

Змістовий модуль (тема) 6
Автоматизація конструкторського проектування.

Методологія автоматизації проектування. Класифікація задач конструкторського проектування. Організація взаємодії конструктора з ЕОМ. Імітаційне моделювання. Вибір базової системи проектування і виробництва для промислового підприємства. Етапи життєвого циклу виробу і діяльність щодо їх реалізації.

16.04 – лекція

09.04, 23.04 – лабораторні роботи.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНСТРУКТОРСЬКОГО ПРОЕКТУВАННЯ

6.1.Методологія автоматизації проектування

Методологія будь-якої діяльності – це вчення про структуру, логічну організацію, методи і засоби цієї діяльності.

Оскільки САПР припускає використання багатьох методів, то виникає необхідність у вживанні більш строгих понять.

На технічну систему можна дивитися з трьох сторін (у філософії це називається модуси стану):

- як на виріб;
- як на пристрій;
- як на процес.

1. *Виріб*: складальні одиниці (СО) і деталі (умовно-монолітні деталі – МД).

2. *Пристрій*. Готово вчинити корисний ефект. Тоді розподіл на функціональні елементи (функціональна декомпозиція).

3. *Процеси*, зміна стану. Функціонує технічна система. Процеси взаємодії технічної системи з середовищем.

Таблиця 6.1 – Приклади предметів, пристроїв і процесів

Предметы	Устройство	Процессы
Статор	Несущая поверхность крыла	Сжатие
Ротор	Лопаточный венец (все лопатки)	Горение
Колесо	Полочный бандаж	Расширение
Лопатка	Устройство крепления	
Камера сгорания		
Диск		
Вал		

Корисний ефект

Будь-яка технічна система створюється не заради неї самої, а для здійснення *корисного ефекту* (КЕ). Корисний ефект полягає у зміні (збереженні) цільових параметрів середовища-споживача.

$$EE = X_2^{c-p} - X_1^{c-p}. \quad (6.1)$$

Середовище технічної системи

Середовище – матеріальне утворення, яке є зовнішнім по відношенню до об'єкту, але з яким об'єкт взаємодіє. По відношенню з технічною системою середовище буває:

- 1) середовище-споживач (С-С);
- 2) середовище, що забезпечує процес (ЗП);
- 3) середовище, що сприяє розв'язанню поставленої задачі;
- 4) середовище, що перешкоджає розв'язанню задачі.

Кардинальні поняття аналізу машин

З точки зору філософії існують три групи поняття аналізу машин: загального, особливого, одиничного.

Таблиця 6.2 – Кардинальні поняття аналізу машин

Групи		
загального	особливого	одиночного
Будова	Аспект розгляду:	
	<i>Виріб</i>	Складальна одиниця (СО), деталь (МД)
	<i>Пристрій</i>	Функціональна одиниця (ФО), функціональна деталь (ФД), функціональний елемент (ФЕ)
	Рівень розгляду:	
	<i>Якісний</i>	Структура, ознаки геометричний і фізичний; конструктивна схема
	<i>Кількісний</i>	Параметри геометричний, фізичний
Функціонування	Генерація корисного ефекту	Принцип дії, компоненти середи, параметри: вхідний и цільовий, енергетичні втрати
	Управління процесом функціонування	Закон регулювання, параметри: режимний та керувальний
Стан	Характер проявлення:	Режим:
	<i>Стійкість</i>	номінальний, максимальний, часткового навантаження, зберігання
	<i>Змінюваність</i>	Запуск, розгін, гальмування тощо
	<i>Екстремальність</i>	Оптимальний, максимально допустимий, аварійний
	Якісні показники	Напруга, деформація, форма і частота коливаль
	Вичерпання ресурса	Період експлуатації: припрацювання, нормальний режим
	Вичерпання життєвого циклу	Стадії: проектування, доводка, державні випробування, серійне виробництво, експлуатація, моральне старіння
Характеристики	Впізнаваність	Приналежність до типу, відмінність у будові
	Технічний рівень	Показник корисності, інтенсивність процесу
	Змінюваність станів	Залежність вихідних параметрів від режимних (паливо, початкові умови тощо)

Закінчення табл. 6.1

Групи		
загального	особливого	одиночного
Якість	Надійність	Показники безпеки, ресурс довговічності
	Техніко-економічна досконалість	Питомі параметри, ККД

Задача САПР – знайти конструкцію, причому оптимальну.

Схема розв'язання задач стосовно функціональних елементів і процесу

Етапи проектування деталі:

- 1) визначення конструктивної схеми, значень деяких параметрів, одержаних на підставі ескізного проектування;
- 2) визначення складу ФЕ, які матеріалізуються за допомогою цієї деталі, послідовність проектування цих ФЕ;
- 3) пошук допустимих (оптимальних) ФЕ (тут працює попередня схема);
- 4) визначення номінальних значень у холодному вільному стані;
- 5) формування технічних вимог до виготовлення деталей;
- 6) документування конструкції деталі;
- 7) подання деталі у вигляді просторової моделі (ПМ).

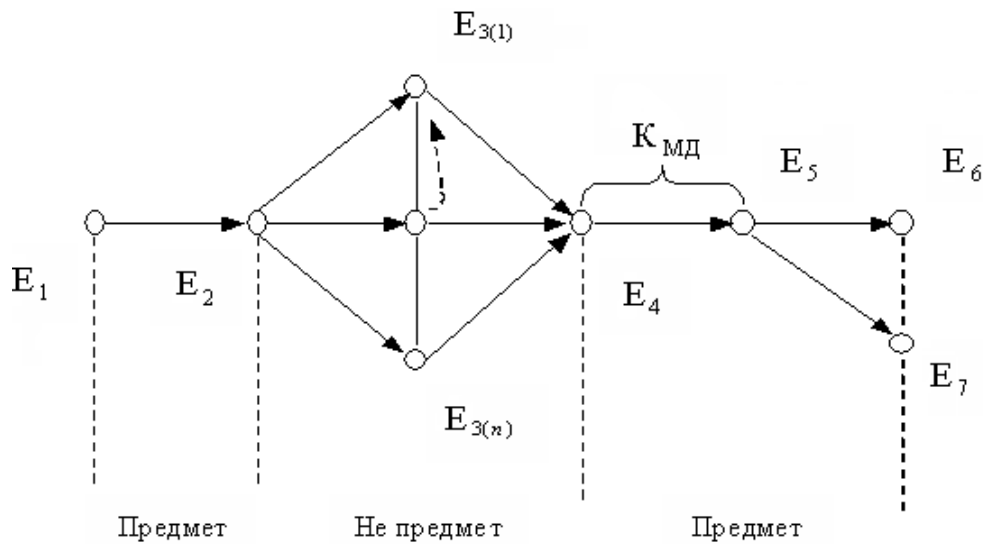


Рис. 6.1. Етапи проектування деталі

6.2. Класифікація задач конструкторського проектування

Основна задача – реалізація принципів проектів, одержаних на

етапі функціонального проектування. Основна група задач конструкторського проектування визначає суто геометричні параметри конструкції (параметри форми) – задачі геометричного проектування, інша група задач призначена для синтезу структури (топології) конструкції з урахуванням її функціональних характеристик – задачі топологічного проектування (рис. 6.2).

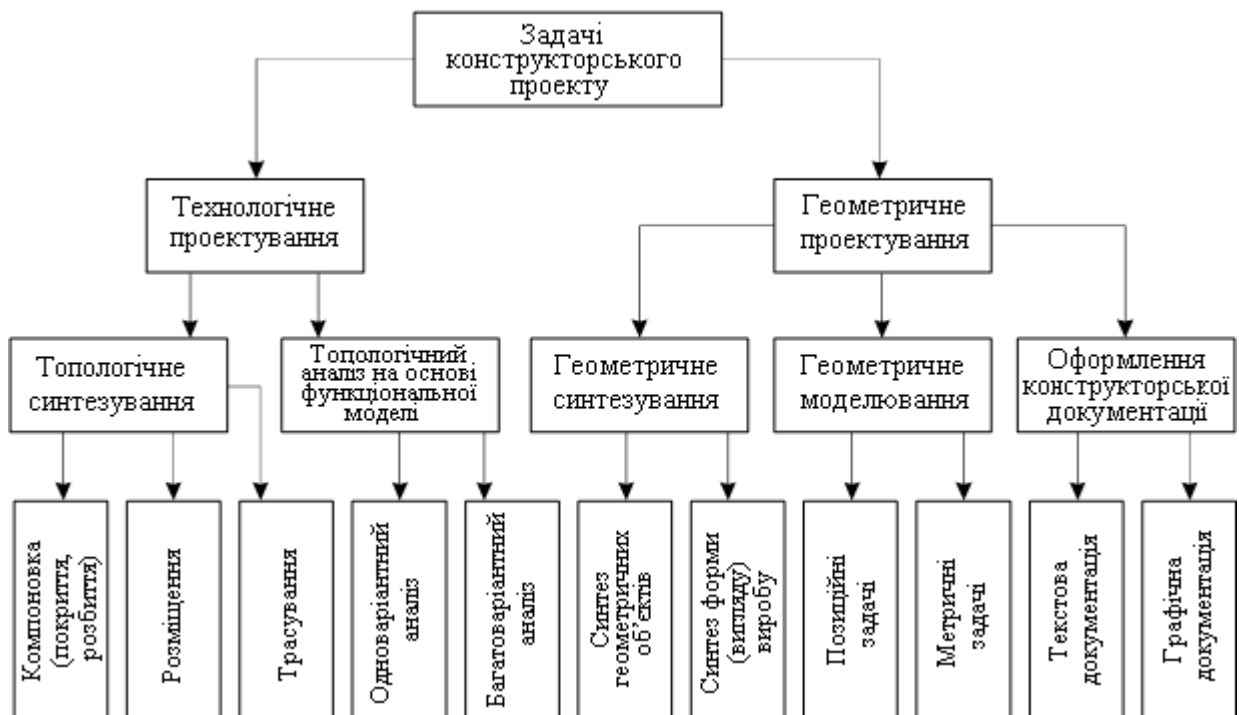


Рис. 10.2. Задачі конструкторського проекту

Геометричне і топологічне проектування

Задачі геометричного проектування включають:

- геометричне моделювання;
- геометричний синтез;
- оформлення конструкторської і технологічної документації.

Геометричне моделювання. Включає розв'язання позиційних і метричних задач на основі перетворення геометричних моделей. Елементарні геометричні об'єкти – точка, циліндр, пряма, коло, куля, площина і т.д. Позиційна задача – визначення координат точки пере-

тину кривої з криволінійним контуром; – умовний перетин контурів; (для перевірки гарантованих зазорів між деталями, при обробці деталей на верстатах і т.д.). Метрична задача – обчислення довжини, площі тощо.

Геометричний синтез включає розв'язання задач двох груп:

- задачі формування (компоновки) складних геометричних об'єктів (з деталювального креслення);

- отримання раціональної або оптимальної форми деталей, вузлів або агрегатів.

Задачі топологічного проектування включають:

- задачі компоновки (ескізна, робоча);

- задачі розміщення – оптимальне просторове розташування елементів конструкції;

- задачі трасування.

Трасування – проектна процедура, яка полягає у визначенні просторового розташування зв'язків (з'єднань, комунікацій) між елементами проектованої системи. Задачі трасування полягають у визначенні геометрії з'єднань конструктивних елементів.

Критерії трасування:

- мінімальна довжина з'єднань;
- мінімальна кількість шарів тощо.

Математичні моделі задач топологічного проектування.

1) Метод проб і помилок.

Суть методу:

Перший етап – формується гіпотеза.

Другий етап – перевіряється (за допомогою моделі або експерименту) якість запропонованого варіанта.

Якщо після першої проби не виходить, формується друге рішення, що враховує недоробки першого, і знову виконується перевірка. Підвищення ефективності пошуку забезпечується вживанням евристичних прийомів діяльності винахідництва (метод мозкового штурму та ін.).

2) Формальна постановка задач топологічного проектування.

Більшість задач топологічного проектування вдається формалізувати шляхом постановки у вигляді задач дискретного математичного

програмування. Компоновка проектованих виробів на кожному ієрархічному рівні здійснюється за допомогою підбору модулів.

В обмеженому об'ємі необхідно розмістити задану множину елементів, пов'язаних між собою певним чином так, щоб забезпечити оптимізацію умов зв'язку і задовольнити заданій сукупності обмежень.

Алгоритм топологічного синтезу.

Алгоритм компоновки і розміщення включає алгоритми, що реалізують методи математичного програмування і комбінаторні алгоритми (гілок і меж, Гілмора, дискретне динамічне програмування на базі безперервно-дискретних методів оптимізації).

Алгоритм трасування включає алгоритми Пріма, розподільні – розподіл по шарах, геометричні – визначають геометрію з'єднань.

Геометричне моделювання і синтез.

Геометрична модель – сукупність відомостей, що однозначно визначають форму геометричного об'єкта.

Розрізняють:

- *аналітичні геометричні моделі* – представлені рівняннями, що описують контури або поверхні виробів;
- *геометричні моделі алгебри* – забезпечують завдання плоских фігур і тривимірних тіл логічними функціями умов;
- *канонічні геометричні моделі* – застосовують, коли в геометричних об'єктах вдається виділити параметри, які однозначно визначають їхню форму (наприклад, для кола – центр і радіус);
- *рецепторні геометричні моделі* – мають в основі наближене уявлення про об'єкт. В області рецепторів будуються прямокутні гради або мережа. Кожна клинка – окремий рецептор. Кожний плоский або просторовий об'єкт може бути описаний двовірною або тривірною матрицею, що складається з 0 і 1;
- *каркасні геометричні моделі* – використовують при описі поверхонь у прикладній геометрії.

Аналіз результатів конструкторського проектування на основі функціональних моделей

Конструкція ДВЗ як об'єкта проектування є складною системою, що базується на блоково-ієрархічному підході.

Основними задачами одноваріантного аналізу конструкції машин є розрахунок їхніх статистичних і динамічних вихідних параметрів.

Мета – розрахунок міцності, жорсткості тощо.

При багатоваріантному аналізі конструкції в основному використовуються статистичні й імітаційні моделі.

Статистичне моделювання застосовується під час оцінки погрішності позиціонування робочих агрегатів верстатів з ЧПУ.

Імітаційне моделювання використовується у випадку потреби обліку втрат продуктивності, пов'язаних з їх обслуговуванням.

Задачі автоматизації конструкторського проектування поділяються на топологічного і геометричного проектування. Формалізація задач топологічного проектування найбільш просто проводиться за допомогою теорії графів. Для автоматизації задач компонування й розміщення в основному використовуються комбінаторні алгоритми й алгоритми, ґрунтовані на методах математичного програмування. Для задач трасування застосовуються розподільні геометричні алгоритми.

Основи геометричного проектування складають геометричне моделювання і синтез. Геометричне моделювання включає розв'язання позиційних і метричних задач.

Найскладнішими задачами геометричного синтезу є задачі формування виду об'єктів проектування.

Оцінка результатів конструкторського проектування проводиться на основі функціональних моделей об'єктів проектування (одно- і багатоваріантний аналіз). Математичний опис конструкції елементів базується на блоково-ієрархічному підході до об'єктів проектування.

6.3. Організація взаємодії конструктора з ЕОМ

Основні тенденції розвитку САПР визначають переважний розвиток інтерактивних систем автоматизованого проектування. Центральне місце у таких системах займає діалог конструктор – ЕОМ. Організація діалогу забезпечується інформаційними, програмними і технічними засобами САПР.

При виборі технічних засобів САПР, що забезпечують інтерактивну взаємодію конструктора з процесом рішення, серед можливих

альтернатив слід керуватися таким.

Використовувана ЕОМ повинна дозволяти організувати роботу певного числа користувачів (тобто задовольняти вимогам з продуктивності) в режимі розділення часу.

Термінальне устаткування, що використовується, повинне відповідати ергономічним естетичним вимогам і вимогам ефективності роботи.

До термінального устаткування можна віднести такі пристрої: пультову друкарську машинку, телетайп, алфавітно-цифровий і графічний дисплей, акустичні пристрої.

Вживання цих пристроїв обумовлено певним класом розв'язуваних задач в САПР. Сьогодні практично в усіх застосуваннях стає економічно не вигідним використання телетайпів і терміналів з посимвольним уведення-виведенням інформації. Дисплеї зі сторінковою обробкою інформації дозволяють підвищувати продуктивність роботи проектувальника.

Вживання графічних дисплеїв йде у напрямі подання терміналів як автономних систем зі спеціальними операційними системами управління роботою окремих апаратних і програмних компонент терміналу і взаємозв'язком терміналу з основною ЕОМ. Поява супермікро-ЕОМ, базису автономного комплексу наблизила комплекси за можливостями до міні-ЕОМ. Розвиток комплексів відбувається у двох напрямках розробки однопрограмних систем, розрахованих тільки на одного користувача, і мультипрограмних систем, розрахованих на одночасну роботу декількох користувачів, з реалізацією віртуальної пам'яті.

Для досягнення високої продуктивності систем, необхідної для одночасної роботи багатьох користувачів і з'єднання функціональних блоків системи, використовують різні канали, що об'єднують процесор, оперативну пам'ять і різні джерела інформації.

Схему одного з автономних термінальних комплексів наведено на рис. 10.5. У графічних терміналах для управління функціонуванням усіх компонент застосовують мікропроцесори; для обробки графічної інформації необхідні спеціалізовані процесори; до терміналу можуть підключатися пристрої пам'яті.

У цілому тенденції розвитку терміналів можуть бути охарактеризовані як рух у бік багатofункціональних систем з розподіленою об-

робкою інформації, заснованих на широкому використанні БІС.

Структурний склад комплексу можна варіювати залежно від рівня САПР, але навіть в одному рівні його конфігурація визначається тільки в умовах конкретної розробки на основі аналізу складу розв'язуваних задач.

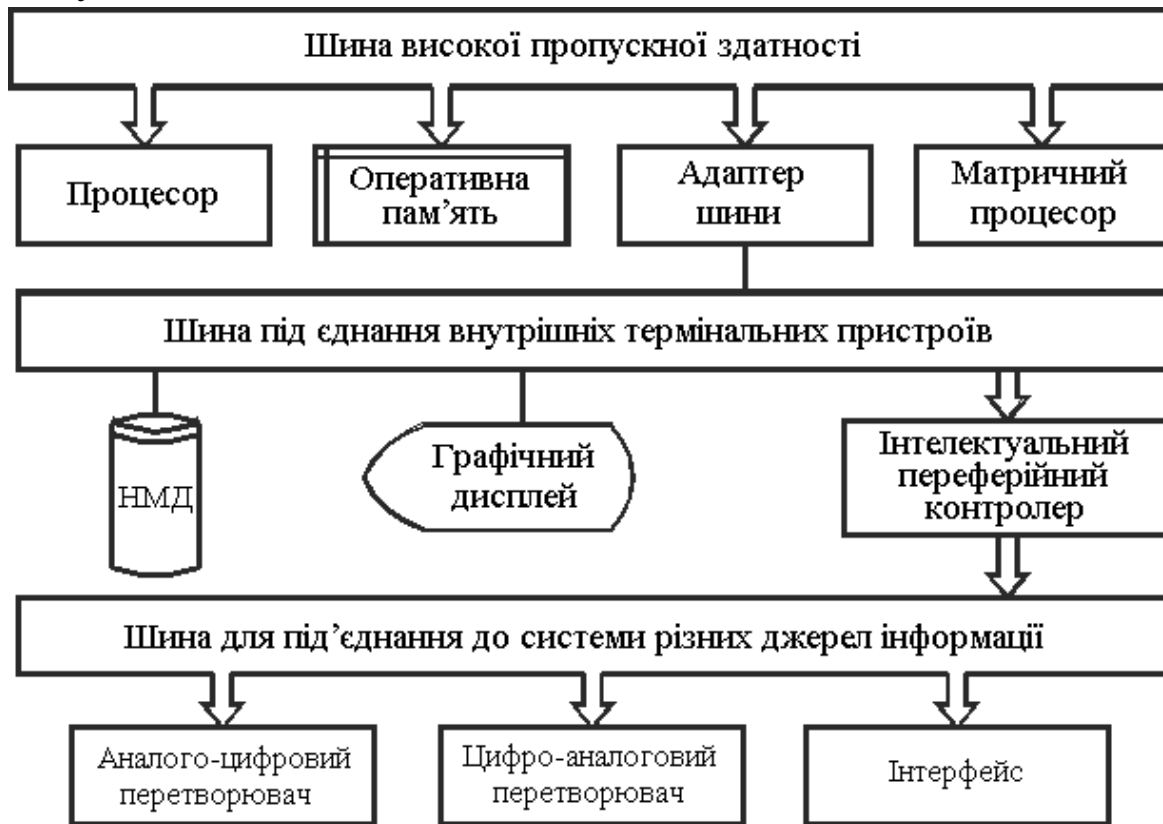


Рис. 6.3. Схема автономного термінального комплексу

6.4. Імітаційне моделювання

Складність і різноманіття процесів функціонування проектованих технічних систем не завжди дозволяють одержувати для них адекватні математичні моделі, сформульовані у вигляді різних аналітичних співвідношень. Автоматизоване проектування у цих випадках базується на використанні методології імітаційного моделювання.

Імітаційне моделювання – метод дослідження, оснований на тому, що динамічна система, яка вивчається, замінюється її імітатором, і з ним проводяться експерименти з метою отримання інформації про

систему, що вивчається. Нагадаємо, що динамічними є такі системи, які змінюються в часі. Імітатори можуть бути реалізовані на ЕОМ, а також на гідродинамічних, механічних або електронних системах.

Важливе значення має експеримент, який може проводитися людиною або виконуватися автоматично як відповідно до наперед складеного плану, так і послідовно, коли цілі нового експерименту встановлюються на основі аналізу результатів проведених експериментів. Це має особливе значення у випадку реалізації імітатора на ЕОМ, зокрема, при автоматизованому проектуванні, коли складається програма імітатора, що є, у свою чергу програмою, функціонування проектного об'єкта.

При імітаційному моделюванні процесів не вимагається перетворювати аналітичні вирази у спеціальну систему рівнянь щодо шуканих величин. Для імітаційного моделювання характерне відтворення на ЕОМ явищ, описуваних математичною моделлю, зі збереженням їхньої логічної структури і послідовності чергування в часі.

Імітаційне моделювання реалізується моделювальним алгоритмом, відповідно до якого в ЕОМ імітується функціонування досліджуваної системи з урахуванням обраного рівня деталізації для отримання потрібних характеристик. Ці характеристики виводяться на друк і використовуються як прямі або непрямі результати проектування. Таким чином, у процесі імітаційного моделювання конструюється модель проектного об'єкта. На ній проводяться експерименти з метою вивчення закону функціонування і поведінки проектного об'єкта з урахуванням заданих обмежень і цільової функції.

Широко розповсюдженими є два підходи до організації імітаційних моделей. Перший підхід полягає в тому, що кожний елемент складної системи представляється у деякій стандартній формі, коли вже заготовлено програмні моделі – модулі. За допомогою спеціальних схем описуються взаємозв'язки між модулями і конструюється модель складної системи.

Другий підхід передбачає створення універсальної імітаційної моделі, яка може настроюватися на будь-який об'єкт заданого класу. Для цього необхідно, щоб структурні та функціональні характеристики, що відрізняють один об'єкт від іншого, не входили до структури

моделі і її опису, а були легко замінюваними початковими даними. В цьому випадку при підготовці до моделювання конкретного об'єкта із заданого класу програмування виявляється непотрібним.

Виходячи з принципу побудови імітаційних моделей всі їхні компоненти діють послідовно. Щоб провести в моделі одночасність декількох подій, що відбуваються в різних частинах реальної системи, необхідно побудувати певний механізм задавання часу в моделях. Існують два основні методи: фіксованого кроку і кроку до наступної події. Зокрема, при моделюванні засобів обчислювальної техніки, як правило, використовуються обидва методи.

До побудови моделювального алгоритму повинні бути вирішені всі принципові питання вибору математичного апарату дослідження.

Для імітації процесів функціонування окремих елементів об'єкта і всього об'єкта в цілому повинні бути вибрані основні оператори, які ув'язуються між собою відповідно до формалізованої схеми досліджуваного процесу. До основних операторів належать обчислювальні (арифметичні) і логічні оператори, оператори формування реалізацій випадкових процесів і невідповідних величин, а також оператори рахунку.

Обчислювальні оператори, призначені для реалізації будь-яких обчислювальних функцій за допомогою системи арифметичних операцій, властивій системі команд моделювальної ЕОМ. Для виконання обчислювальних операторів необхідно чітко визначити, які величини повинні бути обчислені в результаті реалізації сформованого оператора, і забезпечити наявність до моменту початку роботи оператора всіх необхідних даних, одержуваних від інших операторів алгоритму.

Для імітації дії різних випадкових чинників на модельований процес необхідною є наявність операторів формування реалізацій випадкових процесів. Початковими даними для отримання цих операторів служать таблиці та генератори випадкових чисел.

Формування різних констант і невідповідних функцій часу принципово не відрізняється по суті від формування звичних обчислювальних операцій. Для підрахунку кількості різних модельованих об'єктів, що мають задані властивості, формуються оператори рахунку (лічильники). Результати, що видаються лічильниками, часто є початковими даними для логічних службових операторів, які забезпечують синхро-

нізацію моделювального алгоритму.

Логічні оператори призначені для перевірки справедливості заданих умов і вироблення ознак, що позначають результат перевірки.

Процес імітації включає велику кількість операцій, пов'язаних із формуванням, перетворенням і використанням реалізації випадкових подій, величин і процесів, тому результати моделювання також мають випадковий характер. Вони відображають випадкові поєднання діючих чинників, що складаються в процесі моделювання. Шукані величини при імітаційному моделюванні визначають у результаті статистичної обробки сукупностей даних певної кількості реалізацій процесу моделювання. Сукупність реалізацій виступає в ролі статистичного матеріалу при машинному експерименті, а оцінка параметрів – у ролі експериментальних даних, тому імітаційне моделювання іноді називають методом статистичного моделювання.

При автоматизованому проектуванні імітаційні моделі призначені для вивчення особливостей функціонування проєктованих структур, що складаються з різноманітних елементів (дискретних і безперервних, детермінованих і стохастичних тощо). Імітаційні програми будують за модульним принципом, при якому всі елементи системи описуються одноманітно у вигляді певної стандартної математичної схеми – модуля. Схеми й оператори сполучення модулів один з одним дозволяють будувати універсальні програми імітації, які повинні здійснювати введення і формування масиву початкових даних для моделювання, перетворення елементів системи і схем сполучення до стандартного вигляду, імітацію модуля і взаємодії елементів системи, обробку й аналіз результатів моделювання, а також управління моделлю. Модель проєктованого об'єкта повинна бути не така спрощена, щоб стати тривіальною, проте не настільки деталізується, щоб стати громіздкою в обігу.

Велику увагу при моделюванні приділяють вибору мовних засобів. У даний час існує велика кількість спеціалізованих мов моделювання, тому для визначення кращої мови при конкретних додатках виникають серйозні труднощі. Вибір мови програмування для опису імітаційних моделей у першу чергу визначається постановкою задачі, коли враховуються характеристики об'єкта моделювання, тип моделі,

умови проведення експерименту, що розробляється.

Мови моделювання сконструйовано так, що вони дозволяють описувати не тільки сам імітатор, але і допоміжні дії, які виконуються протягом експерименту, перш за все надходження вхідних даних та обробку результатів експерименту.

До мов моделювання висувають такі вимоги.

1. Семантика мови моделювання повинна мати також можливості, які дозволяють легко складати модель імітованого процесу. Це означає, що хороша мова моделювання повинна давати користувачу можливість опису модельованого процесу відповідно до предметного мислення.

2. Мова моделювання повинна мати зручні синтаксичні засоби для швидкого і простого опису модельованої системи. Формалізований опис модельованої системи мовою моделювання дозволяє виявити ряд властивостей системи, які важко знайти без формалізованого опису.

3. Мова моделювання є зручним засобом імітації тільки тоді, коли всі роботи на реалізованій моделі (включаючи створення імітатора) автоматизовані настільки, що від користувача не вимагається спеціальних знань.

Деякі мови моделювання мають засоби, що дозволяють виконувати збір і обробку інформації автоматично, незалежно від цілей користувача. Наприклад, для черг автоматично розраховуються їхні максимальна і середня довжини або максимальний і середній періоди перебування в них елементів. Такі засоби полегшують користувачам проведення аналізу об'єктів, досліджуваних у рамках їх професій, при мінімальному досвіді програмування.

Схему організації процесу імітаційного моделювання при автоматизованому проектуванні приведено на рис. 10.6. На першому етапі формується мета проектування. Аналізуючи вимоги ТЗ на проектування, оцінюють складність проектного об'єкта і визначають найраціональніший шлях знаходження математичної моделі об'єкта проектування і її реалізації для цілей проектування – шляхом імітаційного моделювання, шляхом розв'язання задач математичного програмування тощо. На етапі формування імітаційної моделі здійснюється перехід від уявлень про реальну систему до абстрагування, до певної логіч-

ної схеми.

Підготовка даних полягає у виборі даних, необхідних для побудови моделі, і подання їх у відповідній формі. Трансляція полягає в перекладі опису моделі, представленого мовою високого рівня або мовою моделювання, на машинною мовою (компіляція, редагування

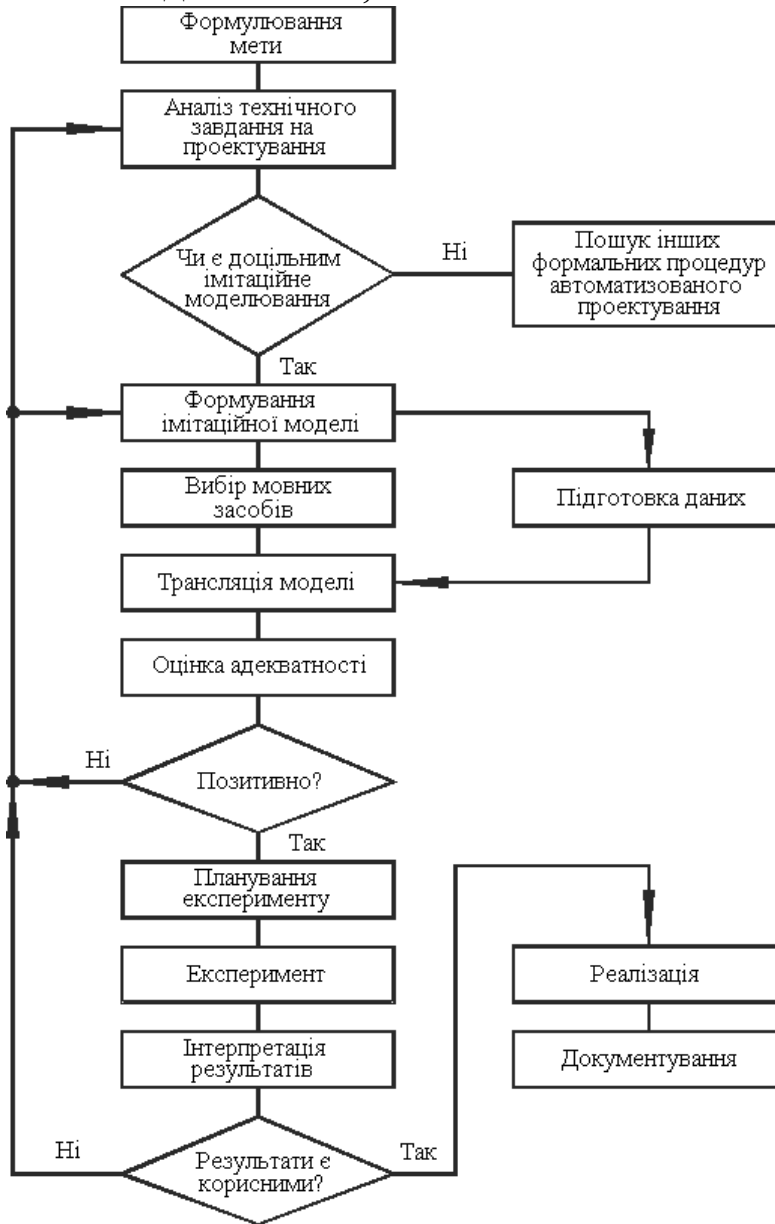


Рис. 6.4. Схема організації процесу імітаційного моделювання

об'єктних модулів, отримання завантажувальних модулів). Оцінка адекватності імітаційної моделі по об'єкту проектування проводиться на основі порівняння результатів моделювання з інформацією про спроектовану систему.

Плануючі експеримент складають план послідовності виконання процедур в імітаційному моделюванні й одержують оцінки результатів моделювання. Експериментування є процесом імітації з отриманням необхідних статичних даних, а також прямих і непрямих результатів проектування. Побудова висновків за даними, одержаним шляхом імітації, здійснюється на етапі інтерпретації.

Документування включає реєстрацію результатів моделювання і проектування. Реалізація має на увазі практичне використання моделі і результатів моделювання для цілей автоматизованого проектування.

Не зважаючи на переваги методу імітаційного моделювання, що дозволяє у принципі досліджувати структури і функціонування об'єктів будь-якої складності і на будь-якому рівні деталізації, метод має ряд недоліків, а саме: неможливість отримання аналітичних залежностей при одиничному випробуванні моделі, необхідність набору статистики для формальних і аналітичних залежностей, складність і трудомісткість розробки моделей.

Слід зазначити, що якщо задачу проектування можна звести до якої-небудь аналітичної моделі, то необхідність в імітаційному моделюванні відпадає.

6.5. Вибір базової системи проектування і виробництва для промислового підприємства

Про серйозні успіхи, до яких приводить використання комп'ютерної технології проектування і виробництва (КТПП) на провідних промислових підприємствах розвинених країн ми чуємо достатньо давно. Останніми роками ми дістали можливість використовувати новітні досягнення у сфері КТПП на українських підприємствах.

Що таке комп'ютерна технологія проектування і виробництва і які її переваги? Намагатимемося розібратися, що ж таке комп'ютерна технологія проектування і виробництва і що саме дозволяє підприємству одержати продукцію високої якості в найкоротші терміни.

Поняття КТПП має на увазі технологію створення продукції на базі програмного, технічного й організаційного комп'ютерного забезпечення сучасного виробництва.

Системи, про упровадження яких йде мова, – це найдосконаліші автоматизовані системи проектування і технологічної підготовки виробництва, що використовуються для створення складної машинобудівної продукції.

По-перше, це комплексні системи, що охоплюють весь цикл розробки продукції від задуму до серійного виробництва. Причому концептуальне проектування, конструювання, інженерний аналіз і технологічна підготовка виробництва нерозривно пов'язані.

По-друге, ці системи створюють умови для одночасної роботи всіх учасників проекту в режимі паралельного інжинірингу (*Concurrent Engineering*). Вони дозволяють не просто автоматизувати традиційний послідовний процес – конструювання, розрахунки, технологічну підготовку виробництва, – але і створити нову структуру організації процесу. Спільна робота конструкторів, розраховувачів і технологів істотно скорочує терміни очікування і час на внесення змін. Однозначність моделей і їх взаємна ув'язка, оптимізація конструкції за інтегральними функціональними, аналітичними і технологічними критеріями в процесі розробки виробу істотно підвищує якість. Друга сторона одночасної роботи дає можливість всім конструкторам працювати з єдиною моделлю виробу, забезпечуючи відсутність нестиковок і різночитань, гарантуючи високу точність деталей і складок, створення повного електронного опису виробу.

І, по-третє, ці системи спеціальним чином організовані і дозволяють управляти як структурою виробу, так і процесом його створення.

Висновок напрашується сам: КТПП – це перш за все спеціальна організація процесу, що реалізує переваги використовуваних програмних засобів і технічного оснащення, що підвищує в цілому конкурентоспроможність підприємства.

Які системи автоматизованого проектування і технологічної підготовки виробництва більшою мірою відповідають КТПП? Систем, що відповідають рівню КТПП, зовсім небагато. За останнім звітом Gartner Group, лідерами серед систем вищого рівня є *CATIA (Dassault*

Systems & IBM), *EUCLID* (Matra Datavision), *I-DEAS* (SDRC), *UNIGRAPHICS* (Unigraphics Solutions). *CADD5-5* не згадується у зв'язку з поглинанням фірми Computervision (CV), компанією PTC, яка її розробляє, а власна система PTC – *Pro/Engineer* – не розглядається, оскільки належить до класу *Challengers* і не може виконувати роль базової при створенні складної техніки. Серед вказаної четвірки всі системи відповідають ключовим вимоги КТПП, але, зрозуміло, різною мірою.

Особливої уваги заслуговує система *UNIGRAPHICS*. Нове сучасне ядро системи, базове твердотільне моделювання, концепція майстер-моделі, вбудована параметризація, унікальна система складань, тісний зв'язок із множиною найперспективніших аналітичних і технологічних спеціалізованих систем, стабільне провідне положення у сфері власної технологічної підготовки виробництва, найтісніший зв'язок з системою управління проектом *IMAN*, розробленою тією ж фірмою, що і *UNIGRAPHICS*, відкритість системи і високий темп її вдосконалення свідчать про перспективність системи.

Найближчий конкурент *CATIA* має більш тривалу історію і широкую інсталяційну базу, *UNIGRAPHICS* – значно більш сучасну основу, інтенсивний розвиток і відповідність найпрогресивнішої технології проектування і виробництва.

Вибір базової системи для підприємства – відповідальний крок. Створення складної техніки вимагає орієнтації на повномасштабні, багатофункціональні, високоорганізовані системи. Для того щоб визначити, використання якої системи буде найбільш ефективним, необхідно з'ясувати, яка із систем дає кращі можливості організації комп'ютерної технології проектування і виробництва.

Організація робіт із системою – це шлях від можливості отримання позитивних результатів до дійсного їх отримання. Так чому ж через рік після аналогічних закупівель одне підприємство підраховує збитки, а інше – прибуток від придбання?

Річ у тому, що сама система дозволяє, але не зобов'язує реалізувати переваги КТПП. Наприклад, в системі немає важелів, що вимушують користувачів працювати в режимі паралельного інжинірингу. Організація робіт із системою – це шлях від можливості отримання позитивних результатів до дійсного їх отримання.

Особливо ефективно технологія паралельного інжинірингу може бути реалізована в рамках єдиного проектно-виробничого інформаційного середовища, при створенні колективу співробітників різних служб, що працюють над єдиним проектом.

Але для українських підприємств тисячі автоматизованих робочих місць – поки в майбутньому. А одне робоче місце не принесе користі. Бажано почати з визначення найактуальнішої задачі, того «вузького місця», яке стримує весь процес, і з вживання системи на даній конкретній ділянці обов'язково з використанням її характерних переваг. Хай це буде збірка не всього виробу, а компоновка найскладнішого агрегату. Можливо, це буде проектування, аналіз і підготовка виробництва найскладнішої і відповідальної деталі. Важливо, щоб були задіяні ті функції, які ви не могли легко реалізувати без системи, що купується, або з використанням вже наявного програмного забезпечення. Тоді вам буде простіше оцінити результат комплексного використання системи, і перший досвід стане позитивним. Для кожного підприємства рішення може бути тільки індивідуальним. Знання систем і технологій повинне поєднуватися зі знанням організаційної і функціональної структур підприємства. Тоді можна розробити концепцію розвитку, окреслити перспективи і запропонувати конкретне стартове рішення.

Яка мінімальна кількість робочих місць дасть відчутний ефект? На яких ділянках можна одержати найшвидший результат? Як саме використовувати перші 10–20 комп'ютерів для отримання максимальної віддачі? Яку частку програмного забезпечення, закладеного в систему, задіювати в першу чергу? Як реалізувати взаємодію нових засобів з тими, що вже є на підприємстві? Яке необхідне технічне оснащення? Які структурні зміни бажані? Як мінімізувати фінансові витрати? Від якості рішення всіх цих і багатьох інших питань залежатиме ефективність вкладень у комп'ютерні технології.

Що ж необхідно для початку повномірного, раціонального й ефективного упровадження комп'ютерної технології проектування і виробництва з технічної точки зору?

- Проаналізувати технічну політику і технічну оснащеність підприємства. Визначити мету, позначити бажаний рівень розвитку.

Скласти концептуальну модель розвитку, визначити проміжні етапні задачі.

- Чітко розбиратися у новітніх комп'ютерних технологіях (*CE, CAPI, VPD, EPD, CALS, WAVE* тощо) і уміти визначити можливість їх реалізації в процесі використання програмного забезпечення.

- Досконально вивчити системи, що вживаються при проектуванні і виробництві. Знати їх особливості, уміти зіставляти переваги і недоліки, стежити за розвитком і систем, і фірм-виробників. Зробити правильний вибір базової системи і ряду спеціалізованих систем, об'єднати їх в цілісну структуру.

- Бачити систему КТПП як складову частину єдиної інформаційно-аналітичної структури підприємства.

- Бути хорошим фахівцем у галузі мережної інтеграції: розробити концепцію корпоративної мережі, підібрати оптимальний склад устаткування і побудувати мережу з максимальним використанням її ресурсів. Організувати операційне управління мережею, поєднуючи потрібну максимальну доступність з дотриманням необхідної секретності. Прогнозувати і враховувати можливість розвитку мережі і раціонально використовувати вже наявне устаткування.

- Необхідно бути фахівцем у питанні проведення перетворень на підприємстві. Уміти оцінити існуючі структури і процеси, визначити бажані і необхідні межі перетворень. Вибрати реальні засоби для досягнення поставленої мети. Провести реінжинеринг.

- Необхідно мати практичний досвід традиційного проектування, виробництва і управління, уміти організовувати групи фахівців, які знають вибрану систему, і представників вашого підприємства на період упровадження комп'ютерної технології, а також мати у своєму розпорядженні групу фахівців, здатних адаптувати придбане програмне забезпечення під ваші конкретні потреби.

Так, слід бути професіоналом у галузі інформаційних технологій або, що більш реально, працювати сумісно зі спеціалізованою, професійною компанією.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення виробу, пристрою і процесу.
2. Наведіть основні координальні поняття аналізу машин.
3. Що являє собою конструкція технічного об'єкта?
4. Назвіть основні етапи проектування деталі.
5. У чому полягають основні задачі конструкторського проектування?
6. У чому полягає аналіз результатів конструкторського проектування на основі функціональних моделей?
7. Чим керуються при виборі ТС САПР, що забезпечують взаємодію конструктора з процесом розв'язання?
8. У чому суть імітаційного проектування, його переваги і недоліки?
9. Наведіть схему імітаційного моделювання і поясніть її.
10. Назвіть основні передумови до вибору базової системи проектування і виробництва.

**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.