗ – інструментальні підсистеми).

Прикладне ПЗ – пакети прикладних програм для виконання різних проектних процедур. Іноді ПППІ типових процедур, представлених в централізованому порядку можна віднести до базового ПЗ.

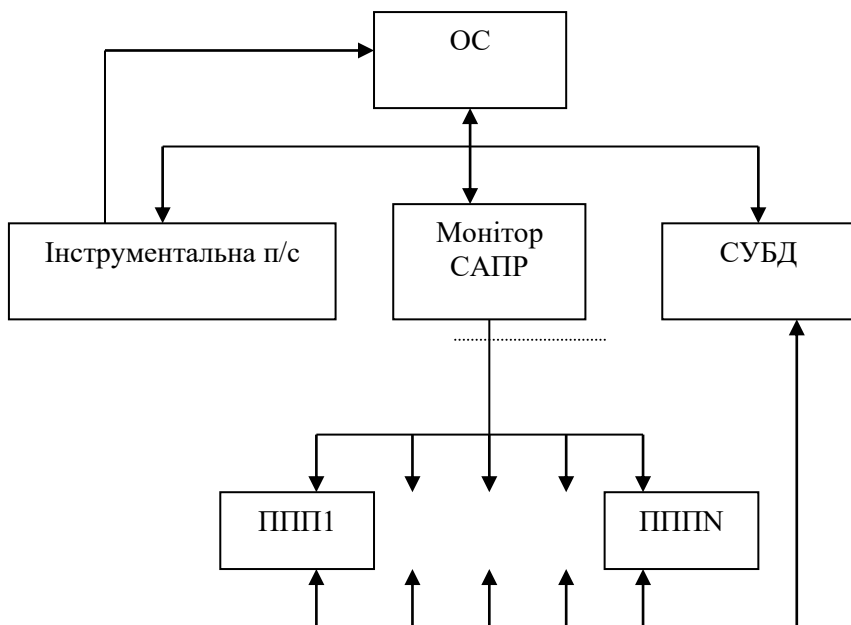


Рисунок 3.7 – Структура ПЗ САПР

3.4.1 Функції і склад загальносистемного та базового ПЗ

ОС – комплект спеціальних програм, що керують ресурсами всієї системи, ОЗУ, процесором, програмними модулями, каналами обміну даними, периферійними пристроями.

Ця частина ПЗ виконує:

- планування й організацію процесів обробки інформації;
- введення/висновки і керування даними;
- розподіл ресурсів;
- підготовки і налагодження програм.

Типи програм, що входять в ОС:

- обробні програми;
- керуючі програми.

Обробні служать для підготовки прикладних програм до виконання на ЕОМ, трансляцію вихідних програм, редагування і завантаження.

Керуючі – керують обчислювальним процесом, реалізують функцію керування задачами, завданнями і даними, стежать за виконанням оброблюваних програм і прикладних програм.

Драйвери – розширюють можливості ОС, дозволяючи їй працювати з різними зовнішніми пристроями.

Програми-оболонки забезпечують зручний і наочний спосіб спілкування з комп'ютером.

Утиліти – програми резервування, антивіруси, архіватори, русифікатори, діагностика, програми кешування, оптимізація дисків, динамічний стиск, обмеження доступу.

Системи програмування призначені для полегшення і прискорення процесу розробки і супроводу ПЗ САПР. Системи для створення додатків типу client-server, що дозволяють працювати з різними СУБД (Oracle, Cbase, SQL Server) – PowerBuilder, Delphi, Vbasic, Vcpp.

СУБД:

- прості СУБД (Clipper, Paradox...);
- середньої складності (Access, FoxPro...);
- типу client-server (Oracle, SQL Server...).

3.4.2 Спеціальне програмне забезпечення

При структуруванні ПЗ САПР використовують наступні поняття:

Пакет прикладних програм, програмна система, програмний комплекс, програмний компонент.

ППП – сукупність програм, об'єднаних спільністю застосування, тобто можливістю взаємного виконання чи орієнтацією на визначений клас задач.

П комплекс – складна програма, яку можна розділити на складові частини.

П компонент – складова частина програми, що має своє функціональне призначення.

П система – ППП, що має оригінальну вхідну мову, що має, і відповідний мовний процесор.

Існують два типи ППП:

ППП простої структури – використовує базову ОС, характерна наявність тільки обробної частини – набору функціональних програм для виконання деякої проєктної задачі.

ППП складної структури (і програмні системи) . Мають власну керуючу частину - монітор, що задає послідовність підключення програмних модулів для виконання проєктних процедур; а також мовний процесор із проблемно орієнтованим вхідною мовою. Крім цього в ППП складної структури входить набір програмних модулів для виконання проєктних процедур, а також обслуговуючі програми.

Таким чином керуюча частина такого ПЗ має ієрархічну структуру:

- рівень ОС обчислювальної мережі;
- рівень ОС окремої ЕОМ;
- моніторна система САПР;
- монітори окремих ППП.

3.4.3 Модульне проєктування програм

Модуль – структурна складова ПЗ, розглянута як єдине ціле на визначених стадіях чи розробки в процесі експлуатації.

При проєктуванні ПЗ САПР виділяють наступні ієрархічні рівні:

Системний рівень. Конкретизуються функції САПР, планується структура і состав. вибираються мови програмування, встановлюється ступінь використання готового загальносистемного і базового ПЗ, розробляються специфікації на окремі програми пакета.

Рівень прикладних програм. Вибирається математичне забезпечення, розробляються специфічні алгоритми, вибирається структура, мова програмування, способи інформаційного інтерфейсу.

Рівень програмних модулів. Конкретизація типів і структур даних, кодування алгоритмів і їхній запис обраною мовою програмування.

Переваги модульної побудови програм:

- їхня розробка може виконуватися незалежно;

- дозволяють чітко усвідомити структуру ПЗ, спрощує налагодження і зменшує кількість помилок при проектуванні;
- модульне ПЗ більш гнучке, універсальне, м'яко адаптується до змін застосування САПР;
- дозволяє легко нарощувати функціональні можливості САПР шляхом розширення набору програмних модулів і їхньої модифікації.

До складу ППП входять бібліотечні модулі – програми, що реалізують багаторазово використовувані алгоритми. Оригінальні програмні модулі орієнтовані на реалізацію вузькоспеціалізованих проектних процедур. Мовні процесори, компілятори і інтерпретатори служать для генерації оригінальних модулів готових програм. Зв'язок програмних модулів здійснюється за допомогою майбутніх файлів 2х типів:

Робочі – у них запам'ятовуються інформація про структуру проектного об'єкта, типі і параметрах складових його елементів.

Файли резервів – у них накопичуються результати автоматизованого проектування, документація; виводяться на пристрої відображення і зберігаються.

Взаємодія модулів робочих програм у зв'язках по керуванню, інформації, розміщенню і впливу.

Зв'язки модулів по керуванню можуть бути двох типів:

а) Звертання до модуля відбувається після завершення роботи попереднього.

б) Характеризується вкладеністю, таким чином відбивається ієрархічна підпорядкованість програмам усередині САПР.

Зв'язку модулів за інформацією виявляються в тім, що багато чисельних масивів використовуються більш ніж в одному модулі робочої програми.

Зв'язку модулів по розміщенню – розглядаються в тому випадку, якщо не всі модулі, зв'язані по керуванню, можуть бути одночасно розміщені в ОЗУ.

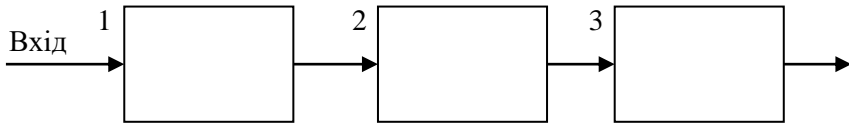
Зв'язку модулів по впливі відбивають такі впливи одних програм на інші, котрі приводять до зміни самих програм.

Принципи побудови програм різних ієрархічних рівнів:

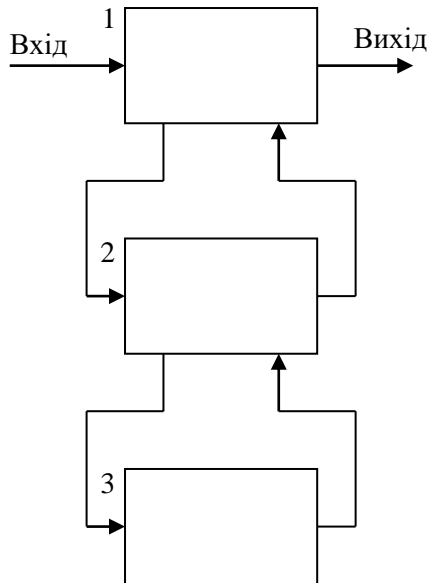
Вибір мови програмування. Для програм, невисоку частоту використання доцільно вибирати універсальні алгоритмічні мови, для програм нижчих рівнів – запис машинною мовою чи Assembler.

Вибір чисельних методів і відпрацьовування алгоритмів з урахуванням економічності, особливо важливо для нижчих рівнів.

Необхідний правильний вибір генерації робочих програм – метод чи компіляції інтерпретації.



а) однаково рівневі модулі



б) різнорівневі модулі.

Рисунок 3.8 – Характер взаємодії модулів

3.5 Лінгвістичне забезпечення САПР

Лінгвістичне забезпечення САПР включає в себе мови для представлення інформації про об'єктах, проектується процесі та

засобах проєктування. Мови САПР – мови програмування, проєктування та управління.

Мови програмування – використовуються для написання програм розробниками САПР. Сукупність мови програмування та відповідного мовного процесора є системою програмування.

Мова проєктування – призначені для опису інформації о об'єктах та задачах проєктування і є засобом спілкування користувача САПР та ЕОМ.

Мови управління – використовуються для опису управляючої інформації для програмно-керованого обладнання.

Мови бувають процедурні і не процедурні.

Процедурні – для опису процесів у вигляді послідовності дій та процедур.

Не процедурні – для опису структур об'єктів, проєктуються.

3.5.1 Мови програмування

Поділяються на машиноорієнтовані та алгоритмічні мови високого рівня.

Машиноорієнтовані – автокоди та мови Assembler.

Автокод – мова, речення якої по структурі подібні до машинних команд.

Assembler – автокод розширений макрокомандами, а також виразами та засобами, що забезпечують модульність програми.

Використання цих мов дозволяє досягати найбільшої ефективності з точки зору витрат машинного часу та пам'яті. Крім того вони універсальні по відношенню до задач різних класів. Використовують для створення спеціального управляючого ПЗ (диспетчерів та моніторів САПР). Недоліки – програмування вимагає високої кваліфікації програміста, приводить до збільшення строків розробки ПЗ. Характеризується залежністю від системи команд ЕОМ.

Алгоритмічні мови високого рівня – основний засіб розробки прикладного ПЗ САПР (Pascal, C, Basic). Мови Lisp та Prolog орієнтовані на обробку символічної інформації. Використовуються при розробці експертних систем.

Переваги: машинна незалежність, зручність програмування. Створення об'єктно-орієнтованих засобів візуального програмування

дозволяє значно прискорити розробку та забезпечити створення інтерфейсу.

Недоліки: менша універсальність, більш низка ефективність.

Перетворення вихідних програм в об'єктні модулі виконують мовні процесори: транслятори та інтерпретатори.

Трансляція – вихідна програма перетворюється в об'єктну. Якщо з алгоритмічної мови високого рівня до автокоду або машинну мову, то компілятор. Якщо з автокоду до машинної мови, то Assembler. Якщо вихідна та об'єктна мова одного рівня, то конвертер.

Інтерпретація передбачає, що аналіз вихідної програми та її виконання одночасні.

Відкомпільовані програми найбільш економічні по витратам машинного часу, але менш економічні по витратам пам'яті, тому чим вище частота використання програми тим обґрунтоване використання компіляції.

Для інтерпретації характерно зниження витрат пам'яті, але збільшені витрати машинного часу по відношенню до компіляції.

3.5.2 Мови проєктування

Це мови що зв'язують користувача з ЕОМ, а також для представлення інформації в ЕОМ.

Мови користувача – вхідні: для завдання інформації про об'єкти та задачі проєктування. Мають як правило дві частини: не процедурну – для опису структури об'єктів, та процедурну – для опису завдань на проєктування або процесів, що розвиваються в проєктованих об'єктах. Мовні засоби в цих частинах – це мова опису об'єктів (МОО) та мова опису завдань (МОЗ). МОО в залежності від характеру інформації, що описується може бути символьною або графічною.

Символьні – схемні та імітаційного моделювання. Схемні – призначені для опису структури схем без відображення графічного зображення схем. Імітаційного моделювання – процедурні та призначені для опису процесів функціонування систем.

Графічні мови – служать для опису графічної інформації тобто відображення схем, малюнків з збереженням інформації о геометричній формі та розмірах елементів.

Мови супроводу використовуються для супроводу та редагування даних при виконанні проєктних процедур. Ці мови

призначені для передавання до програми результатів виконання проєктувальником проєктних операцій по отриманому проміжному результату; дозволяють сформулювати директиви управління процесом проєктування.

Вихідні мови – використовуються для представлення інформації по виконанню програм САПР. Мають забезпечувати подання результатів проєктування в сучасній текстовій і графічній формі, а також відповідати вимогам стандартів при формуванні документації.

Діалог – пасивний та активний.

Пасивний – ініціатор діалогу – система, вона здійснює переривання дій та звертається до користувача. Від користувача вимагається прості відповіді.

Активний – ініціатива двохстороння. Діалогова мова складається з директив. Діалогову мову складають повідомлення системи: інформаційні, запити, підказки.

Повідомлення користувача: фрази з меню (при пасивному діалозі), робочі або службові директиви (при активному діалозі).

Мова користувача може бути універсальною та проблемно-орієнтованою.

Проблемні мови використовують для вирішення вузьких задач з врахуванням специфічних особливостей представлення об'єктів на різних рівнях проєктування.

Спеціалізовані вхідні мови численні, взаємопов'язані з конкретними САПР, орієнтовані на фіксовані набори даних певної структури, мають строгий та повний синтаксис та семантику.

Універсальність мов користувача можна розглядати як інваріантність по відношенню до різноманітних рівней та підсистемам в САПР; а також по відношенню до деякого ієрархічного рівня різних предметних областей (загальноцільова мова).

Універсальні вхідні мови САПР призначені для формування, зберігання та пошуку та видачі даних для проєктних процедур. Полегшують підготовку, контроль, ввід даних, опис їх логічної структури та маніпулювання даним.

Інформаційні мови документальних та фактографічних баз даних, а також інформаційних пошукових систем призначених для змісту інформаційних відомостей, а також формування запитів та видачі необхідної інформації.

Використання універсальних мов та БД дозволяють забезпечувати інформаційну повноту проєктування, можливість використання записів довільної структури, незалежність мови та транслятора від імен, синтаксису та семантики даних, що обробляються, легкість зміни структури та змісту вхідних даних, висока діагностична здатність та контроль даних, що вводяться; простота та легкість в використанні.

Мови для представлення інформації в ЕОМ.

Проміжні – для опису інформації про задачі проєктування на певній стадії трансляції, після етапів лексичного та синтаксичного аналізу. Введення єдиного для САПР проміжної мови полегшує адаптацію комплексу до нових вхідних мов.

Внутрішні мови – для представлення текстової та графічної інформації в ЕОМ при взаємодії з різними програмами.

Введення єдиної мови внутрішнього представлення даних означає прийняття певних згод про інтерфейси окремих модулів САПР та робить САПР відкритою по відношенню до нових елементів ПЗ.

3.5.3 Мови управління

Це вхідні мови моніторної системи САПР, СУБД, інформаційно-пошукової й інформаційно-довідкової системи САПР, що керуючих програм контролерів, виконавчих програмно-керованих автоматів.

Елементами мов управління є команди, що поєднують у додатки (кроки або кадри), що у свою чергу в запити і пошукові розпорядження. Мови управління підсистемами САПР мають високий рівень і часто інваріанти щодо використовуваних технічних засобів.

Мови управління ресурсами БД мають більш низький рівень і залежить від їхньої реалізації. Мови управління програмно керованим устаткуванням – мови низького рівня специфічні для кожного типу пристрою.

3.6 Інформаційне забезпечення САПР (ІЗ)

Призначення ІЗ – надання користувачам САПР необхідних даних для виконання передбачених САПР проєктних операцій і процедур.

ІЗ складається з:

- інформаційного фонду (ІФ);
- засобів управління цим фондом.

ІФ – сукупність даних, використовуваних усіма компонентами САПР. Системам керування ІФ організований доступ до інформації і її збереженню.

3.6.1 Склад інформаційного фонду

Програмні модулі. Зберігаються у виді символічних і об'єктних текстів, мало змінюються, мають фіксовані розміри, з'являються на етапі створення інформаційного фонду.

Вихідні і результуючі дані. Необхідні для виконання програмних модулів у процесі перетворення (часто обновлювані дані, однак їхній тип постійний і цілком визначається відповідним програмним модулем)

Нормативно-довідкова проєктна документація. Добре структуровані дані про матеріали, елементи, уніфіковані вузли і конструкції, включає також різні стандарти.

Зміст екранів дисплея. Це зв'язана сукупність даних, що задають форму кадру і дозволяють відобразити інформацію з метою організації діалогу із САПР. Мають фіксований розмір і займають положення між програмними модулями і даними.

Поточна проєктна документація. Відображає стан і хід виконання проєкту. Слабко структуровані дані, що часто змінюються в процесі проєктування.

3.6.2 Способи ведення інформаційного фонду САПР

Змістовний аспект організації і ведення інформаційного фонду визначається прийнятою методикою проєктування і розроблених алгоритмів рішення задач.

Організаційний аспект дозволяє сформулювати принципи і визначити засобу ведення інформаційного фонду, структуруючи дані, вибрати способи управління масивами даних.

Розрізняють наступні способи ведення інформаційного фонду САПР:

- Використовуючи файлову систему;

- Побудова бібліотек;
- Використовуючи банки даних;
- Створення інформаційної програми-адаптера.

Способи 1 і 2 широко поширені в САПР. Вони застосовні для рішення наступних задач:

- При збереженні програмних модулів;
- При збереженні діалогових сценаріїв підтримки процесу

проектування;

- Для початкового введення великих масивів.

Не придатний для:

- Забезпечення швидкого доступу до довідкових даних;
- Для збереження мінливих даних;
- Для ведення поточної проектної документації;
- Для пошуку необхідних текстових документів;
- Для організації взаємодії між різними мовними модулями.

Спосіб 3 дозволяє:

- Централізувати інформаційний фонд САПР;
- Зробити структурування даних у виді зручному для

проектування;

- Забезпечити ефективний пошук інформативно-довідкової і проектної документації;

- Спростити організацію міжмодульного інтерфейсу шляхом уніфікації проміжних даних.

Спосіб 4 дозволяє вирішити проблему організації міжмодульного інтерфейсу, що виникає при побудові великих САПР із готових модулів. У цих системах проміжні дані уніфікуються за допомогою єдиного процесора і побудови спеціалізованих міжмодульних інформаційних програм-адаптерів.

3.6.3 Особливості взаємодії різномовних модулів у САПР

Особливість установки програмного середовища і виклику модуля. При передачі керування з одного модуля в інший, складений на іншій мові, потрібно встановлювати програмне середовище. Програмне середовище – сукупність програм обробки переривань і аварійних завершень, установки реєстрів, використовуваних протягом виконання задачі.

Розходження в реалізації типів і структур даних, що виявляються при обміні інформації між різними модулями. Різні мови мають різні набори типів даних, при цьому можливі відносини між типами даних:

- еквівалентні дані – типи даних, для яких внутрішнє представлення, яке генероване компілятором, ідентично;
- непрямо-еквівалентні типи даних – такі, для яких немає еквівалентного опису, але за допомогою наявних засобів їх можна сполучити;
- нееквівалентні типи – які неможливо звести друг до друга за допомогою наявних мовних засобів.

3.6.4 Розробка програми адаптера

Для існування універсального інформаційного інтерфейсу необхідно:

- провести контроль наявності вихідних даних для кожного окремого модуля;
- задати недостаючи вихідні дані;
- перевірити відповідність типів, структур та послідовності даних аналогічним характеристикам даних прийнятим у модулі, що викликається;
- перетворити дані у випадку невідповідності типів;
- забезпечити передачу даних модулю, що викликається, у відповідності з типом обміну;
- організувати довкілля, яке визначається мовою програмування модуля;
- перевірити результат;
- виконати звернене перетворення у вигляд прийнятий для зберігання проміжних результатів;
- зберегти результати роботи модуля для подальшого використання.

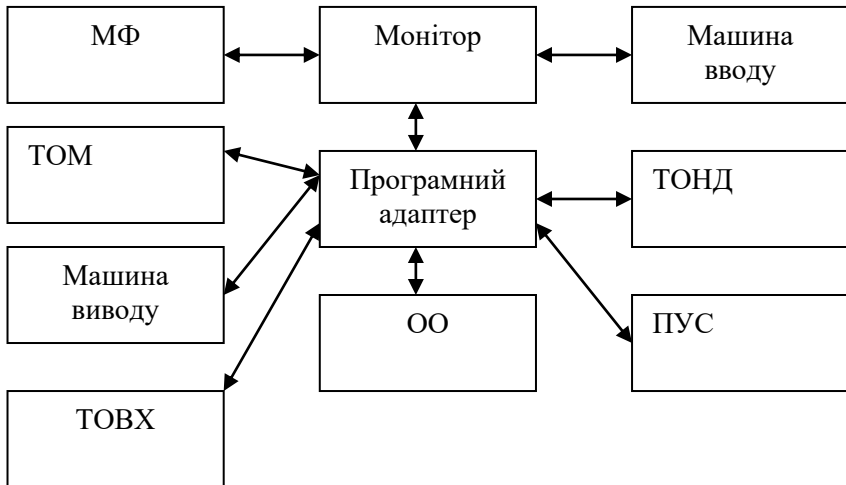


Рисунок 3.9 – Інформаційне забезпечення адаптера

МФ – модулі функціонування

Мвводу – модулі вводу вихідної інформації

ТОМ – таблиці опису модулів

ТОНД – таблиці визначників наборів даних

Мвиводу – модулі виводу результатів роботи

ПУС – програма розміщення середовища

ТОВХ – таблиці визначників входів

ОО – область обміну

ТОМ – містить ім'я модуля, ідентифікатор мови програмування, признак типу обміну прийнятий у модулі (параметр загальної області чи набори даних), кількість параметрів, ім'я визначника входу у модуль, ім'я області обміну та ім'я визначника набору даних.

ТОВХ – містить ім'я параметра – локальне та глобальне, характеристику параметрів (вхідний, вихідний, модифікує мий), вид структури (арифметичний масив, змінний рядок, масив строк, структура, масив структур), розмірність, довжина, основа системи числення, форма представлення, точність.

ТОНД – містить ім'я набору даних, тип організації, метод доступу, атрибути запису, формат та довжину блоку.

ОО – область обміну – пам'ять надана для проміжних результатів, що передаються від модуля до модуля. Організація області обміну передбачає створення статично розподілених ділянок пам'яті до яких може звертатися будь-який модуль незалежно від того якою мовою він написаний. Пам'ять під загальну область відведе редактор зв'язку під час створення завантажувальної програми із сукупності загальних областей окремих модулів. Для організації області обміну необхідно:

- виконати аналіз даних, що будуть циркулювати у середі САПР з метою визначення однакових за змістом змінних;
- усім однаковим за змістом змінним присвоїти одне й те ж ім'я (глобальні змінні);
- кожній змінній, яка зустрічається лише один раз присвоїти унікальне ім'я (локальна змінна);
- кожній локальній та глобальній змінній встановити у відповідність тип та структуру, яка є найбільш інформативною.

Висновок: Програма адаптер виконує усю сукупність операцій по організації інформаційної взаємодії між програмними модулями.

У великих САПР, програмні модулі яких оперують з великою кількістю вхідних, проміжних та результуючих змінних, область обміну зручно організовувати у вигляді банку даних. Це дозволяє частину функцій, які виконуються адаптером, перекласти на типові СКБД.

3.6.5 Банки даних в САПР

Банки даних дозволяють забезпечити цілісність даних та коректність їх колективного використання.

Використання банків даних у САПР обумовлено необхідністю забезпечення наступних вимог:

- достовірність результатів автоматизованого проектування, досягається коректністю математичного забезпечення САПР, а також повнотою та достовірністю вихідної інформації;
- цілісність даних – необхідна умова достовірності одержуваних у САПР результатів. Цілісність – це повнота плюс достовірність.

Вихідні дані у САПР можливо віднести до великих груп:

- нормативні документи та результати раніше виконаних проєктних процедур;
- дані, вибір яких знаходиться у компетенції користувача.

Якщо банк даних містить усю інформацію першої групи, то забезпечується повнота даних.

Достовірність даних залежить від коректності відомостей одержуваних у САПР із-зовні, від надійності технічних та програмних засобів; від наявності засобів відновлення після збою та захисту від зовнішніх впливів; від своєчасних внесень змін у базу даних.

Організація наскрізного автоматизованого проєктування – характеризується необхідністю автоматизувати проєктні процедури, а також процес обміну інформацією між різними частинами САПР. Ці обміни складають інформаційний інтерфейс між підсистемами САПР, прикладними програмами, користувачами та технічними засобами.

Забезпечення відкритості системи – створення відкритих САПР – розуміє реалізацію у них можливостей взаємoneзалежного внесення змін у інформаційне та програмне забезпечення.

Ступень відкритості САПР буде високою, якщо заміна однієї програми не потребує внесення змін в інші чи в структури даних, а також якщо зміни в інформаційному фонді чи технічних засобах збереження фонду не потребують зміну в програмному забезпеченні.

Незалежний розв'язок інформаційного та програмного забезпечення САПР реалізується у банку даних та підтримується впровадженням декількох рівнів опису даних.

Логічний рівень складається з двох підрівнів – концептуального та зовнішнього. При використанні представлень цього рівня розробниками програмного забезпечення спрощується робота по інформаційному узгодженню частин програмного забезпечення. Ці представлення виражаються засобами спеціальних мов.

Мова опису даних – задає структуру бази даних, тобто типи та формати даних, методи їх об'єднання у структурні одиниці, а також методи зв'язку одиниць між собою.

Мова маніпулювання даними – реалізує інтерфейс користувача та прикладних програм з базою даних.

Концептуальний рівень – логічна схема бази даних. Існує для опису усій сукупності бази даних у банках даних без прив'язки до фізичних методів його збереження у запам'ятовуючих пристроях.

Зовнішній рівень – зв'язаний з описом окремих баз даних без обліку засобів збереження даних.

Фізичний рівень – відноситься до розміщення даних у пам'яті ЕОМ:

- мінімізація часу доступу до даних та витрат пам'яті.
- забезпечення одночасного використання БД багатьма користувачами.

Класифікація банків даних

1. Класифікація за ступенем уніфікованості.

Існують загальноцільові та спеціалізовані банки даних. Універсальні та спеціалізовані СКБД, а також проектно – залежні та проектно – незалежні бази даних.

Універсальні чи типові СКБД можливо використовувати у різних додатках САПР.

Спеціалізовані СКБД дозволяють за рахунок орієнтації на конкретну предметну область з характерними структурами даних та програмами їх обробки отримати більшу ефективність використання розрахункових ресурсів.

Проектно – залежні бази даних – містять змінну інформацію о поточних проектах. Проектно – незалежні бази даних – архівні дані, що використовуються у багатьох проектах.

2. Класифікація за масштабом використання.

– інтегровані бази даних – відносяться до всієї САПР, містять інформацію необхідну усім підсистемам САПР та реалізують зв'язки між ними;

– локальні бази даних – обслуговують одну з підсистем САПР та реалізують внутрішні зв'язки;

– база даних окремих пакетів прикладних програм – використовується при включеннях у САПР пакетів від незалежних розробників. Забезпечують зв'язки між окремими програмами пакетів.

3. Класифікація за місцем зберігання.

– централізовані бази даних – зберігаються на сервері розрахункової мережі.

– розподіленні бази даних – складаються з декількох частин розподілених по вузлах розрахункової мережі.

4. Класифікація за ступенем зв'язності (структурованості).

- документовані (дескрипторні бази даних) в них інформація зберігається у вигляді слабо структурованих записів, які складаються з елементів символічного типу змінної довжини

- фактографічні бази даних – в них інформація зберігається у вигляді сильно структурованих записів для яких характерно фіксована кількість та формати полів.

5. Класифікація за типом прийнятої моделі даних.

- реляційна модель – сукупність таблиць;
- мережна модель – структура даних у вигляді графа;
- ієрархічна модель – граф є деревом.

Особливості банків даних в САПР

- значна нестабільність у часі робочого масиву бази даних;
- різноманітні масиви інформації змінного об'єму;
- велика кількість різноманітних за своїм характером даних;
- складність інформаційних взаємозв'язків даних.

3.7 Організаційне забезпечення САПР

Організаційне забезпечення представляє комплекс документів, які встановлюють правила взаємодії колективів розробників з засобами АП, а також правила взаємодії різноманітних САПР.

Організаційне забезпечення класифікується за рівнями:

- міжнародний;
- державний;
- галузевий;
- рівень об'єднання;
- рівень підприємства;
- рівень структурного підрозділу.

Другою ознакою є поділення організаційних засобів САПР на аспекти:

- адміністративний;
- правовий;
- кадровий;
- матеріального забезпечення.

На міжнародному рівні розробляються організаційні засоби, що створюють такі взаємовідносини держав при створенні та розвитку

технічного та програмного забезпечення, які дозволяють досягнути технічної, логічної, інформаційної та програмної сумісності продуктів.

Призначення організаційних засобів на цьому рівні:

- розповсюдження та широке застосування САПР;
- забезпечення скорочення термінів та зниження трудомісткості розробки ПО;
- підвищення якості, надійності науково-технічного рівня розробок.

На державному рівні вирішуються питання відтворення та деталізації міжнародних стандартів і питання взаємин галузі з метою міжгалузевої уніфікації і стандартизації компонентів САПР. Комплекси державного стандарту регламентують реалізацію робіт на етапах створення(придбання), розвитку і супроводу САПР, як у рекомендаційному плані, так і юридичному. На державному рівні вирішуються правові питання розробки САПР (специфікації), розробляються кваліфікаційні вимоги, встановлюється і забезпечується порядок підготовки кадрів їхнє цільове навчання і підвищення кваліфікації.

На галузевому рівні вирішуються питання взаємодії підприємства на етапах створення, придбання, розвитку й експлуатації САПР. У рамках об'єднання організаційне забезпечення призначене для рішення питань розвитку й експлуатації САПР; штатної структури і кваліфікаційного складу підрозділів САПР техніко-економічної оцінки ефективності.

На рівні підприємства – організація документації стосується діяльності підрозділів розвиваючих і експлуатуючих САПР.

На рівні структурних підрозділів забезпечення вирішують поточні питання застосування засобів САПР, взаємодії служб САПР між собою, забезпечення планових завдань різних виробничих показників.

3.8 Методика розробки САПР

САПР – це складна технічна система, проектування якої засноване на блочно-ієрархічній структурі.

Основні аспекти проектування САПР:

- апаратний;
- програмний.

Апаратний аспект зв'язаний з рішенням задач вибору технічних засобів і синтезу структури обчислювальних мереж САПР на основі ЕОМ, що випускаються, периферійних пристроїв і мережного устаткування (іноді з використанням оригінальних засобів).

Програмний аспект зв'язаний з вибором або розробкою загальносистемного і прикладного забезпечення.

Більшість програмних комплексів, що відбивають специфіку конкретних об'єктів, розробляються заново.

Основні етапи процесу створення програмного комплексу:

- формування математичної моделі для елементів проєктованої системи;
- вибір методів аналізу і синтезу;
- розробка алгоритмів проєктних операцій і процедур;
- створення БД, БЗ, і розробка мов проєктування;
- програмування і тестування.

Проектування САПР включає кілька ієрархічних рівнів:

- на верхньому (системному рівні) розробляються структури технічного і програмного забезпечення САПР, це виконується на підставі аналізу предметної області, даних про номенклатуру робіт, обсягу маршрутів проєктування з урахуванням перспектив розвитку;
- на наступних ієрархічних рівнях створюються оригінальні програмні комплекси і спеціалізовані технічні засоби (по ТЗ сформульованому на системному рівні).

3.8.1 Етапи і засоби створення проєкту САПР на системному рівні (синтез структури САПР)

Етапи з засобу створення проєкту САПР на системному рівні:

1. Збір даних про зміст і обсяги проєктних робіт.
2. Побудова маршрутів проєктування: індивідуальні маршрути поєднуються в узагальнені, тобто послідовності проєктних процедур з можливими розгалуженнями; встановлюються основні інформаційні зв'язки між процедурами і середовищем; визначаються які зв'язки будуть здійснюватися через БД із конкретизацією типів БД.

3. Установлення залежності між характеристиками проєктованих об'єктів розмірності їхніх математичних моделей і витратами обчислювальних ресурсів проєктних процедур.

4. Визначення структури технічного забезпечення САПР:

- вибір типу локальної обчислювальної мережі;
- розподіл функції керування по рівнях структури або вузлам мережі;

- розподіл БД по рівнях або вузлам мережі;

- вибір ЕОМ для кожного з рівнів.

5. Формулювання завдань на модернізацію або розробку (придбання) нових програмних комплексів і їхніх компонентів (використовуються в каталозі програмних і технічних засобів, аналізується САПР у даній або родинній операціях); досліджуються можливості адаптації існуючих САПР до конкретних умов застосування.

6. У випадку відсутності результату формується ТЗ на розробку оригінальних програм і програмних комплексів.

7. Розподіл проєктних процедур і ПЗ по вузлах обчислювальної мережі по рівнях комплексу технічних засобів.

8. Оцінка кількості обладнання. Ця задача вирішується з використанням залежностей, отриманих на етапі 3 і параметрах, отриманих на етапах 4, 5. Визначають потреби обчислювальних ресурсів для виконання одного проєкту для кожного класу проєктованих об'єктів. Потім перераховують у загальні потреби з урахуванням даних першого етапу. Результати цих розрахунків дозволяють установити кількість одиниць обладнання тих типів, що вибрали на етапі 4.

9. Вибір структури і методу доступу до обчислювальної системи (способи зв'язку проєктувальників і ЕОМ).

10. Складання моделі, що імітує функціонування САПР.

Структура моделі визначається за даними етапів 2, 4, 6, 7, 8. Технічні засоби відображаються у виді обслуговуючих апаратів.

Маршрути проєктування представляються у виді шляхів проходження заявок між обслуговуючими апаратами і вузлами мережної моделі.

Виконувані проекти в базі заявок визначається даними, отриманими на етапі 1; часи обслуговування в пристроях задаються з урахуванням параметрів обслуговуючих апаратів (дані етапів 4.5), а також параметрів заявок, що надходять. У системі імітаційного моделювання також відображується дисципліна обслуговування заявок, що обслуговує черговість виконання проектних робіт.

Виконання чисельних експериментів з мережною й експертною моделлю і коректування проекту САПР по їх результатах. Результати моделювання:

- терміни виконання проекту;
- оцінка продуктивності САПР;
- коефіцієнти завантаження обладнання САПР;
- довжини черг для обраної структури САПР і дисципліни обслуговування.

Коректування проекту САПР.

Перевіряється правильність рішень, прийнятих на етапах 4-8. Оцінюється прийнятність прийнятої дисципліни обслуговування, вносяться зміни в проект САПР, повторюється процедура верифікації САПР, повторюються етапи 9-10.

Техніко-економічний аналіз проекту, його оформлення і утвердження.

Реалізація етапів розробки САПР доцільно з застосуванням інструментальної системи розробки САПР. Для цих цілей використовується:

- експертна система синтезу проектних рішень – містить базу знань, створену на основі накопиченого досвіду розробки САПР і баз даних;
- системи програмування – сучасні системи для швидкісної розробки додатків САПР.
- підсистеми імітаційного моделювання – базуються на загальноцільових мовах моделювання, або мовах мереж Петри.

3.8.2 Проектування програмних комплексів

Одержання нових програмних САПР можливо на основі декількох підходів:

- генерація нової програми на базі програмного комплексу, що адаптується, за допомогою спеціальних інструментальних засобів;
- проєктування цілком оригінальних програм.

Виконуються з використанням наступних методів:

а) методи спадного проєктування – методи функціональної декомпозиції, заснованої на послідовному рішенні задач поділом ієрархічних рівнів, починаючи з програмою системи і закінчуючи рівнем підпрограм.

Переваги: полегшується розробка і розуміння складних програм, верифікація прийнятих рішень (тестування) можливо на кожному кроці послідовної деталізації.

Недоліки: якщо зміну в структурі програм виявлено на заключному кроці проєктування, це приводить до переробки всієї програми.

б) методи висхідного проєктування – засновані на виявленні набору типових функцій і створенні типових модулів, що реалізують ці функції.

Наприклад: модулі введення – виводу даних, роботи з базами даних, зв'язки з іншими САПР.

Недоліки: для програмного забезпечення САПР, що характеризується великою різноманітністю виконуваних функцій, ці методи громіздкі і сильно обмежують застосування.

в) методи розширення ядра – засновані на поступовому розширенні функцій і складу програмного комплексу, починаючи від деякого ядра.

Ядро – це первісна версія програмного комплексу, що реалізує один чи кілька маршрутів проєктування, що складаються з типових проєктних процедур.

При розробці нових модулів необхідно враховувати прийняті структури даних і правила розширення комплексів. Для досягнення переваг модульного проєктування необхідно домагатися сильної зв'язності та слабкого зчеплення модулів.

Зв'язність модуля – характеристики тісноти зв'язку внутрішніх частин модуля.

Зчеплення модулів – характеристика тісноти зв'язків різних модулів один з одним.

Ці ознаки забезпечуються при виділенні модулів по функціональному призначенню – тобто засновані на попереднім вивченні маршрутів проєктування і виявленні типових проєктних процедур.

Існують інші способи розбивки програмної системи на модулі:

- тимчасовий – одночасний виклик модулів в ОЗУ;
- логічний – декілька незалежно діючих модулів, подібних за значенням;
- процедурний – поєднує частини між деякими точками передачі керування.

Для кращої структурованості програм доцільна реалізація модулів у відповідності з наступними правилами:

- модуль повинний мати один вхід і вихід;
- повернення з модуля, що викликається, повинно бути до модуля, що викликає;
- відсутність післядії, тобто зміни у модулі при звертанні до нього є неприпустимими;
- передача параметрів повинна здійснюватися модулем, що викликає;
- запам'ятовування вмісту регістрів записується у модулі, що викликається.

Рекомендації зі здійснення багаторівневої вкладеності модулів робочої програми:

- при розробці модулів верхнього рівня найбільш важливим є вимога скорочення витрат на проєктування і супровід ПО;
- при розміщенні модулів нижніх рівнів найбільш важливим є скорочення витрат на виконання програм.

На кожному ієрархічному рівні проєктовані програмні комплекси мають свої особливості, що зумовлені спеціальними рисами проєктованих об'єктів, моделей, що використовуються і методів. Однак є деякі загальні риси в призначенні і функціях структурних складових.

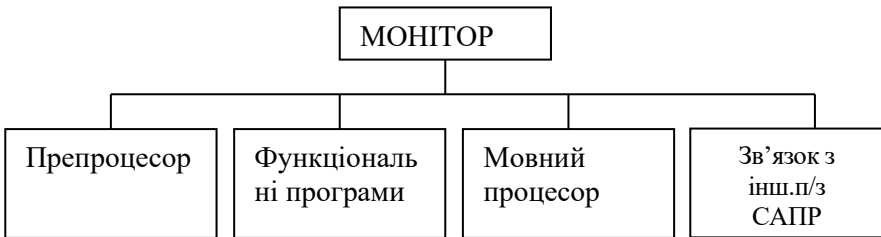


Рисунок 3.10 – Структура ПЗ програмної системи.

Монітор забезпечує обраний спосіб проектування, тобто створює необхідну послідовність проектних процедур.

Препроцесор включають до складу програмної системи в декількох випадках:

- при впровадженні програмного комплексу в проектних організаціях, що раніше використовували програмну систему близького призначення але з іншою вхідною мовою;
- при адаптації програмного комплексу в новій предметній області;
- при об'єднанні програмного комплексу з іншими програмними системами в складі інтегрованої САПР.

Функціонуючі програми поєднуються в бібліотеки моделей і методів синтезу, аналізу й оптимізації.

Мовний процесор є або інтерпретатором речень вхідної мови, або компілятором робочих програм моделювання. Компілятори, що реалізують алгоритм об'єднання моделей елементів у загальні системи, є специфічними для кожного рівня проектування.

3.8.3 Визначення характеристик та оцінка якості створюваної САПР

Вимоги до САПР:

- відкритість системи, користувач може налаштовувати та надбудовувати систему в залежності від своїх вимог;
- система повинна працювати зі стандартними протоколами обміну то збереження даних (для САПР найбільш характерна підтримка форматів DXF, TIFF, PCX, DBF, STEP, IGES, розуміння структурованої мови SQL);

- обов’язкова підтримка ЄСКД та ISO;
- обов’язкова наявність функцій моделювання та параметричного проектування;
- система повинна підтримувати роботу в багато користувальницькому режимі;
- необхідна інтеграція САПР в єдину систему документообігу та архіву підприємства.

Показники якості – це кількісні характеристики однієї або декількох властивостей. Для САПР розглядаються наступні показники: призначення, функціональні, експлуатаційні, технологічні, економічні, стандартизовані.

Показники призначення – область використання САПР, розмірність задач, що вирішуються, потрібні технічні засоби для реалізації САПР.

Функціональні показники – властивості, які з’являються в результаті роботи САПР; точність, надійність, стійкість до зовнішніх впливів, час реакції системи, продуктивність САПР.

Точність – залежить від адекватності математичної моделі та об’єкта, від погрішності математичних методів наближення обчислень та інше.

Надійність – якість системи не втрачати працездатності при наявності відмовлень та збоїв технічних засобів.

Стійкість – здібність системи виконувати функціональне призначення при наявності зовнішніх впливів.

Експлуатаційні показники – характеризують придатність системи до конкретних умов використання:

- простота освоєння системи, діагностика системи;
- кількість та рівень вимог до обслуговуючого персоналу;
- відкритість для доробки та модифікації.

Технологічні – розподіл ресурсів та часу на ввід САПР в експлуатацію, на підтримку її працездатності, супроводження в умовах конкретного підприємства.

Економічні – характеризують витрати на розробку або придбання САПР, освоєння обслуговуючого супроводження.

Рівень стандартизації – відповідність усім вимогам щодо документації міжнародних та вітчизняних стандартів.

Існують два види САПР:

- статичні – в процесі проєктування не потребують інформації про стан навколишнього середовища в даний момент часу;

- динамічні.

Показники якості компонентів САПР.

Для технічного забезпечення САПР

Системні – відображають загальні властивості технічних засобів та характеризують до ефективності їх експлуатації, вартості, ємність пам'яті, кількість користувачів, завантаженість пристроїв.

Користувача – відображають спеціальні вимоги конкретної САПР, режими роботи, швидкість та точність обробки інформації, організація діалогу.

Для програмного забезпечення САПР

- документованість;
- ефективність (прямо пропорційна швидкості виконання та зворотно пропорційна об'єму ресурсів, що використовуються);
- надійність;
- простота використання;
- зручність використання ;
- мобільність;
- сумісність (можливість виконання в іншому технічному, інформаційному, програмному середовищі);
- придатність до тестів;
- вартість.

Лінгвістичне забезпечення САПР

- простота;
- надійність;
- швидкість трансляції;
- ефективність об'єктного коду;
- зручність у читанні;
- блочність структури.

Ефективність САПР визначається шляхом порівняння ефекту її використання (Q) та повних витрат на її розробку (придбання і експлуатацію (Z).

Ефект – укладається в зміні результатів процесу проєктування заміни ручного проєктування автоматизованим, виявляється в отриманні технічних, економічних або соціальних результатів.

Витрати – ураховуються сукупністю фінансових, матеріальних, трудових та часових ресурсів. Таким чином ефективність описується парою множин :

$$\mathfrak{E}=\{Q;Z\} \quad \mathfrak{E}=Q/Z$$

4 МІСЦЕ САПР В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СТРУКТУРІ СУЧАСНОГО ПІДПРИЄМСТВА

4.1 Загальна схема автоматизації промислового виробництва

Система допомагає керівнику підприємства приймати керуючі рішення на основі власної інформації, а також зовнішніх БД.

Автоматизована система складування (сировина, компоненти та продукція)

Компоненти системи:

- контроль продукції що надходить;
- інвентаризаційний облік деталей та вузлів, що виробляються;
- облік готової продукції.

Автоматизоване виробництво деталей.

Автоматизоване виробництво поділяється за принципами групових технологій:

- виробництво деталей з пластмаси;
- металооброблювальні центри;
- роботизовані лінії зварювання та фарбування;
- роботи з доставки інструментів та деталей;
- системи контролю якості готової продукції.

Автоматизоване виробництво готової продукції:

- роботизована система;
- роботизація виконання окремих складальних операцій;
- контроль якості готової продукції;
- автоматичне упакування;
- переналагодження системи для виробництва іншої продукції.

Система управління виробництвом:

- портфель замовлень;
- завдання блоку 6 на розробку нових виробів;
- обробка інформації обліку виробничих витрат (зарплатня, амортизація та інше);
- система планування виробничого процесу;
- контроль проходження продукції.

САПР містить наступні компоненти:

- системи для розробки нових процесів – CAD;
- аналіз проекту та перевірка його на сумісність з іншими вузлами продукції, що виробляється – CAE;
- розробка оснастки та інструментів;
- розробка нового технологічного процесу;
- підготовка програм для станків з ЧПУ.

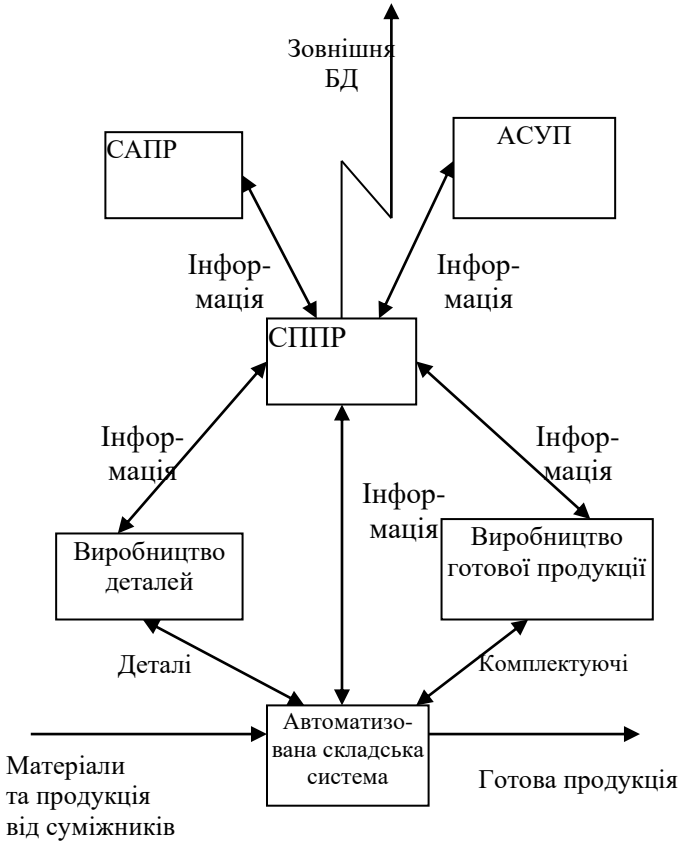


Рисунок 4.1 – Схема автоматизації виробництва

4.2 Концепція побудови корпоративної інформаційної системи (КІС) підприємства

КІС – це територіально розподілена сукупність технічних і програмних засобів підприємства, що реалізує ідеї і методи автоматизації. Містить у собі (інтегрує):

- система керування документообігом підприємства (СКД);
- засоби автоматизації ділових процесів (системи work flow);
- системи керування проєктами;
- електронний архів;
- системи потокового введення паперових документів;
- системи підтримки прийняття рішення;
- офісні і прикладні програми (спеціалізоване ПЗ);
- програмно-апаратні засоби захисту інформації;
- поштові засоби.

Склад КІС залежить:

- від профілю діяльності підприємства;
- від масштабу організації;
- від обсягу інформаційних робіт.

Вимоги до КІС:

- використання архітектури клієнт-сервер з можливістю застосування більшості промислових СКБД;
- забезпечення інформаційної безпеки за допомогою різних методів контролю і розмежування доступу до інформаційних ресурсів;
- підтримка розподіленої обробки інформації;
- модульний принцип побудови з оперативно незалежних функціональних блоків;
- підтримка технологій Internet/Intranet;
- забезпечення легкості адміністрування, ергономічності, а також наявності локалізованого інтерфейсу.

4.3 Система керування документообігом підприємства (СКД)

Проблеми керування інформацією в мережному середовищі:

1. Проблема пошуку документа – незважаючи на доступність довгих імен документів, вони часто не відбивають об'єктивний зміст документа, а лише суб'єктивне представлення про нього. Це веде до збільшення мережного трафіку і безглуздій витраті ресурсів клієнта і сервера.

2. Проблема змусити користувача зберігати свої документи у визначені адміністратором директорії.

3. Проблема спільного доступу до документів:

– погано налагоджена система захисту інформації – звичайно структура директорій відповідає організаційній структурі; крім того, звичайно є доступ до усіх жорстких дисків на робочих станціях;

– труднощі координування спільного доступу до документів.

4. Проблема електронної пошти. Просте копіювання документів всім учасникам процесу призводить:

– до росту обсягу збереженої інформації, а значить до збільшення вартості збереження й обслуговування;

– при копіюванні документ утрачає свою цілісність;

– проблема складання списку розсилання і складу кореспонденції;

– для одержання доступу до інформації треба знати чи актуальна вона й у кого вона є.

СКД (DOCS OPEN, DocuLive, Search, IMAN) вирішують задачу забезпечення колективного доступу до документів з максимальним ступенем їхнього захисту:

– забезпечують швидкий пошук документів (атрибутивний і повнотекстовий);

– забезпечують обробку і перетворення паперових документів;

– допомагають користувачам організовувати і спільно використовувати інформацію;

– забезпечують збереження документів у централізованому архіві;

– створюють зручну структуру представлення всієї інформації, що зберігається в мережі;

– підтримують промислові стандарти міжпрограмної взаємодії.

СКД вирішують розглянуті проблеми наступним способом:

1. Керують документами, створеними у всіх прикладних програмах для ПК.

2. Гарантують тісну інтеграцію з популярними додатками (електронні таблиці, текстові процесори, електронна пошта). Інтеграція полягає в підміні стандартних файлових операцій (відкрити файл, зберегти, зберегти як, експорт, імпорт) аналогічними операціями в СКД.

СКД замінюють концепцію імен документів їхніми картками, що містять розширену інформацію, яка використовується для їхнього пошуку і керування. Картки настроюються на визначене підприємство і предметну область, і включають набір реквізитів: ім'я документа, дата створення, автор, департамент (підрозділ), тип документа і т.п.

СКД забезпечують користувача могутніми функціями пошуку за інформацією карток. Користувач може виконувати пошук документів по реквізитах чи по змісту. СКД зберігають картки в SQL базах даних, тому підтримують роботу з величезною кількістю карток.

СКД захищає документи. Для одержання доступу усередині СКД користувач повинний мати відповідні права доступу. Кожен документ супроводжується картокою контролю доступу: ACL (Access Control List). Вона називається також матрицею прав доступу і являє собою список користувачів і можливих операцій над документом (доступ до картки, редагування картки, перегляд документа, редагування документа, копіювання документа).

3. Контролюють версії і ведуть історію роботи з документами.

4. Постачають документи текстовим індексом, що дозволяє шукати їх по контексту. Індекс обновляється після внесення в документ змін.

Якщо СКД поєднує декілька територіально розподілених площадок, з'єднаних глобальною мережею, то передача документів і супровідної інформації може шифруватися.

Сучасні СКД характеризуються відмінною масштабованістю, переносимістю, безпекою і надійністю збереження даних, а також забезпечують розподілений режим роботи.

4.4 Системи автоматизації ділових процесів (САДП)

Робота систем work flow заснована на тім, що діловий процес – це періодично повторювана, відрегульована послідовність дій, що може бути формалізована.

Технологія work flow – це термін, що увібрав у себе наступні найважливіші інформаційні технології:

- маршрутизація документів і виробничих завдань;
- контроль їхнього виконання;
- організація документообігу;
- координація колективної обробки інформації.

Приклади САДП: Work Route, Staffware, Action Workflow.

Системи work flow найбільш ефективно застосовуються з метою забезпечення процесів керування сучасним підприємством. Існують наступні види управлінської діяльності: евристична, адміністративна й операторна.

Для автоматизованої підтримки евристичної діяльності застосовують: системи підтримки прийняття рішення, експертні системи, системи аналізу в реальному масштабі часу, інформаційні сховища даних.

Для автоматизації операторної праці використовуються: засоби розробки документів, системи обробки транзакцій, СКБД, системи керування документообігом.

Для автоматизації адміністративної діяльності використовуються системи, що забезпечують і координують спільну діяльність декількох учасників процесу керування: work flow, group ware.

У основу функціонування цих систем закладені наступні поняття:

- Діловий процес;
- Ділова процедура;
- Модель процесу – формалізований опис ділового процесу, його ділових процедур, правил їх виконання, ролей учасників процесу. Для її побудови використовується методології системного аналізу:

- SADT - Structured Analysis & Design Technique;
- DFD - Data flow diagram.

Правила обробки ділової процедури:

а) правила обробки даних – це отримання деяких значень даних, від яких залежить подальший порядок обробки даних або напрямок їх передачі;

б) правила маршрутизації – визначають сценарій реалізації ділового процесу.

В залежності від передвизначеності порядку виконання процедур розрізняють жорстку або вільну маршрутизацію.

В залежності від порядку прямування активізованих процедур розрізняють паралельну або послідовну маршрутизацію.

Робота – конкретне доручення, що виконується у рамках ділового процесу та піддається ряду певних процедур;

Опис роботи – включає до себе формулювання завдання, інформацію у вигляді коментарів, прикріплених документів, опис етапів, часових інтервалів на виконання і режими виконання.

Роль учасника ділового процесу – визначає набір дій у межах ділового процесу, що його учасник має виконати для досягнення мети процесу (ініціатор роботи, виконавець, спостерігач).

Для автоматизації ділових процесів на підприємствах створюють картки ділових процесів, що описують: хот, коли, на якому робочому місці, за допомогою яких засобів і яким чином повинен оброблювати дані. Закладений в картку опис, дозволяє автоматизувати формування, активізацію, виконання та контроль – різноманітних завдань.

Алгоритм роботи системи автоматизації ділових процесів:

- створення моделі ділового процесу;
- побудова плану дій (активізація ділових процесів, формування доручень та розпоряджень);
- надання роботи виконавцям (в електронному вигляді);
- виконання роботи виконавцями;
- формування даних про виконання роботи (статус роботи на поточний час, місцезнаходження, термін проходження роботою чергового етапу);
- надання інформації в режимі реального часу ініціатору, в процесі виконання роботи;
- вироблення рішень з координації ділового процесу і за результатами контролю;

- формування нових робіт.

Технологія work flow об'єднує таким чином декілька інформаційних технологій:

- електронна пошта;
- управління проєктами;
- робота з БД;
- ООП;
- Case-технології.

Використання систем work flow дозволяє:

- усунути втрати необхідних даних;
- скоротити час передачі даних;
- підвищити ефективність робіт;
- підвищити рівень управлінських рішень;
- зміцнити трудову дисципліну;
- підвищити організаційну культуру.

KIS на підставі вищезгаданих систем дозволяє об'єднати офісний документообіг (організаційно-розпоряджуваний) з інженерним (технічна, технологічна, креслярсько-конструкторська документація), а також програми бухгалтерського, складського і кадрового обліку.

4.5 Засоби стратегічного планування (ЗСП)

ЗСП – це системи управління проєктами, що використовуються на великих підприємствах, де ведуться довгострокові проєкти з залученням великого числа різних ресурсів (Microsoft Project, Symantec TimeLine). Дозволяють здійснювати стратегічне планування та управління підприємством. Вони беруть за основу план, потім у відповідності з ним автоматично організують виконання, аналіз, управління робочими етапами плану. Календарне планування та хід виконання етапів здійснюється в напівавтоматичному режимі.

4.6 Системи підтримки прийняття рішень (СППР)

Це засоби оперативного аналізу даних, що дозволяють виконувати інтелектуальну оцінку інформації: узагальнення, групування, видалення надлишкових даних, підвищення їх вірогідності за рахунок виключення помилок і обробки декількох незалежних джерел.

OLAP (On-Line Analytical Processing) – оперативна обробка даних. Передбачає формування запитів не на підставі жорстко завданих форм, а за допомогою гнучких нерегламентованих підходів; забезпечує виявлення асоціацій, закономірностей, проведення класифікації, узагальнення та деталізацію, складання прогнозів, тобто надає інструмент для управління підприємством в реальному часі.

Ці системи формують та використовують для аналізу масиви передчасно оброблених даних, які називаються – предобчисленими індексами. Вони працюють не з оперативними БД, а з стратегічними архівами, які відрізняються інтегрованістю, хронологічністю та предметною орієнтованістю. Використовуються системи реляційного аналізу ROLAP та багатовимірні MOLAP. Найбільш розповсюджені є допоміжні серверні модулі для СУБД (Oracle, Express, EssBase (Arbor SoftWare), MetaCube (Informix)).

4.7 Засоби обробки паперових документів та системи, що засновані на Інтернет технологіях

Спеціальні модулі обробки паперових документів дозволяють автоматизувати сканування, збереження образів багатосторінкових документів, їх розпізнавання та анотування. Промисловий ввід паперових документів забезпечується за рахунок спеціальних високоефективних сканерів з підтримкою корекції зображення та видалення спотворень, допоміжних плат постобробки та фільтрації зображення.

Таким чином забезпечується висока швидкість перетворення даних, економиться місце на носіях інформації та забезпечується ефективність їх обробки.

Найліпшими є СУД та САДП, які підтримують повноцінну роботу із звичайного браузера, що дозволяє використовувати стандартні сховища даних із мереж. Однак для запобігання

несанкціонованого доступу вмонтованих засобів цих систем може бути недостатньо. Тому на стику сегментів локальних мереж та Інтернет бажане встановлення брандмауерів – засобів контролю за вхідними та вихідними зовнішніми сполученнями, що дозволяють відстежувати передачу інформації практично усіх відомих протоколів Інтернет.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Пархоменко, А. В. Автоматизоване проєктування електронних засобів в середовищах Creo та ALTIUM DESIGNER: навч. посіб. [Текст] / А.В. Пархоменко, А.В. Притула, В. М. Кришук. – вид. 3-тє, уточн. – Житомир: Вид. О.О. Євенок, 2020. –252 с. (<http://eir.zp.edu.ua/handle/123456789/6801>).
2. Козяр, М. М. Комп'ютерна графіка AUTOCAD [Текст]: навчальний посібник/ М. М. Козяр, Ю. В. Фещук. – Стереотип. вид. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. – 304 с.(бібліотека НУЗП)
3. Барандич, К.С. Системи автоматизованого проєктування: конспект лекцій / К.С. Барандич, О.О. Подолян, М.М. Гладський. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 97 с. (https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45614/1/SAPR_KL.pdf)
4. Павловський, С. М. Основи автоматизованого проєктування: лабораторні роботи в середовищі AutoCAD: навч. посіб. / С. М. Павловський, А. В. Бабков. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 598 с.
5. Свірневський, М. С. Розробка додатків для продуктів Autodesk: навчальний посібник / М.С.Свірневський. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – 316 с.