

## *Змістовий модуль (тема) 7*

### **ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САПР**

**Класифікація, структура, основні вимоги до ПЗ.  
Особливості й етапи розробки ПЗ САПР.  
Оцінка якості програмного забезпечення САПР.**

30.04, 14.05 – лекції

07.05 – лабораторна робота.

#### **7.1 Класифікація, структура, основні вимоги до ПЗ**

Програмне забезпечення (ПЗ) САПР – сукупність машинних програм, необхідних для автоматизованого проектування, представлених у заданій формі. Частина ПЗ, призначена для управління проектуванням, називають операційною системою (ОС) ПЗ.

Сукупність машинних програм (МП), необхідних для виконання якої-небудь проектної процедури і поданих у заданій формі, називають пакетом прикладних програм (ППП).

Компонентами ПЗ є документи з текстами програм, програми на всіх видах носіїв, експлуатаційні документи. Програмне забезпечення розділяють на загальносистемне (ЗПЗ) і прикладне (ППЗ). Компонентами ЗПЗ є транслятори з алгоритмічних мов, емулятори, супервізори тощо. Компонентами ППЗ є програми і пакети прикладних програм для виконання автоматизованого проектування.

Розробка ПЗ є найбільш тривалою і дорогою частиною проектування САПР. Від властивостей ПЗ значною мірою залежать можливості та показники САПР.

До ПЗ САПР висувають такі вимоги.

*Економічність ПЗ* – оцінюється витратами обчислювальних ресурсів – машинного часу й оперативної пам'яті.

*Зручність користування* – визначається надійністю, наявністю проблемно-орієнтованих вхідних мов і засобів діагностики помилок

користувача.

*Надійність ПЗ* – властивість виконувати задані функції у заданих умовах.

*Правильність ПЗ* – властивість, що характеризує відповідність ПЗ специфікаціям математичного характеру, тобто правильність реалізації у ПЗ вибраного математичного апарату.

*Універсальність ПЗ* – характеризується обмеженнями на вживання ПЗ.

*Відкритість ПЗ* – характеризується внесеннями змін в процесі експлуатації.

*Супроводжуваність* – властивість, близька до відкритості, характеризує зручність підтримки ПЗ у працездатному стані і забезпечується структурованістю ПЗ.

*Мобільність ПЗ* – називається переносимістю, визначається легкістю перебудови ПЗ, експлуатація на ЕОМ з різними системами команд.

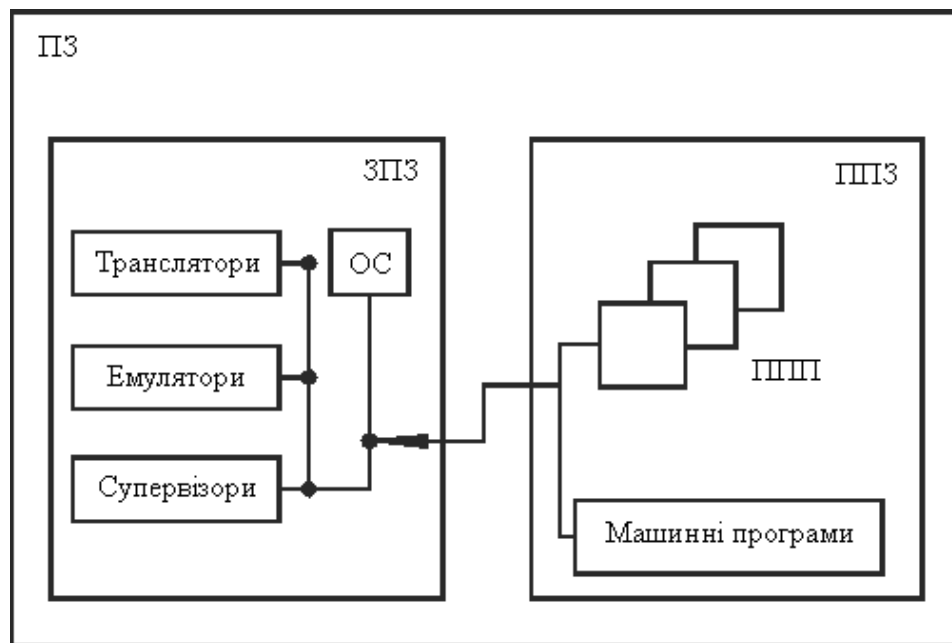


Рис. 7.1. Програмне забезпечення САПР

За своєю структурою ПЗ САПР поділяють на такі:

*Загальносистемне (основне) ПЗ*, що включає операційну систему і системи програмування. При виборі ОС визначають її КПД

*Базове ПЗ* – розробляється і поставляється спільно з апаратурою АРМ і призначається для використання багатьма проектними організаціями. Типовими прикладами базових ПЗ є ПЗ обслуговувальних підсистем САПР – графічних редакторів, діалогових моніторів тощо.

*Прикладне ПЗ* – складають пакети прикладних програм (ППП) типових проектних процедур.

## 7.2. Особливості й етапи розробки ПЗ САПР

ПЗ САПР розробляється у зв'язку з такими основними принципами: модульної (блоковості) і ієрархічності.

*Модуль* – структурна складова ПЗ, що розглядається як єдине ціле на певних стадіях розробки.

Виділяють такі ієрархічні рівні (рис. 5.2).

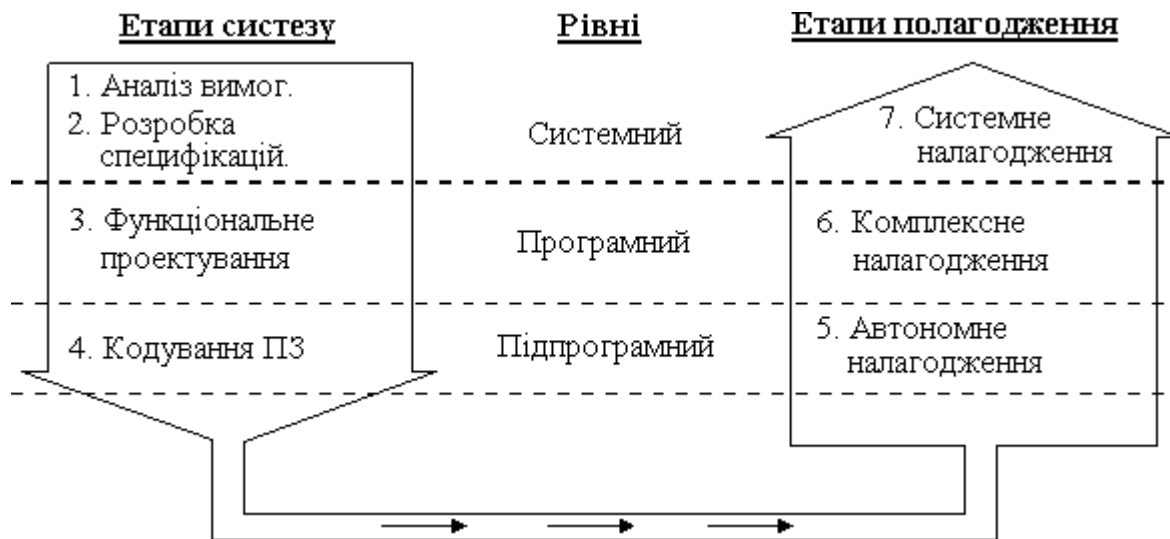


Рис. 7.2. Етапи розробки ПЗ

*Системний рівень* – на ньому конкретизуються функції ПМК, планується його структура і склад, обираються або розробляються мови програмування.

*Рівень прикладних програм* – на ньому обирається математичне забезпечення, розробляються специфічні алгоритми, обираються структури даних тощо.

*Рівень підпрограм (модулів)* – на ньому проводиться конкретизація типів і структур даних, здійснюється кодування алгоритмів (запис вибраною мовою програмування).

Загальними особливостями організації ППП є такі:

1. Орієнтація пакета на певний клас задач. При цьому ППП поділяються на методо-орієнтовані та проблемно-орієнтовані. Перші призначені для розв'язання задач різними методами, наприклад, пакет алгоритмів параметричної оптимізації. Другі пакети призначені для розв'язання певного набору задач, що розрізняються як за постановкою, так і за методами розв'язання.

2. Кожний ППП має певний набір можливостей щодо методів обробки даних, форм подання результуючої інформації тощо. Це дає можливість користувачу обрати необхідний варіант обробки даних.

3. Значне зниження вимог до рівня професійної підготовки інженера-користувача у сфері програмування порівняно з підготовкою математика-програмувача.

Класифікуючи ППП, зазвичай указується тип операційної системи, під управлінням якої працює пакет, і спосіб організації пакета. За способом організації ППП поділяються на пакети з бібліотечною і блоковою організацією. Перша є найпростішою і орієнтована на користувачів-програмістів високої кваліфікації. За такого підходу мало проблем під час формування пакету, проте з'являються серйозні труднощі в експлуатації пакета, оскільки стиківка програм за інформацією постійно вимагає втручання користувача на рівні алгоритмічної мови.

При блоковій організації ППП визначається коло розв'язуваних задач і для кожної із них складається граф управління, згідно з яким у початкової сукупності програм у певному порядку викликаються дії в даній задачі. При зверненні до пакету достатньо вказати шифр відповідного графа управління і задати необхідну початкову інформа-

цію, що забезпечує зручність і простоту при експлуатації. Недолік подібного підходу полягає в тому, що при появі нових задач вимагається з початкових програм формувати новий граф управління, а для цього потрібне знання функцій і особливостей кожної програми.

За блокової організації ППП за принципом «чорного ящика» автоматично формується граф, що містить послідовність програм, яка забезпечує розв'язання заданої користувачем задачі. При цьому враховуються причинно-наслідкові зв'язки між результатами функціонування усіх програм, що можна представити у вигляді матриць інцидентності, суміжності тощо.

За такої організації робота з пакетом значно спрощується, оскільки при зверненні до пакета достатньо тільки вказати мету звертання.

Як правило, ППП, що входять до САПР, повинні створюватися на основі єдиних принципів, з повним обсягом стандартизованої документації, з чіткою орієнтацією кожного пакета на конкретну функцію, виконувану САПР. Проте повної архітектурної єдності в ППП, що використовуються, досягти не вдається у тих випадках, коли у складі САПР використовуються ППП (переважно інваріантні), розроблені в різних організаціях. Такий підхід до комплексування САПР безумовно не дозволяє говорити про синтез її оптимальної структури. У той же час у зв'язку з інтенсивним розвитком програмного забезпечення останніми роками з'являється можливість підбору ППП різного призначення, що не порушують архітектурної єдності всієї системи.

Проте, не зважаючи на наявні відмінності в підходах до створення ППП, в основі їх побудови завжди лежить модульний принцип.

На кожному з ієрархічних рівнів розробки ПЗ є свої способи подання проектних рішень. Якщо після етапу кодування виходять повні тексти програм на прийнятих мовах програмування, то на попередніх етапах необхідно мати засоби більш лаконічного й укрупненого подання структур даних, обчислювальних процесів й опису специфікацій. Такими засобами є:

- **граф** – схема є графом, вершини якого зображають блоки обробки інформації, а дуги (ребра) – зв'язку за інформацією або управлінням між блоками;

- **діаграма HIPO** (ієрархія – вхід – обробка – вихід) служить для подання специфікацій модулів у вигляді переліку виконуваних функцій та опису даних, що є вхідними і вихідними для модуля;

- **функціональні схеми (ФС)** – використовують для подання структур програмних комплексів у вигляді послідовності блоків обробки, приймачів і джерел інформації. ФС використовують на верхніх етапах проектування.

Граф-схеми и функціональні схеми є наочними, але малозрозумілими у процесі поступової деталізації опису складних програмних комплексів. Тому найгнучкішими й універсальними є псевдомови, або мови специфікацій.

*Псевдомова – є об'єднанням природної мови з однією із мов програмування.*

Наприклад: Мова ПАСКАЛЬ

PROGRAMM STAT:

разделы меток, констант, типов, переменных

BEGIN: обнуление статистических сумм

FOR ДО:=1 TO LDO

BEGIN

выбрать случайные значения для всех элементов вектора X

END

### **7.3. Оцінка якості програмного забезпечення САПР**

Розробка програмного забезпечення САПР є одним із основних і відповідальних етапів створення САПР. При постійному розширенні ПЗ САПР витрати на ПЗ безперервно зростають і, як правило, значно перевищують витрати на ТЗ САПР. Створення ПЗ САПР – задача, що вимагає великих матеріальних витрат. Відомі САПР, ПЗ яких містить до 500 тисяч операторів мови програмування. Розробка такого ПЗ вимагає сотень і тисяч людино-років.

Висока вартість ПЗ пояснюється низькою швидкістю зростання продуктивності праці програмістів (середня продуктивність складає

1000–2000 операторів/год).

У США ціна одного оператора програми коливається, залежно від ступеня складності ПЗ, від 15 до 700 доларів, 1 година роботи програміста коштує в 5 разів дорожче 1 години роботи ЕОМ. Наведені дані стосуються ПЗ, яке є закінченим програмним продуктом, що представляється як промисловий виріб.

Вартість програмного продукту в 9 разів вище вартості програми індивідуального призначення.

Для оцінки складності ПЗ використовуються 2 основні показники:

- кількість операторів;
- кількість і типи взаємозв'язків компонентів ПЗ між собою (керувальні програми в 4 рази більш трудомісткі, ніж прикладні).

Розробка ПЗ у даний час поставлена на індустріальну основу. Кінцевим продуктом розробки ПЗ є *програмний виріб* (ПВ), під яким розуміються програми, що записані на носіях даних і пройшли стадії промислової розробки, та комплект документації, що супроводжує ПВ. Ефективність функціонування САПР багато в чому визначається якістю програмних виробів. Низька якість ПВ завдає великого матеріального збитку, викликає недовіру до ПВ, відволікає фахівців-користувачів від основної роботи. Вартість локалізації й усунення помилок в експлуатованому ПВ обходиться в десятки разів дорожче, ніж усунення помилок на стадії проектування. Оцінка якості ПВ – задача багаточинникова і що важко формалізується. Визначальним чинником під час оцінки якості програми є різноманіття інтересів користувача. Через це неможливо запропонувати єдину універсальну міру якості ПВ, тут потрібно багато характеристик, що охоплюють цілий спектр бажаних властивостей. В літературі зустрічаються різні набори показників якості ПВ. Розглянемо основні з них.

**1. Документованість** – характеристика програмного забезпечення, що об'єднує властивості зрозумілості, обміркованості і завершеності. Програмне забезпечення має властивість зрозумілості, якщо воно дозволяє користувачу зрозуміти призначення програмних засобів.

Програмний виріб має властивість обміркованості, якщо його документація не містить надмірної інформації і не допускає багатозначної інтерпретації термінів і символів, і завершеності, якщо в ньому присутні всі необхідні компоненти, кожний з яких розроблений всесторонньо.

**2. Ефективність** – властивість ПВ виконувати необхідні функції без зайвих витрат ресурсів. Як оцінку ефективності можна прийняти характеристику програми, значення якої прямо пропорційно швидкодії й обернено пропорційно до об'єму ресурсів, що використовуються. Термін «ресурси» розуміється у найширшому значенні: це можуть бути оперативна і зовнішня пам'ять, пристрої графічного введення і графічні пристрої, пропускна здатність каналу тощо.

**3. Надійність** – властивість ПВ стійко виконувати необхідні функції. Надійність перш за все має на увазі відсутність помилки в програмі, але оскільки вони неминучі, то програма повинна бути побудована так, щоб всі помилки могли бути просто виправлені, а це можливо за наявності якісної програмної документації.

**4. Простота використання** – властивість ПВ нормально функціонувати в чітко визначеній галузі вживання даного ПВ.

**5. Зручність експлуатації** – властивість ПВ адаптуватися відповідно до вимог, що знов з'явилися. Зручність експлуатації припускає зрозумілість, оцінюваність і простоту внесення змін.

**6. Мобільність** – властивість ПВ, що полягає в його пристосованості до перенесення на ЕОМ іншого типу, ніж той, для якого ПВ розробився, а також до зміни операційної системи.

**7. Сумісність** – властивість ПВ, що полягає в тому, що ПВ або програми, що в нього входять, можуть виконуватися в технічному, інформаційному і програмному середовищі іншого типу, ніж той, для якого воно безпосередньо призначено.

**8. Випробовуваність** – властивість ПВ, що полягає в наявності можливості достатньо просто оцінювати правильність функціонування програми в умовах конкретного середовища.

**9. Вартість програми** є функцією всіх її характеристик. Поліпшення будь-якої з характеристик впливає на вартість ПВ, тому завжди повинен бути знайдений розумний компроміс між ступенем поліпшення характеристики ПВ, що цікавить нас, і збільшенням його вартості.

Безпосередня оцінка виділених характеристик є достатньо складною. Для отримання якісного програмного забезпечення необхідно вживати спеціальних заходів, направлених на гарантування заданих



характеристик якості. Зв'язок якості ПВ з процесом його розробки і створення аналогічний залежності якості технічного об'єкта від процесу його проектування і виготовлення. Аналіз якісних характеристик повинен проводитися на кожному етапі процесу розробки і створення ПВ.

### **Контрольні запитання**

1. Наведіть класифікацію ПЗ САПР і основні вимоги до нього.
2. Назвіть етапи розробки ПЗ САПР.
3. Назвіть способи опису структури ПЗ.
4. У чому полягає оцінка якості ПЗ?
5. Назвіть основні показники якості ПЗ.

**Підготовлено з використанням роботи авторів:  
Воронков О.І., Єфремов А.А.**

Сучасні технології проектування та дослідження ДВЗ (САПР ДВЗ). Частина 1. Теоретичні основи САПР: Конспект лекцій. – Харків: ХНАДУ, 2007. – 173с.