

ЛЕКЦІЯ 1

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

План лекції:

- 1.1. Загальні положення проектування технічних систем
- 1.2. Об'єкти проектування
- 1.3. Основні задачі проектування
- 1.4. Методи проектування
- 1.5. Системи автоматизованого проектування
- 1.6. Види забезпечення систем автоматизованого проектування

1.1. Загальні положення проектування технічних систем

Прогрес науки і техніки неминуче призводить до появи все більш складних технічних систем, що містять велику кількість взаємопов'язаних компонентів. Розробка складних технічних систем потребує багато часу і вимагає участі великої кількості фахівців. Такий час проектування є неприпустимим, тому що він в багатьох випадках дорівнює часу морального старіння системи. Ці дві суперечливі тенденції (ускладнення об'єктів проектування та скороченні часу на їх проектування) можуть бути узгоджені лише при застосуванні методів автоматизованого проектування.

При автоматизованому проектуванні, як і в рамках традиційного проектування, доцільним є використання блочно-ієрархічного підходу до проектування складних технічних систем.

При блочно-ієрархічному підході процес проектування розподіляється на рівні. На найбільш високому рівні використовується найменш детальне уявлення про складну технічну систему, що відображає лише загальні риси і особливості цієї системи. На кожному наступному рівні розробки ступінь деталізації зростає, але при цьому система розглядається не в цілому, а блоками.

Такий підхід дозволяє на кожному рівні формулювати і вирішувати проектні задачі прийнятної складності. Розподіл системи на блоки повинен бути таким, щоб документація на блок будь-якого рівня могла бути сприйнятою однією людиною.

Перевага блочно-ієрархічного підходу полягає в тому, що складна задача великої розмірності розбивається на послідовність задач малої розмірності.

Приклад. Нехай необхідно розробити систему регулювання температури в газовій печі для термічної обробки деталей, в якій нагрівання деталей здійснюється за рахунок тепла, що виділяється при горінні газу. Точність регулювання температури складає ΔT_1 °С. Допускається відхилення температури від заданої на величину ΔT_2 °С в перехідному процесі на протязі t хвилин.

Для цієї задачі можна скласти структурну схему системи управління, яка зображена на рис. 1.1.

На цій схемі позначено:

ОУ – об'єкт управління, тобто газова піч, в яку подають газове паливо;

ДТ – датчик температури;
 ЗТ – задатчик потрібного значення температури згідно вимог технологічного процесу термічної обробки деталей;
 Р – регулятор;
 ВМ – виконавчий механізм;
 РО – регулюючий орган (регулюючий клапан).

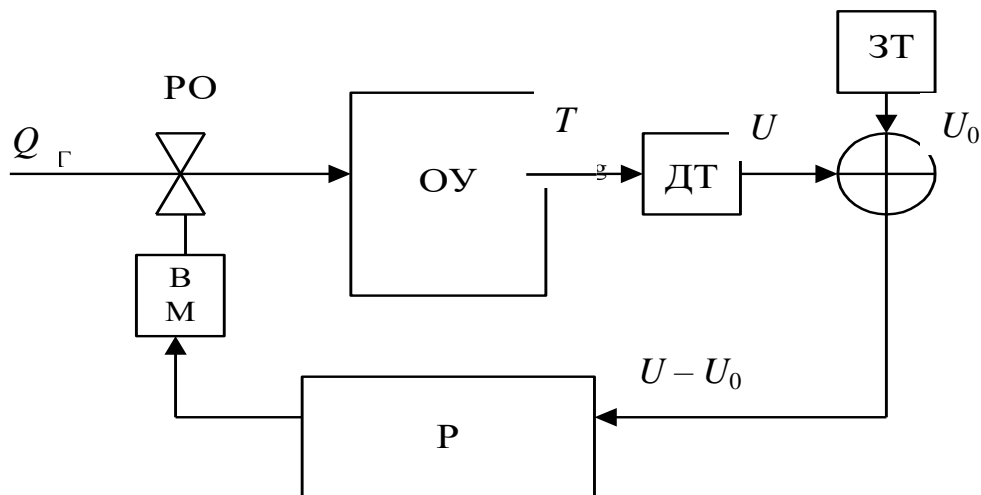


Рис. 1.1

При відхиленні значення температури від заданої, регулятор повинен за допомогою виконавчого механізму так змінити положення регулюючого органу (змінити подачу кількості газу), щоб значення температури повернулося до попереднього (заданого) значення. Перехідний процес такої зміни повинен мати параметри, які не перевищують допустимі.

Властивості об'єкта управління повинні бути відомими, тобто необхідно знати, як змінюється температура в печі в часі при зміні подачі газу. Без цього розробити систему управління неможливо.

Зміна температури T в печі в часі t при зміні подачі газу Q визначається або теоретично, або, найчастіше, експериментально і має вигляд:

$$T = f(Q, t).$$

Вихідний сигнал датчика температури, як правило, лінійно залежить від значення температури і має вигляд:

$$U = k_1 T.$$

Подібну залежність має і задатчик температури T_0 :

$$U_0 = k_0 T_0.$$

Коефіцієнти k_0 та k_1 на початку проектування невідомі, тому як ще не вибрано датчик температури.

Вхідний сигнал регулятора дорівнює:

$$\Delta U = U - U_0.$$

Регулятор реалізує один з законів регулювання, які разом з виконавчим механізмом можуть мати вигляд:

$$\frac{d\mu}{dT} = k_3 \Delta U \text{ – астатичний закон регулювання (І – регулятор);}$$

$$\frac{d\mu}{dT} = k_4 \frac{d\Delta U}{dT} - \text{статичний закон регулювання (П – регулятор);}$$

$$\frac{d\mu}{dT} = k_3 \Delta U + k_4 \frac{d\Delta U}{dT} - \text{(ПІ – регулятор);}$$

$$\frac{d\mu}{dT} = k_3 \Delta U + k_4 \frac{d\Delta U}{dT} + k_5 \frac{d^2 \Delta U}{dT^2} \text{ (ПІД – регулятор),}$$

де μ – переміщення регулюючого органу, k_3 , k_4 , k_5 – невідомі постійні коефіцієнти.

Регулюючий орган, який змінює подачу газу в печі, має характеристику:

$$Q = f(\mu).$$

Таким чином, більшість параметрів системи регулювання невідомі, тому передаточна функція системи буде містити невідомі коефіцієнти.

Але при проектуванні системи управління можна визначити необхідні значення цих коефіцієнтів. Існуючі програмні засоби САПР дозволяють знайти такі їх значення, при яких буде забезпечено найкраще виконання умов технічного завдання (максимальна точність, максимальне наближення до заданого перехідного процесу тощо).

Значення параметрів системи управління визначають вимоги до окремих її вузлів. Перш за все визначають закон регулювання, по якому можна вибрати стандартний регулятор або (при необхідності) розробити його.

Процес проектування на більш низькому рівні подібний до описаного, але стосується окремих вузлів системи управління.

Структура системи управління може бути заздалегідь невідомою. В цьому випадку необхідно розкласти загальну функцію системи (загальну мету) на окремі функції, які обов'язково мають підказки про те, яким чином можна їх виконати та яка структура системи для цього потрібна.

Недоліки такого підходу полягають в тому, що на кожному рівні робота ведеться з не до кінця визначеним об'єктом. Дійсно, якщо на поточному рівні ієрархії системи розробляється об'єкт, то компоненти, з яких він складається, ще не визначені і будуть розроблятися на наступному рівні. Отже рішення приймається при неповній інформації, тобто без чіткого обґрунтування. Тому оптимальність рішення можна досягти тільки на окремих рівнях при обмеженнях, які не є принципово необхідними.

І все ж в цілому більш вдалої альтернативи блочно-ієрархічному підходу немає, незважаючи на можливі відхилення від оптимальних рішень.

В літературі [15, 24] згадується про метод проектування, в якому систему формують, починаючи з рівня відомих компонентів. Такий підхід може дати позитивний результат тільки для нескладних систем, тому що сформулювати алгоритм роботи складної системи в рівнях базових компонентів не завжди можливо.

В умовах блочно-ієрархічного проектування на кожному рівні є своє уявлення про системи та елементи за функціональними ознаками. Те, що на більш високому рівні називалося компонентом, на більш низькому рівні стає системою. Часто компоненти самого низького рівня називаються базовими компонентами.

Розподіл систем на рівні передбачено єдиною системою конструкторської документації (ЄСКД), згідно з якою схеми розподіляються на структурні, функціональні та принципіві [15, 20].

Структурні схеми дають найбільш загальне і найменш детальне уявлення про об'єкт, його основні функціональні частини, їх призначення і взаємозв'язки.

Функціональні схеми пояснюють хід певних процесів в системі або її частинах і враховують найбільш суттєві фактори функціонування системи.

Принципові схеми визначають повний набір базових компонентів та зв'язків між ними і дають детальне уявлення принципу дії системи.

Конструкторська ієрархія не завжди співпадає з функціональною. Як правило, на нижньому рівні знаходяться базові компоненти, з яких складаються ТЕЗи (типові елементи заміни, наприклад, друковані плати). З ТЕЗів формують блоки, панелі, стійки, шафи, що входять до комп'ютеризованої системи управління.

Блочно-ієрархічне уявлення про об'єкт проектування можна назвати розподілом його на ряд рівнів. В свою чергу на кожному рівні можна виділити задачі проектування схем, конструкцій та технологій.

1.2. Об'єкти проектування

Кожен з об'єктів проектування характеризується рядом параметрів. Параметр – це величина, яка визначає властивості та режими роботи об'єктів проектування. Серед параметрів об'єктів проектування слід виділити показники ефективності, які є кількісною оцінкою ступеню відповідності об'єкта його цільовому призначенню. Показники ефективності розподіляються на такі групи:

- призначення;
- надійності;
- вартості;
- маси;
- габаритів;
- точності.

В залежності від конкретних умов та типів схем ті чи інші показники відіграють головну роль.

Вихідні параметри – це показники якості, за якими судять про правильне функціонування об'єкта проектування або системи в цілому. Тому це поняття аналогічне поняттю «показник ефективності», але його застосовують на будь-якому ієрархічному рівні.

Вихідні параметри залежать як від властивостей компонентів, так і від зв'язків між ними. Кожний тип зв'язку задає нову структуру і призводить до якісних змін в роботі системи. До таких же наслідків призводить і зміна одного типу компонентів на інший.

Найчастіше множина варіантів є кінцевою множиною. Перехід від одного варіанту до іншого або дискретно змінює значення вихідних параметрів, або змінює сам набір цих параметрів.

Якщо структура системи визначена, то її вихідні параметри залежать тільки від параметрів компонентів та параметрів зовнішніх умов.

Внутрішні параметри – це параметри компонентів системи. Зовнішні параметри – це параметри зовнішнього по відношенню до об'єкта середовища, яке впливає на його функціонування.

При переході від одного ієрархічного рівня до іншого вихідні параметри можуть ставати внутрішніми і навпаки.

Якщо на деякому рівні вплив внутрішніх параметрів не враховується, то варіанти побудови об'єкта є варіантами його структури. Такі об'єкти називаються дискретними.

Всі параметри пов'язані між собою співвідношенням:

$$Y = F(X, Q), \quad (1.1)$$

де Y – вихідні параметри; X – внутрішні параметри; Q – зовнішні параметри.

Існування залежності (1.1) не означає, що вона відома. Найчастіше вона задається в алгебраїчній формі через вирішення системи рівнянь.

З блочно-ієрархічного підходу до проектування впливає розподіл об'єктів проектування на системи та компоненти. По характеру математичного опису функціонування об'єкти розподіляються на дискретні та безперервні. Об'єкти можна розподілити на вироби та процеси.

Серед об'єктів, що проектуються, особливе місце займають технологічні та обчислювальні об'єкти. До останніх можна віднести, наприклад, розробку математичного та алгоритмічного забезпечення.

Крім вказаного розподілу об'єктів, існують і інші. Наприклад, системи та їх компоненти по фізичним основам розподіляють на механічні, гідравлічні, пневматичні, електричні, електронні тощо.

Функціонування багатьох систем не може бути повністю описане в термінах однієї науково-технічної дисципліни. Це системи з фізично різнорідними компонентами. Прикладами таких систем є електричні двигуни, оптико-електронні пристрої, теплообмінні апарати тощо. При аналізі таким систем можна виділити окремі підсистеми. В деяких випадках допускається автономний аналіз різних підсистем, але найчастіше необхідним є аналіз з урахуванням їх взаємодії.

В багатьох системах неможливо виділити головну підсистему (в гідравлічних приводах і гідравлічна і механічна підсистеми є основними).

1.3. Основні задачі проектування

На кожному рівні проектування початковими даними є дані технічного завдання, а результати проектування – це технічна документація на блоки даного рівня та технічне завдання на блоки наступного рівня. Проектування зводиться до вирішення групи задач, які відносяться до задач синтезу та до задач аналізу.

Синтез технічних об'єктів – це створення нових варіантів їх побудови, а аналіз використовується для оцінки цих варіантів. Для дискретних об'єктів задача синтезу зводиться до задачі визначення їх структури. Для безперервних об'єктів рішення задачі синтезу повинно призвести до визначення структури та значення внутрішніх параметрів. Якщо серед варіантів структури шукають не

будь-який, а найкращий в деякому розумінні, то таку задачу називають структурною оптимізацією. Розрахунки внутрішніх параметрів, оптимальних з позиції деякого критерію, називають параметричною оптимізацією.

Найчастіше визначають оптимальні значення тільки деяких параметрів, що називаються параметрами, якими управляють.

Задача аналізу зводиться до отримання деякої інформації про властивості об'єкта. За частотою застосування задачі аналізу розподіляються на типові та нетипові. Нетипові задачі використовують для отримання додаткової інформації про об'єкт, причому алгоритми вирішення цих задач можуть бути різноманітними і наперед невідомими.

Другий принцип класифікації задач аналізу призводить до розподілу їх на задачі одноваріантного та багатоваріантного аналізу.

Типовими задачами одноваріантного аналізу є задачі:

- аналіз статичного режиму;
- аналіз перехідних процесів;
- аналіз стійкості;
- аналіз стаціонарних режимів коливань.

До типових задач багатоваріантного аналізу відносяться задачі:

- статистичний аналіз;
- аналіз чутливості до змін параметрів компонентів;
- параметрична оптимізація.

Рішення задач одноваріантного аналізу дає відповідь на запитання, чи виконуються умови придатності до роботи в даному варіанті структури об'єкта при номінальних значеннях внутрішніх параметрів.

Рішення задач статистичного аналізу визначає вірогідність виконання умов придатності до роботи. Внутрішні параметри будь-якого технічного об'єкта не можуть бути витримані з заданою точністю. В силу неминучих похибок технологічного обладнання, нестабільності параметрів початкових матеріалів параметри компонентів стають випадковими величинами. Тому вихідні параметри блоків теж будуть випадковими величинами. Через це при серійному виробництві кожний екземпляр буде мати свої випадкові значення внутрішніх та вихідних параметрів, причому у частині екземплярів умови придатності до роботи будуть виконуватися, а у частині – ні.

Значення вірогідності виконання умов придатності до роботи має важливе значення в процесі проектування, тому що ця вірогідність визначає такі властивості об'єкта, як надійність та серійність.

Аналіз чутливості дозволяє визначити ступінь впливу внутрішніх та зовнішніх параметрів об'єкта на його вихідні параметри. Тому цей вид аналізу широко застосовується для оцінки нестабільності вихідних параметрів при дії зовнішніх дестабілізуючих факторів. Інше призначення аналізу чутливості полягає в отриманні інформації про те, які параметри і в якому напрямку треба змінювати, щоб оптимізувати вихідні параметри об'єкта.

На кожному ієрархічному рівні процес проектування уявляється як рішення сукупності задач. Розробка блока по технічному завданню починається з синтезу його структури. Для конкретного варіанту структури складають модель об'єкта проектування. Ця модель може бути математичною при

машинному проектуванні або фізичною при експериментальній розробці. Числові значення параметрів компонентів встановлюють на основі ручних розрахунків, або беруться орієнтовно на основі досвіду та інтуїції інженера. Далі проводять аналіз моделі, за яким перевіряють відповідність вихідних параметрів вимогам технічного завдання. Якщо ці параметри не відповідають поставленим вимогам, то проводять параметричну оптимізацію. Якщо це не дає позитивного результату – змінюють структуру об'єкта і знову проводять її аналіз. Таким чином, процес проектування має ітераційний характер. Тому процедури проектування можуть виконуватися багато разів.

Як правило, на перших ітераціях аналіз проводять менш ретельно. На останніх стадіях стає виправданим трудомісткий статистичний аналіз.

В конкретних ситуаціях можуть бути відхилення від вказаної послідовності проектування. В деяких випадках структура об'єкта може бути заданою або відомою. Тоді процедура синтезу виключається, а задача параметричної оптимізації може бути замінена простою задачею розрахунку внутрішніх параметрів, якщо для досягнення екстремуму маємо достатній рівень умов придатності до роботи.

1.4. Методи проектування

При проектуванні необхідно вибрати методи та засоби вирішення проектних задач, які забезпечують найкраще досягнення поставлених цілей. Останні можуть розумітися як мінімальні строки проектування, як мінімальні витрати матеріалів та часу, як оптимальність проектних рішень.

У своїй діяльності фахівці використовують в розумному поєднанні експериментальні, розрахункові та інтуїтивно-евристичні методи проектування. Інтуїція та досвід необхідні насамперед при вирішенні задач синтезу більшості технічних об'єктів. Для задач визначення значень внутрішніх параметрів використовують розрахункові та експериментальні методи.

Розрахункові ручні методи проектування можуть дати лише орієнтовні значення параметрів, які слід розглядати як початкові і які вимагають корекції за допомогою інших методів. Це пов'язано з малою точністю ручних методів розрахунків. Дійсно, процеси в складних об'єктах описуються системами рівнянь високого порядку, причому в загальному вигляді ці рівняння нелінійні.

Перехідні процеси в електронних схемах описуються системами звичайних диференціальних рівнянь, порядок яких дорівнює кількості реактивних компонентів. Для інтегральної мікросхеми середнього ступеню інтеграції порядок рівнянь складає від 50 до 500. Аналітичне вирішення системи звичайних диференціальних рівнянь вдається отримати ручними методами тоді, коли їх порядок не більше двох, а рівняння лінійні. Це показує, що ручні методи можна застосовувати лише при значних спрощеннях, що й обумовлює орієнтовний характер отриманих рішень. Тому аналіз придатності до роботи неможливо проводити ручними методами. Через це неминуче було застосування експериментальних методів, тобто виготовлення фізичного макету. На фізичній моделі визначалося виконання умов придатності до роботи, проводилася зміна внутрішніх параметрів, часткова зміна структури. Звичайно, на макеті допустимі не всі зміни, тому що ціна деяких змін надто висока. У багатьох випадках експериментування на досить високих рівнях неможливе,

тому що вартість виготовлення макету майже дорівнює вартості дослідного зразку і погодитися на багаторазове його виготовлення не завжди можливо. Тому при традиційному підході задачі оптимізації практично не вирішувалися, а задовольнялися отриманням першого працездатного варіанту, що відповідає вимогам технічного завдання.

Машинні методи з'явилися насамперед через необхідність замінити дороге та довготривале фізичне моделювання математичним моделюванням. В цих методах, замість фізичного макету використовують математичну модель технічного об'єкта.

Математична модель – це сукупність математичних об'єктів (чисел, змінних, векторів, множин тощо) та співвідношень між ними, які адекватно відображають деякі властивості технічного об'єкта, що розробляється. В процесі проектування застосовують ті математичні моделі, які відображають найбільш суттєві з точки зору фахівця якості об'єкта.

Відсутність вимог суттєвих спрощень може дати необхідну точність моделі. Наявність комп'ютерів з відповідною швидкістю та достатнім об'ємом оперативної пам'яті дає можливість провести аналіз моделі за відносно малий проміжок часу. В той же час для математичної моделі характерна легкість змін будь-яких параметрів, що дозволяє виконати більш повний аналіз складної технічної системи.

Таким чином, в процесі проектування з появою машинних методів змінився зміст більшості проектних процедур. Насамперед, в процедурі складання моделі фізичне моделювання змінилося на математичне, а процедура аналізу перетворилася на вирішення системи рівнянь. Наступний крок було зроблено в напрямку алгоритмізації процедури зміни параметрів. Цю зміну вдалося зробити цілеспрямованою. Сучасні САПР можуть самі створювати математичні моделі за деяким описом об'єкта, наприклад графічним зображенням електричної схеми.

Іншою важливою задачею, яка вирішується за допомогою комп'ютерів, є задача оформлення технічної документації. Це пов'язано з розвитком машинної графіки.

Математичні моделі, в яких фігурують тільки вихідні, внутрішні та зовнішні параметри, зустрічаються досить рідко. В загальному випадку рівняння математичної моделі пов'язують фізичні величини, які характеризують потенціальну U та кінетичну енергію v і які не відносяться до перерахованих вище параметрів. Ці величини називають фазовими змінними (наприклад, напруга та струм в електричних системах), а їх вектор задає точку в просторі, який називається фазовим простором.

При складанні математичної моделі в рівняннях Ψ можуть бути не всі фазові змінні, а тільки частина їх та час t . Такі змінні називаються базовими координатами. Через них можна визначити решту змінних.

В загальному випадку математична модель має вигляд:

$$\Psi\left(\frac{dv}{dt}, U, t\right) = 0. \quad (1.2)$$

Параметри компонентів теж можуть входити в математичну модель, але лише у вигляді коефіцієнтів при змінних.

Не всі вихідні параметри відносяться до групи функціоналів. Частина важливих якостей об'єкта характеризують вихідні параметри, які називають граничними (наприклад, максимальне навантаження). Під граничними вихідними параметрами розуміють такі граничні значення зовнішніх параметрів, при яких ще виконується та чи інша ознака правильності функціонування об'єкта.

Таким чином, при машинному проектуванні розрізняють такі три стадії:

- формування математичної моделі об'єкта проектування;
- вирішення системи рівнянь моделі;
- розрахунки вихідних параметрів.

Задача аналізу статичного режиму зводиться до вирішення системи алгебраїчних або трансцендентних рівнянь. При аналізі перехідних процесів математичною моделлю є система диференціальних рівнянь.

В деяких випадках корисну інформацію про властивості об'єкта можна отримати при аналізі частотних характеристик. Такий аналіз стає основним типом аналізу, якщо об'єкт призначений для передачі або прийому інформаційних сигналів, представлених в частотній області.

1.5. Системи автоматизованого проектування

Автоматизоване проектування – це проектування, в процесі якого окремі перетворення опису об'єкта проектування та алгоритму його функціонування відбуваються шляхом взаємодії фахівця та комп'ютера. Автоматизація проектування включає в себе цілеспрямовану послідовність дій по розробці, прийняттю та реалізації проектних рішень, метою яких є створення опису об'єкта проектування. В даному випадку об'єктом проектування вважається деякий новий виріб, який відповідає заданим вимогам, викладеним в технічному завданні, а також задовольняє певні суспільні потреби. При цьому окремі дії по проектуванню об'єкта виконуються у тісній взаємодії людини і комп'ютера.

Система автоматизованого проектування (САПР) – це організаційно-технічна система, що складається з комплексу засобу автоматизації проектування.

1.6. Види забезпечення систем автоматизованого проектування

Комплекс засобів автоматизації проектування включає набір різних видів цих засобів, які називаються компонентами або видами забезпечення САПР. Всього налічується сім видів забезпечення САПР: технічне, математичне, програмне, лінгвістичне, інформаційне, методичне і організаційне забезпечення.

Технічним забезпеченням САПР називається сукупність технічних засобів, призначених для виконання автоматизованого проектування.

Технічні засоби включають такі складові частини:

- засоби підготовки та введення даних;
- засоби програмної обробки даних;
- засоби відображення і документування даних;
- засоби зберігання початкових даних та результатів проектування;

– засоби передачі та обміну даних.

На відміну від інших типів інформаційно-обчислювальних систем, до технічних засобів САПР висуваються певні особливі вимоги, пов'язані із характером застосування цих технічних засобів в процесі автоматизованого проектування.

Основні вимоги до технічних засобів САПР:

1. Підвищені вимоги до швидкодії і продуктивності засобів програмної обробки даних. Це пов'язано з тим, що об'єкт проектування представлений у вигляді математичної моделі, яка складається з великої кількості алгебраїчних або диференціальних рівнянь, що вирішуються чисельними методами. При автоматизованому проектуванні також потрібна обробка великої кількості даних, частина з яких представлена у графічній формі.

2. Підвищені вимоги до засобів зберігання даних. Це пов'язано з тим, що початкові і довідникові дані, необхідні в процесі проектування, мають значний об'єм і організовані у вигляді певної бази даних або бази знань. Результати проектування часто представлені у вигляді графічної інформації. Все це потребує значних об'ємів зовнішньої пам'яті у обчислювальній системі для зберігання цих даних.

3. Підвищені вимоги до засобів введення, відображення і документування даних. Результати проектування в значній мірі складається із схем і креслень великого формату. Введення існуючих результатів проектування, що зберігаються на папері, потребує застосування широкоформатних сканерів великого формату (A1, A0). Відображення результатів процесу автоматизованого проектування потребує використання на робочому місці проектування моніторів великого розміру. Для документування результатів автоматизованого проектування у вигляді схем і креслень на папері використовуються графопобудовники формату A1 і A0.

У складі технічних засобів САПР використовуються такі пристрої введення і виведення графічної інформації:

1. Сканер – пристрій введення графічної інформації у растровій формі.
2. Дігітайзер – пристрій введення графічної інформації у векторній формі.
3. Графопобудовник – пристрій, який виводить графічне зображення на аркушевий або рулонний папір.

Математичним забезпеченням САПР називається сукупність математичних методів, моделей і алгоритмів, необхідних для виконання автоматизованого проектування і представлених у заданій формі.

Математичні моделі включають формалізований математичний опис всіх блоків об'єкта проектування і всіх зв'язків між цими блоками.

До складу методів і алгоритмів автоматизованого проектування входять:

1. Алгоритми аналізу електричних схем – алгоритми розв'язання систем диференціальних, алгебраїчних і логічних рівнянь, які є математичними моделями електричних схем. В більшості випадків це є чисельні методи і алгоритми.

2. Алгоритми компоновання схем – алгоритми перетворення функціонального опису об'єкта проектування на конструктивний опис, тобто

розподіл компонентів нижнього рівня ієрархії на групи, що утворюють блоки вищого рівня.

3. Алгоритми оптимізації електричних схем – алгоритми структурної і параметричної оптимізації об'єкту проектування, які використовуються для пошуку найкращого (оптимального) проектного рішення.

4. Алгоритми розміщення компонентів – алгоритми визначення оптимального розміщення компонентів в межах блоків, що входять до складу конструкції об'єкта проектування.

5. Алгоритми трасування – алгоритми конструкторської реалізації з'єднань компонентів відповідно до електричної схеми і технологічних обмежень.

6. Алгоритми комп'ютерної графіки – алгоритми опису і відображення об'єктів проектування у вигляді набору геометричних фігур і об'єктів.

Програмне забезпечення САПР – це сукупність програм, представлених у заданій формі і призначених для виконання автоматизованого проектування.

До складу програмного забезпечення входять як універсальні складові частини, призначені для планування і організації обчислювального процесу (операційна система, тощо), так і спеціалізовані пакети прикладних програм. Ці пакети призначені для виконання дій, необхідних для розв'язання практичних задач.

Інформаційним забезпеченням САПР називається сукупність даних, необхідних для виконання автоматизованого проектування.

В процесі автоматизованого проектування інформаційне забезпечення виконує такі функції:

- накопичення і зберігання інформації, необхідної в процесі проектування;
- пошук і відображення довідкової та іншої інформації по запиту інженера проектувальника;
- обмін інформацією між різними етапами проектування і різними підрозділами проектної організації;
- накопичення існуючих проектних рішень з можливістю їх подальшого використання.

До складу інформаційного забезпечення входять бази даних, бази знань, інформаційно-пошукові системи та експертні системи.

Лінгвістичним забезпеченням САПР називається сукупність мов, термінів і визначень, необхідних для виконання автоматизованого проектування в заданій формі. Лінгвістичне забезпечення включає терміни і визначення, правила формалізації природної мови, методи складання, стиснення і розгортання опису об'єктів проектування.

До складу лінгвістичного забезпечення входять;

1. Мови керування – спосіб формування і видачі команд для системи автоматизованого проектування з боку оператора.

2. Мови програмування – спосіб розробки операційних систем і пакетів прикладних програм, що використовуються в САПР.

3. Мови проектування – спосіб опису вхідних і вихідних даних, процесу і методів автоматизованого проектування, результатів проектування і проектних рішень.

Методичним забезпеченням САПР називається сукупність документів, що встановлюють склад і правила вибору та експлуатації комплексу засобів САПР, необхідних для виконання автоматизованого проектування.

Організаційним забезпеченням САПР називається сукупність документів, що встановлюють склад проектної організації та її підрозділів, їх функції і правила взаємодії, форму подання результатів проектування, порядок розглядання і затвердження проектних документів.