

ЛЕКЦІЯ 1

Процес проектування.

Основні визначення.

**Характеристика та роль об'єкту
проектування під час виконання
проектних робіт**

Вступ в автоматизоване проектування. Історична довідка

Вступ у дисципліну

Автоматизація проектування займає особливе місце серед інформаційних технологій:

- По-перше, це - синтетична дисципліна, її складовими частинами є багато інших сучасних інформаційних технологій (*технічне забезпечення САПР засновано на використанні обчислювальних мереж і телекомунікаційних технологій, в САПР використовуються ПК і робочі станції, є приклади застосування мейнфреймів. Математичне забезпечення САПР відрізняється багатством і різноманітністю використовуваних методів обчислювальної математики, статистики, математичного програмування, дискретної математики, штучного інтелекту, та ін.*);
- По-друге, знання основ автоматизації проектування і уміння працювати із засобами САПР необхідно практично кожному інженеру-розробнику (*підприємства, що ведуть розробки без САПР виявляються неконкурентоздатними як із-за великих матеріальних і тимчасових витрат на проектування, так і через невисоку якість проектів*).

Вступ у дисципліну

- Поява перших програм для автоматизації проектування за кордоном і в СРСР відносять на початок 60-х рр. (*тоді були створені програми для вирішення завдань будівельної механіки, аналізу електронних схем, проектування друкованих плат та ін.*)
- Подальший розвиток САПР йшов шляхом:
 - створення апаратних і програмних засобів машинної графіки;
 - підвищення обчислювальної ефективності програм моделювання і аналізу;
 - розширення сфер застосування САПР;
 - спрощення призначеного для користувача інтерфейсу;
 - впровадження в САПР елементів штучного інтелекту.

Системний підхід до проектування. Основні поняття системотехніки

Поняття інженерного проектування

- **Проектування технічного об'єкту** - створення, перетворення і представлення в прийнятній формі образу цього ще не існуючого об'єкту.
- **Інженерне проектування** починається за наявності потреби суспільства в деяких технічних об'єктах, якими можуть бути об'єкти будівництва, промислові вироби або процеси тощо.
- **Проектування включає в себе:**
 - розробку технічної пропозиції і (чи) технічного завдання (ТЗ), що відбивають ці потреби;
 - реалізацію ТЗ у вигляді проектної документації.

Поняття інженерного проектування

- ***ТЗ представляють у вигляді*** деяких документів, і воно є початковим (первинним) описом об'єкту.
- ***Результатом проектування*** служить повний комплект документації, що містить достатні відомості для виготовлення об'єкту в заданих умовах.
- Ця документація і є ***проект***, точніше ***остаточний опис об'єкту***.

Поняття інженерного проектування

- Проектування, при якому усі проектні рішення або їх частина отримують шляхом взаємодії людини і ЕОМ, називають **автоматизованим** (на відміну від ручного (без використання ЕОМ) або автоматичного (без участі людини на проміжних етапах)).
- Система, що реалізовує автоматизоване проектування, є **системою автоматизованого проектування** (CAD System - Computer Aided Design System).

Принципи системного підходу

- Проектування складних об'єктів засноване на застосуванні ідей і принципів, викладених у ряді теорій і підходів. Найбільш загальним підходом є **системний підхід**;
- Основний **загальний принцип** системного підходу полягає в розгляді частин явища або складної системи з урахуванням їх взаємодії;
- **Системний підхід включає:**
 - виявлення структури системи,
 - типізацію зв'язків,
 - визначення атрибутів,
 - аналіз впливу зовнішнього середовища.

Принципи системного підходу

- САПР належать до найбільш складних сучасних штучних систем. Їх проектування і супровід **неможливі** без системного підходу;
- **Інтерпретація і конкретизація** системного підходу мають місце у ряді відомих підходів з іншими назвами:
 - структурний;
 - блоково-ієрархічний;
 - об'єктно-орієнтований підходи.

Принципи системного підходу

- При **структурному** підході вимагається синтезувати варіанти системи з компонентів (блоків) і оцінювати варіанти при їх частковому переборі з попереднім прогнозуванням характеристик компонентів.
- **Блоково-ієрархічний** підхід використовує ідеї декомпозиції складних описів об'єктів і відповідно засобів їх створення на ієрархічні рівні і аспекти, встановлює зв'язок між параметрами сусідніх ієрархічних рівнів.
- В **об'єктно-орієнтованому підході** (ООП) виражений ряд важливих структурних принципів, що використовуються при розробці інформаційних систем і передусім їх програмного забезпечення (ПО).

Принципи системного підходу

Для усіх підходів до проектування складних систем характерні наступні **особливості**:

- **Структуризація** процесу проектування, що виражається декомпозицією проектних завдань і документації, виділенням стадій, етапів, проектних процедур.
- **Ітераційний характер** проектування.
- **Типізація і уніфікація** проектних рішень і засобів проектування.

Основні поняття системотехніки

- Системний підхід розглядають як напрям наукового пізнання і соціальної політики. Він є базою для узагальнювальної дисципліни "**Теорія систем**" (інша використовувана назва - "**Системний аналіз**").
- У техніці дисципліну, в якій досліджуються складні технічні системи, їх проектування, і аналогічну теорії систем, частіше називають **системотехнікою**.
- **Предметом системотехніки є,**
 - по-перше, організація процесу створення, використання і розвитку технічних систем;
 - по-друге, методи і принципи їх проектування і дослідження.

Основні поняття системотехніки

У теорії систем і системотехніці введений ряд **термінів**:

- **Система** - безліч елементів, що знаходяться в стосунках і зв'язках між собою.
- **Елемент** - така частина системи, уявлення про яку недоцільно піддавати подальшому розчленовуванню при проектуванні .
- **Складна система** - система, що характеризується великим числом елементів і великим числом взаємозв'язків елементів, також властивостями цілеспрямованості, цілісності, ієрархічності, багатоаспектності.

Основні поняття системотехніки

- **Підсистема** - частина системи (підмножина елементів і їх взаємозв'язків), яка має властивості системи.
- **Надсистема** - система, по відношенню до якої дана система є підсистемою.
- **Структура** - відображення сукупності елементів системи і їх взаємозв'язків. При описі структури беруть до уваги лише типи елементів і зв'язків без конкретизації значень їх параметрів.
- **Параметр** - величина, що виражає властивість або системи, або її частини, або середовища, що впливає на систему.

Основні поняття системотехніки

- **Параметри підрозділяють на:**

- зовнішні (виражають властивості елементів системи)
- внутрішні (виражають властивості самої системи)
- вихідні (виражають властивості зовнішнього середовища)

Вектори внутрішніх, вихідних і зовнішніх параметрів далі позначаються $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$, $Q=(q_1, q_2, \dots, q_k)$.

- **Фазова змінна** - величина, що характеризує енергетичне або інформаційне наповнення елемента або підсистеми.
- **Стан** - сукупність значень фазових змінних, зафіксованих в одній тимчасовій точці процесу функціонування.

Основні поняття системотехніки

- **Система без післядії** - її поведінка при $t > t_0$ визначається встановленням стану у момент t_0 і вектором зовнішніх впливів $Q(t)$. У системах з післядією, крім того, треба знати передісторію поведінки, тобто стани системи в моменти, попередні t_0 .
- **Вектор змінних V** , що характеризують стан (вектор змінних стану) - ненадлишкова безліч фазових змінних, визначення значень яких в деякий момент часу повністю визначає поведінку системи надалі (у автономних системах без післядії).
- **Простір станів** - безліч можливих значень вектора змінних стану.

Основні поняття системотехніки

До характеристик складних систем, часто відносять наступні поняття:

- **Цілеспрямованість** - властивість штучної системи, що виражає призначення системи. Ця властивість потрібна для оцінки ефективності варіантів системи.
- **Цілісність** - властивість системи, що характеризує взаємозв'язок елементів і наявність залежності вихідних параметрів від параметрів елементів.
- **Ієрархічність** - властивість складної системи, що виражає можливість і доцільність її ієрархічного опису, тобто представлення у вигляді декількох рівнів, між компонентами яких є стосунки ціле-частина.

Основні поняття системотехніки

Складовими частинами системотехніки є наступні основні розділи:

- ієрархічна структура систем, організація їх проектування;
- аналіз і моделювання систем;
- синтез і оптимізація систем.
- **Моделювання** має два завдання: 1 - створення моделей складних систем (**modeling**) 2 - аналіз властивостей систем на основі дослідження їх моделей (**simulation**).
- **Синтез** також підрозділяють на два завдання: 1 - синтез структури проєктованих систем (**структурний синтез**) 2 - вибір чисельних значень параметрів елементів систем (**параметричний синтез**).

Основні поняття системотехніки

Приклад

Комп'ютер є **складною системою** через наявність у нього великого числа елементів, зв'язків між елементами і підсистемами, властивостей цілеспрямованості, цілісності, ієрархічності.

До **підсистем** комп'ютера відносяться процесор (процесори), оперативна пам'ять, кеш-пам'ять, шини, пристрої вводу-виводу.

Як **надсистеми** можуть виступати обчислювальна мережа, автоматизована і (чи) організаційна система, до яких належить комп'ютер.

Внутрішні параметри - час виконання арифметичних операцій, читання (запису) в накопичувачах, пропускна спроможність шин та ін.

Вихідні параметри - продуктивність комп'ютера, об'єм оперативної і зовнішньої пам'яті, собівартість, час напрацювання на відмову та ін.

Зовнішні параметри - напруга живлення мережі і її стабільність, температура довкілля та ін.

Структура процесу проектування

Ієрархічна структура проектних специфікацій і ієрархічні рівні проєкування

При використанні **блоково-ієрархічного підходу** до проєкування уявлення про проєктовану систему розділяють на **ієрархічні рівні**.

- На **верхньому рівні** використовують найменш деталізоване представлення, що відбиває тільки найзагальніші риси і особливості системи.
- На **нижчих рівнях** міра деталізованості опису зростає, при цьому розглядають вже окремі блоки системи, але з урахуванням дій на кожного з них його сусідів.

Розбиття на рівні повинно бути таким, щоб документація на блок будь-якого рівня була **сприйнятна для однієї людини**.

Ієрархічна структура проектних специфікацій і ієрархічні рівні проєкування

Можна говорити не лише про ієрархічні рівні специфікацій, але і про **ієрархічні рівні проєкування** - сукупність специфікацій деякого ієрархічного рівня спільно з постановками завдань, методами отримання описів і рішення проектних завдань.

- **системний рівень**, на якому вирішують найбільш загальні завдання проєкування систем, машин і процесів; результати проєкування представляють у вигляді структурних схем, генеральних планів, схем розміщення устаткування, діаграм потоків даних і тому подібне;
- **макрорівень**, на якому проєкують окремі пристрої, вузли машин і приладів; результати представляють у вигляді функціональних, принципівих і кінематичних схем, складальних креслень і тому подібне;
- **мікрорівень**, на якому проєкують окремі деталі і елементи машин і приладів.

Ієрархічна структура проектних специфікацій і ієрархічні рівні проєкування

Залежно від **послідовності рішення завдань** ієрархічних рівнів розрізняють (стилі проєкування):

- низхідне (рішення завдань від верхніх рівнів до нижніх)
- висхідне (рішення завдань від нижніх рівнів до верхніх)
- змішане (є елементи як висхідного, так і низхідного).

В більшості випадків для складних систем віддають перевагу **низхідному проєкуванню**.

Ієрархічна структура проектних специфікацій і ієрархічні рівні проєкування

Разом з декомпозицією описів на ієрархічні рівні застосовують розподіл уявлень про проєктовані об'єкти на **аспекти**.

- **Аспект опису (страта)** - опис системи або її частини з деякої обумовленої точки зору, визначуваної функціональними, фізичними або іншого типу стосунками між властивостями і елементами.

Розрізняють аспекти:

- функціональний,
- інформаційний,
- структурний,
- поведінковий (процесний).

Ієрархічна структура проектних специфікацій і ієрархічні рівні проєкування

- **Функціональний опис** відносять до функцій системи і представляють його функціональними схемами.
- **Інформаційний опис** включає основні поняття предметної області (сутності), словесне пояснення або числові значення характеристик (атрибутів) об'єктів, опис зв'язків між цими поняттями і характеристиками. Інформаційні моделі можна представляти графічно, у вигляді таблиць або списків.
- **Структурний опис** відноситься до морфології системи, характеризує складові частини системи і їх з'єднання і може бути представлений структурними схемами, а також конструкторською документацією.
- **Поведінковий опис** характеризує процеси функціонування (алгоритми) системи і (чи) технологічні процеси створення системи.

Стадії проектування

Стадії проектування - найбільш великі частини проектування, як процесу, що розвивається в часі.

Виділяють стадії :

- науково-дослідницьких робіт (НДР),
- ескізного проекту або дослідно-конструкторських робіт (ДКР),
- технічного проекту,
- робочого проекту,
- випробувань дослідних зразків або дослідних партій.

Стадії проектування

Стадії (етапи) проектування **підрозділяють** на складові частини - **проектні процедури**.

Прикладами проектних процедур можуть служити підготовка деталізуючих креслень, аналіз кінематики, моделювання перехідного процесу, оптимізація параметрів і інші.

У свою чергу, проектні процедури можна розділити на дрібніші компоненти - **проектні операції**.

Наприклад, при аналізі міцності деталі сітковими методами, операціями можуть бути побудова сітки, вибір або розрахунок зовнішніх дій, моделювання полів напруги і деформацій, представлення результатів моделювання в графічній і текстовій формах.

Зміст технічних завдань на проектування

Розробку ТЗ на проектування називають **зовнішнім проектуванням**, а реалізацію ТЗ - **внутрішнім проектуванням**.

У ТЗ на проектування об'єкта **вказуються наступні дані**:

- **Призначення** об'єкта.
- **Умови експлуатації**. Разом з якісними характеристиками (представленими у вербальній формі) є числові параметри, звані зовнішніми параметрами, для яких вказані області допустимих значень. Приклади зовнішніх параметрів : температура довкілля, зовнішні сили, електрична напруга, навантаження і тому подібне.
- **Вимоги до вихідних параметрів**, тобто до величин, що характеризують властивості об'єкту, що цікавлять споживача. Ці вимоги виражені у вигляді умов працездатності (наприклад: швидкодія процесора > 40 Мфлопс).

Класифікація моделей і параметрів, що використовуються при АП

У *автоматизованих проектних процедурах* замість ще не існуючого проєктованого об'єкту оперують деяким квазіоб'єктом - *моделлю*, яка відбиває деякі властивості об'єкту.

Модель може бути *фізичним об'єктом* (макет, стенд) або *специфікацією*.

Серед *моделей-специфікацій* розрізняють:

- функціональні,
- поведінкові,
- інформаційні,
- структурні моделі (описи).

Ці моделі називають *математичними*, якщо вони формалізовані засобами апарату і мови математики.

Класифікація моделей і параметрів, що використовуються при АП

У свою чергу, *математичні моделі можуть бути:*

- геометричними,
- топологічними,
- динамічними,
- логічними і тому подібне.

Математичні моделі можуть бути:

- **символічними** (оперують не значеннями величин, а їх символічними позначеннями)
- **чисельними** (можуть бути **аналітичними**, тобто їх можна представити у вигляді явно виражених залежностей вихідних параметрів Y від параметрів внутрішніх X і зовнішніх Q , або **алгоритмічними**, в яких зв'язок Y , X і Q заданий неявно у вигляді алгоритму моделювання).

Класифікація моделей і параметрів, що використовуються при АП

Класифікацію математичних моделей виконують також по ряду **інших ознак**.

- Так, залежно від приналежності до того або іншого ієрархічного рівня виділяють моделі рівнів **системного, функціонально-логічного, макрорівня** (зосередженого) і **мікрорівня** (розподіленого).
- По характеру використовуваного для опису математичного апарату розрізняють моделі **лінгвістичні, теоретико-множинні, абстрактно-алгебраїчні, нечіткі, автоматні** і тому подібне.

Класифікація моделей і параметрів, що використовуються при АП

Крім того, введені поняття:

- повних моделей і макромоделей,
- моделей статичних і динамічних,
- детермінованих і стохастичних,
- аналогових і дискретних,
- символічних і чисельних.

Класифікація моделей і параметрів, що використовуються при АП

- **Повна модель** об'єкту на відміну від **макромоделі** описує не лише процеси на зовнішніх виводах модельованого об'єкту, але і внутрішні для об'єкту процеси.
- **Статичні моделі** описують статичні стани, в них не присутній час як незалежна змінна.
- **Динамічні моделі** відбивають поведінку системи, тобто в них обов'язково використовується час.
- **Стохастичні і детерміновані моделі** розрізняються залежно від обрахування чи необрахування випадкових чинників.
- В **аналогових** моделях фазові змінні - безперервні величини, в **дискретних** – дискретні.

Системи автоматизованого
проектування (САПР) та їх місце
серед інших автоматизованих
систем

Структура САПР

Як і будь-яка складна система, САПР складається з *підсистем*. Розрізняють підсистеми:

- **проектуючі** (безпосередньо виконують проектні процедури. Прикладами проектуючих підсистем можуть служити підсистеми геометричного тривимірного моделювання механічних об'єктів, виготовлення конструкторської документації, аналізу схемотехніки, трасування з'єднань в друкованих платах.)
- **обслуговуючі** (забезпечують функціонування проектуючих підсистем, їх сукупність часто називають системним середовищем (чи оболонкою) САПР. Типовими обслуговуючими підсистемами є підсистеми управління проектними даними (PDM - Product Data Management), управління процесом проектування (DesPM - Design Process Management), тощо).

Структура САПР

Структуризація САПР по різних аспектах обумовлює появу видів **забезпечення САПР**. Прийнято виділяти сім видів забезпечення :

- **технічне (ТЗ)** (включає різні апаратні засоби (ЕОМ, периферійні пристрої, мережеве комутаційне устаткування, лінії зв'язку, вимірювальні засоби));
- **математичне (МЗ)** (об'єднує математичні методи, моделі і алгоритми для виконання проектування);
- **програмне (ПЗ)**, (представляється комп'ютерними програмами САПР);
- **інформаційне (ІЗ)** (складається з баз даних (БД), систем управління базами даних (СУБД), а також інших даних, що використовуються при проектуванні);

Структура САПР

- **лінгвістичне (ЛЗ)** (виражається мовами спілкування між проєктувальниками і ЕОМ, мовами програмування і мовами обміну даними між технічними засобами САПР);
- **методичне (МетЗ)** (включає різні методики проєктування, іноді до МетЗ відносять також математичне забезпечення);
- **організаційне (ОЗ)** (представляється штатними розкладами, посадовими інструкціями і іншими документами, що регламентують роботу проєктного підприємства).

Різновиди САПР

Класифікацію САПР здійснюють по ряду ознак, наприклад, по:

- *застосуванню,*
- *цільовому призначенню,*
- *масштабам* (комплексності вирішуваних завдань),
- *характеру базової підсистеми* - ядра САПР.

Різновиди САПР

По **застосуванню** найбільш показними і широко використовуваними є наступні **групи САПР**:

- САПР для застосування в галузях загального **машинобудування**. Їх часто називають машинобудівними САПР або MCAD (Mechanical CAD) системами.
- САПР для **радіоелектроніки**. Їх назви - ECAD (Electronic CAD) або EDA (Electronic Design Automation) системи.
- САПР в області **архітектури і будівництва**.

Крім того, відоме велике число більш **спеціалізованих САПР**, або що виділяються у вказаних групах, або що представляють самостійну гілку в класифікації (наприклад: САПР великих інтегральних схем (VLS));

Різновиди САПР

За **цільовим** призначенням розрізняють САПР або підсистеми САПР, що забезпечують різні аспекти (страти) проектування. Так, у складі MCAD з'являються CAE/CAD/CAM системи:

- САПР **функціонального проектування**, інакше САПР-Ф або CAE (Computer Aided Engineering) системи.
- **конструкторські САПР загального машинобудування** - САПР-К, їх часто називають просто CAD системами;
- **технологічні САПР загального машинобудування** - САПР-Т, інакше - автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва АСТПВ або системи CAM (Computer Aided Manufacturing).

Різновиди САПР

За *масштабами* розрізняють:

- ***окремі програмно-методичні комплекси (ПМК) САПР*** (наприклад, комплекс аналізу міцності механічних виробів відповідно до методу кінцевих елементів (МКЭ) або комплекс аналізу електронних схем);
- ***системи ПМК;***
- ***системи з унікальною архітектурою*** не лише програмного (software), але і технічного (hardware) забезпечень.

Різновиди САПР

За *характером базової підсистеми* розрізняють наступні різновиди САПР:

- САПР *на базі підсистеми машинної графіки і геометричного моделювання*. Ці САПР орієнтовані на застосування, де основною процедурою проектування є конструювання, тобто визначення просторових форм і взаємного розташування об'єктів.
- САПР *на базі СУБД*. Вони орієнтовані на застосування, в яких при порівняно нескладних математичних розрахунках переробляється великий об'єм даних. Такі САПР зустрічаються в техніко-економічних застосуваннях, наприклад, при проектуванні бизнес-планів.

Різновиди САПР

- САПР *на базі конкретного прикладного пакету*. Фактично це автономно використовувані програмно-методичні комплекси, наприклад, імітаційного моделювання виробничих процесів, розрахунку міцності по методу кінцевих елементів, синтезу і аналізу систем автоматичного управління і тому подібне. Прикладами можуть служити програми логічного проектування на базі мови VHDL, математичні пакети типу MathCAD.
- *Комплексні (інтегровані) САПР*, такі, що складаються з сукупності підсистем попередніх видів. Характерними прикладами комплексних САПР являються CAE/CAD/CAM - системи в машинобудуванні або САПР ВІС.

Сучасні САПР

Російські САПР:

ADEM (Automated Design Engineering Manufacturing) - російська інтегрована CAD/CAM/CAPP -система, призначена для автоматизації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ).

ADEM дозволяє автоматизувати наступні види робіт :

- об'ємне і плоске моделювання і проектування;
- оформлення проектно-конструкторської і технологічної документації;
- проектування технологічних процесів;
- аналіз технологічності і нормування проекту;

ADEM застосовується в різних галузях: авіаційній, атомній, аерокосмічній, машинобудівній, металургійній, верстатобудівній і інших.

Сучасні САПР

Російські САПР:

НапоCAD СКС - програмний продукт, призначений для автоматизованого проектування структурованих кабельних систем (СКС) будівель і споруджень різного призначення, кабеленесущих систем і телефонії.

T - FLEX CAD - система автоматизованого проектування, розроблена компанією "Топ Системи" з можливостями параметричного моделювання і наявністю засобів оформлення конструкторської документації згідно із стандартами серії ЕСКД.

CadMECH (НПП "Интермех") - це комплексна система 2-мірного і 3-мірного проектування деталей і складальних одиниць. Система, що значно розширює можливості AutoCAD в області проектування машинобудівних креслень.

Сучасні САПР

САПР світових виробників:

AutoCAD - найвідоміший з продуктів компанії Autodesk, універсальна система автоматизованого проектування, що поєднує в собі функції двовимірного креслення і тривимірного моделювання.

NX (САПР) - флагманська CAD/CAM/CAE PLM -система від компанії Siemens PLM Software. NX широко використовується в промисловості, особливо в авіаційній і автомобільній.

CATIA - система автоматизованого проектування (САПР) французької фірми Dassault Systems. Це новий підхід, що відкриває можливість використовувати інтелектуальні плоди онлайнової взаємодії. Кожен користувач може придумувати, розробляти продукти і обмінюватися інформацією про них на універсальній 3D-мові.

САПР в області телекомунікацій

- American NUTech, Prophecy – Оцінювання продуктивності при роботі з текстовими і графічними даними по окремим сегментам і мережі в цілому;
- CACI Product, COMNET III - Моделює мережі X. 25, ATM, Frame - Relay, зв'язки LAN - WAN, SNA,; DECnet, протоколи OSPF, RIP. Доступ; CSMA/CD і токенний доступ, FDDI та ін. Вбудована бібліотека маршрутизаторів 3COM, Cisco, DEC, HP, Wellfleet,..;
- Make System **NetMaker** XA - Перевірка даних про топологію мережі; імпортування інформації про трафік отримуваною в реальному часі;
- NetMagic System, Stress Magik - Підтримка стандартних тестів виміру продуктивності; імітація пікового навантаження на файл-сервер

Дякую за увагу!