

УДК 621.9:62-755

ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

Струтинський В.Б., д.т.н., проф.*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»***Веселовська Н.Р., к.т.н., доц.***Вінницький державний аграрний університет**21030, м. Вінниця, вул. Келецька, 71**E-mail: wnatalia@mail.ru*

Рассмотрена система, что состоит из комплекса средств автоматизации проектирования (методического, организационного, информационного, программного и технического), связанных с необходимыми подразделами проектной организации или коллективом специалистов, которая выполняет автоматизированное проектирование.

Ключевые слова: система, автоматизированное проектирование, подсистема.

The system consists of computer-aided design facilities (methodical, organizational, informative, programmatic and technical), related to necessary subsections of project organization or collective of specialists, which executes the automated planning.

Key words: system, automated planning, subsystem.

Вступ. Відповідно до стандартів, САПР – це організаційно-технічна (людино-машинна) система, що складається з комплексу засобів автоматизації проектування, взаємопов'язаних з необхідними підрозділами проектної організації чи колективом фахівців (користувачем системи), яка виконує автоматизоване проектування. Комплекс засобів автоматизації проектування складається зі сукупності засобів методичного, організаційного, інформаційного, програмного та технічного забезпечень [1-2].

Автоматизоване проектування – це процес складання опису, необхідного для створення в заданих умовах ще неіснуючого об'єкта, на основі первинного опису цього об'єкта і (чи) алгоритму його функціонування чи алгоритму процесу перетворення первинного опису (у ряді випадків кількарязового), автоматизації заданих характеристик об'єкта й алгоритму його функціонування чи алгоритму процесу, усунення некоректності первинного опису та послідовне подання (за необхідності) описів різними мовами і здійснюється взаємодією людини й ПЕОМ [5].

Аналіз попередніх досліджень. Система автоматизованого проектування складається з підсистем і компонентів. Підсистемою САПР називається виділена за деякими ознаками частина САПР, що забезпечує одержання закінчених проектних рішень і відповідних проектних документів. Розрізняють об'єктно-орієнтовані (об'єктні) і об'єктно-незалежні (інваріантні) підсистеми САПР.

Підсистема САПР складається з компонентів САПР, об'єднаних загальною для даної підсистеми цільовою функцією, що забезпечують функціонування цієї підсистеми. Компонентом САПР

називається елемент засобу забезпечення, що виконує певну функцію в підсистемі САПР. Наприклад, компонентами методичного забезпечення є документи, у яких викладені цілком чи з посиланням на першоджерела теорії, методи, способи, математичні моделі, алгоритми, алгоритмічні спеціальні мови для опису об'єктів, термінологія, нормативи, стандарти й інші дані, що забезпечують методологію проектування у підсистемах САПР. Метою такої декомпозиції є побудова єдиної методології розробки і створення САПР різних рівнів складності й об'єднання їх в ієрархічну структуру, що забезпечує вирішення комплексних проблем відповідно до планування життєвих циклів об'єктів проектування та створення єдиного методичного й інформаційного забезпечення САПР [3-5].

Мета роботи – розгляд завдань моделювання САПР, які розв'язуються апаратом логіко-диференціальних рівнянь, альтернативних інформаційних мереж і пакетів динамічних операцій (рис. 1).

До формування задач розробки САПР можна застосувати таку схему взаємозв'язку:

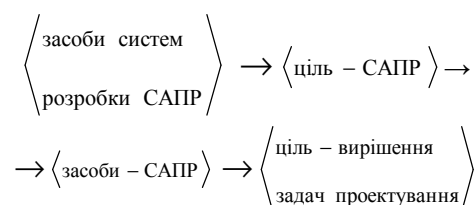


Рисунок 1 – Схема взаємозв'язку задач розробки САПР

де в даному випадку цілі переходять у засоби, а засоби стають цілями, тобто:

1) для того, щоб розробити об'єкт проектування

(систему, пристрій) з бажаними характеристиками, необхідна система проектування, що відповідає заданим вимогам;

2) для того, щоб розробити САПР, що відповідає системі вимог (принципів), необхідна система, що створює САПР, типу організаційної структури з визначеними ресурсами.

Якщо слідувати елементам формалізованого викладу, то вище сказане можна записати:

1) (ціль): (об'єкт, що якісно вирішує задачі, і виконує певну сукупність функцій з бажаними характеристиками (якістю процесів), (засоби): (система проектування, що забезпечує визначення структури і параметрів, у першу чергу, змінюваної частини системи (пристрою керування), для задоволення бажаних характеристик);

2) (ціль): (система автоматизованого проектування, що задовольняє систему вимог і вирішує задачі внутрішнього проектування з відповідним рівнем автоматизації), (засоби): (організаційна система розробки САПР, що вирішує задачі зовнішнього проектування САПР). Якщо подивитися на те, що стосується позицій життєвого циклу проектного об'єкта, то тут спостерігається наступний взаємозв'язок операцій: (проектування) – (конструювання) – (виготовлення) – (експлуатація).

Застосовуючи системну модель до різних видів забезпечення САПР, можна упорядкувати завдання в таку логічну послідовність (рис. 2):

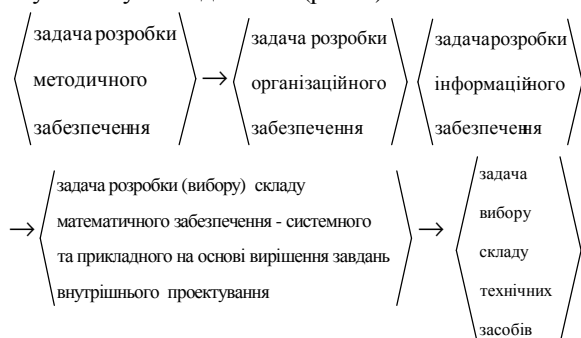


Рисунок 2 – Логічна послідовність завдання системної моделі

Відповідно до вимог системного підходу, у результаті аналізу розв'язання завдань розробки САПР будується логічна схема їх розв'язання, тобто алгоритм проектування.

Види забезпечення САПР можна подати у вигляді системної топологічної моделі – ієрархічної системи графів, де показана взаємодія частин на рівнях і показане взаємне відображення міжрівневих відносин.

Методичне забезпечення дозволяє відобразити процес завдання і проходження проекту в САПР згідно з рівнями системної моделі об'єкта проектування та гарантувати реалізацію оптимальних методик проектування.

Задача зовнішнього проектування для організаційного забезпечення САПР може бути сформульоване як завдання встановлення оптимальної взаємодії частин системи для досягнення її оптимальних характеристик. При цьому зв'язки

встановлюються між підрозділами як зверху вниз (і навпаки) відповідно до функцій керування, так і ліворуч – праворуч відповідно до етапів життєвого циклу об'єкта проектування.

Якщо системне математичне програмне забезпечення функціонально дозволяє реалізувати керування обчислювальним процесом, то необхідні мовні засоби мови програмування для такого керування процесом проектування. Цей вид забезпечення є одним з рівнів системної моделі та дозволяє задавати та відображати можливі альтернативи при проектуванні, а їх конкретна реалізація вже буде здійснюватися засобами як математичного, так і технічного забезпечення. Крім мов, що складають так звану процедурну частину інформаційного забезпечення, необхідні засоби для опису та наповнення вхідної, вихідної та проміжної інформації. Це так звані бібліотеки, архіви, банки даних і ін.

У цьому сенсі САПР практично не відрізняється від інших обчислювальних інформаційно-довідкових систем [6-8].

Математичне забезпечення САПР умовно можна поділити на системне та програмне. Програмне забезпечення у свою чергу складається, зі стандартного та проблемного (об'єктно-орієнтованого). Це окремі програми-модулі, пакети прикладних програм: проблемних програм проектування, програм фізичних розрахунків і моделювання. Проблемне програмне забезпечення повинне покривати сукупність завдань внутрішнього проектування. Така структура означає, що будь-яке завдання з списку чи його складова частина може бути розв'язане відповідною програмою чи підпрограмою. Достатність забезпечується узгодженістю вхідних і вихідних модулів. Наявність тільки модулів і епізодичний пакетний підхід до ПК умовно можна назвати машинним проектуванням, щоб відрізнити його від автоматизованого чи автоматичного.

Таким чином, з погляду математичного забезпечення автоматизація проектування зводиться до того, щоб забезпечити в потрібний час і в зазначеному місці необхідний модуль. Чим довше існує цей процес без втручання людини, тим вище рівень автоматизації в САПР. Завдання зовнішнього проектування САПР можна сформулювати з двох підзавдань:

1) потрібно розробити функціонально повний набір програм (пакетів програм) для покриття завдань проектування відповідно до графа цілей чи задач;

2) потрібно розробити функціонально повний набір керівних програм відповідно до логічних схем розв'язання завдань проектування.

Склад технічних засобів є однорідним у тому сенсі, що технічні елементи (периферійні пристрої, проміжні обчислювачі і центральний процесор) утворюють технічну систему однорідну в технічному сенсі, тобто технічне забезпечення САПР – це технічна система в загальному випадку із змінним складом, тобто структурою. Цей склад можна зобразити

топологічними моделями типу ієрархічних чи графів структурних схем. Завдання оптимізації вибору складу технічних засобів поки чекає свого вирішення. Склад технічних засобів повинен гарантувати розв'язання завдань внутрішнього проектування та забезпечити умову подальшого розвитку системи. З точки зору системної моделі САПР цей вид забезпечення є найнижчим рівнем, у який занурюється програмне (математичне) забезпечення САПР. Завдання зовнішнього проектування формулюється як задача оптимального вибору складу технічних засобів САПР. Вихідною інформацією при цьому є результати аналізу завдань внутрішнього проектування (у вигляді складу модулів і ППП) і вимоги до технічних засобів (ресурсів) у вигляді критеріїв і обмежень [9].

Матеріал і результати дослідження. Створення (розробка) сукупності забезпечення САПР складає основу проблем проектування САПР різної орієнтації. Дійсно, якщо САПР – це інформаційно-обчислювальна система (ІОС), основою реалізації якої є універсальні засоби дискретної обчислювальної техніки (hardware), то з огляду на універсальний характер цих засобів необхідне створення програмного забезпечення (software). Якщо ж цим буде користуватись людина чи колектив людей, то необхідні також й інші види забезпечення.

Галузева (професійна, об'єктна) орієнтація САПР (розв'язання проблем внутрішнього проектування) визначає і структуру математичного (прикладного програмного) забезпечення. Рівнем автоматизації в САПР забезпечується розподіл частин навантаження, що припадає на людину й ПЕОМ.

З аналізу задач внутрішнього проектування об'єктів розробки впливає перелік питань, що підлягають визначенню при реалізації автоматизованого розв'язання цих завдань. Для більш повного та змістовного аналізу (аналогічно одержанню необхідних і достатніх умов можливості розв'язання) необхідно здійснювати системний підхід. Дійсно, вирішити (і розв'язувати в процесі розробки) завдання проектування можна різноманітними способами. З урахуванням різноманітності видів забезпечення САПР (компонент) можна говорити про безліч варіантів реалізації кожного з видів забезпечення, а в цілому – про розв'язання оптимізаційного (у багатоплановій, багатоцільовій постановці) завдання проектування й одержання необхідних і достатніх умов оптимальності. Відповідно до вимог системного підходу розробка САПР повинна відповідати наступним принципам: а) системної єдності (комплексності, системності); б) адекватності (бажаний компроміс між цілями і засобами); в) розвитку; г) інваріантності; д) єдності інформаційної бази; е) сумісності; ж) включення.

Реалізація першого принципу системного підходу до проектування призводить до поділу завдань створення САПР за ступенем їхньої енергоємності (чи рутинності) відповідно до шкали інтелектуальності (граф цілей і задач).

1. Процес розробки САПР представляється певною ієрархічною структурою, нижній рівень якої –

практична відсутність автоматизації при епізодичному, разовому «підході до ПК» з окремими програмами фізичних розрахунків (пакетний спосіб обробки завдань – розв'язання завдань внутрішнього проектування). Тут на ПК покладені лише обчислювальні функції (рутинні операції проектування), а їх програмування та використання (підготовка вихідних даних, постановка експерименту, інтерпретація результатів і ухвалення рішення) – на людину.

На наш погляд, з ростом потужності та засобів розв'язання завдань необхідно зберігати баланс між розвитком засобів підготовки й інтерпретації. Тоді ми відповідаємо принципу адекватності розробки САПР – бажаному компромісу між цілями та засобами.

2. Наступний рівень автоматизації в САПР – виконання робіт внутрішнього проектування засобами системного забезпечення. Наприклад, засобами виклику відповідного програмного модуля, завантаження його вихідними даними й отримання результату в зручному для людини вигляді. Для неавтоматизованої системи проектування типу проектної організації це містить достатню кількість кваліфікованих виконавців (проектувальників, конструкторів), виклик одного з них, видача завдання, проектування (використання і розрахунки) й обговорення результатів.

3. Якщо ж говорити про подальші перспективи автоматизації, то мова може йти про інтеграцію завдань і засобів їх розв'язання. Це є ефективним інструментом розв'язання широкого кола завдань з високим рівнем автоматизації. Розробка по ТЗ може здійснюватись без участі виконавців на проміжних етапах, тобто можна говорити, наприклад, про цехи-автомати і фабрики по виготовленню креслень і т.ін. Основні труднощі нинішнього етапу створення інтегрованих САПР із розвинутим системним і інформаційним забезпеченням, на наш погляд, полягає у тому, що інженерів-проектувальників відлякує робота з неадекватними системами при їх створенні (засоби ще недостатньо розвинені, щоб забезпечити спілкування з ними природною мовою).

Одним із основних змістів у розвитку сучасної прикладної математики є можливість побудови теорії та інструментарію математичного експерименту з метою проектування великих технічних систем. Центральне місце в такому експерименті займало донедавна моделювання законів функціонування систем і процесів. Слідом за автоматизацією технологічних процесів (ТП) і процесів керування (ПК), де об'єктом аналізу та синтезу були закони функціонування систем і процесів, наступив третій, завершальний, етап автоматизації проектування систем і процесів. Наукові й інженерні завдання цього етапу висунули на перший план методологічні та теоретичні питання моделювання систем і процесів як об'єкта проектування, побудови та програмованої експлуатації системи. Домінуючим завданням в моделюванні процесів та систем є задача програмування життєвих циклів систем і процесів, які повинні враховуватись на ранніх (системних) етапах

проектування. Якщо при розв'язанні задач автоматизації традиційні моделі технічних систем дозволяли реалізувати математичний експеримент, то при системному проектуванні такі моделі не можуть бути використані навіть для інтерпретації результатів математичного експерименту.

Сучасні системи та процеси – об'єкти проектування – фізично не зведені до механічної сукупності локально функціональних пристроїв і підсистем. Сучасний літальний апарат, наприклад, є багатоцільовою системою, що функціонує, насамперед, за рахунок найскладнішої взаємодії механічної, енергетичної, радіотехнічної та іншої підсистем, керованих у процесі виконання динамічних операцій для досягнення кожної з конкретних цілей. Традиційні моделі керування польотом не дозволяли виразити аспекти взаємодії єдиною мовою, ввести в закони функціонування категорії цілей і представити багато інших задач системного моделювання. Метою моделювання є створення математично узгоджених систем моделей, що забезпечують постановку та проведення великого математичного експерименту при розв'язанні завдань системного проектування визначеного класу.

У даній роботі розглянемо завдання моделювання, які розв'язуються апаратом логіко-диференціальних рівнянь, альтернативних інформаційних мереж і пакетів динамічних операцій. Деякі математичні та методологічні питання моделювання у різних аспектах викладалися раніше.

Дослідженню задач проектування складних систем присвячене значна кількість робіт у вітчизняній і закордонній літературі. Розглядалися системи великої розмірності з диференціальною динамікою, системи з багатьма рівняннями та складним характером взаємодії та функціонування систем, що мають дискретну природу, типу інформаційних мереж. Одержали поширення складні системи, функціонування яких представляється моделями з вірогідними характеристиками. Перераховані різновиди моделей складних систем розглядалися для опису законів функціонування окремих класів об'єктів. У той же час, вони математично не узгоджувалися з іншими процесами, наприклад, витратами та відновленнями ресурсів і властивостями досяжності цілей надійності, ефективності виконання операцій. Моделі дозволяють вирішити значну кількість прикладних задач моделювання, які містять досить строгі умови математичного узгодження диференціальних моделей з автоматними моделями, а їхні «гібриди» – з альтернативними інформаційними мережами. Ці умови дозволяють одержати моделі динамічних операцій і, нарешті, побудувати та дослідити пакети динамічних операцій.

Розглянемо проектні критерії синтезу в системному проектуванні технологічних процесів і систем.

Критерій якості, чи цільова функція, є числовою характеристикою, що дозволяє досягнути ступінь відповідності прийнятого рішення мети, для досягнення якої здійснюється порівняння і вибір ліній поведіння (планів, команд, графіків, параметрів

керування і т.д.). Вибір критерію якості (цільової функції) – один з найвідповідальніших етапів у побудові математичних моделей завдань керування. У загальному випадку неможливо одержати рішення, що одночасно задовольняло б кожному вимогу. У проектних завданнях інтуїтивне уявлення про якість системи керування дозволяє підкорити одну систему керуванням іншої. Однак, у складних завданнях, де необхідно враховувати велику кількість часом суперечливих факторів, інтуїція та досвід не завжди призводять до раціонального розв'язання, якщо вони не підкріплені відповідним аналізом [10-12].

Тому важливо оцінити, які з цих факторів варто віднести до обмежень вибору розв'язання, яке з них повинно слугувати критерієм якості.

Як обмеження використовуються ті обмеження системи керування, для яких у даних умовах достатньо, щоб їхні числові значення не виходили з певного заздалегідь заданого діапазону. Одна з найважливіших у даних умовах характеристик приймається за критерій. Порівнянню підлягають лише ті характеристики, що задовольняють прийняті обмеження (характеристики, що знаходяться в заданій області). Кращим є розв'язок, при якому досягається максимум чи мінімум (залежно від постановки задачі) цільової функції.

Проблеми керування систем включають:

- 1) вибір структури керування підсистемами;
- 2) визначення цілей функціонування системи в цілому і кожної з підсистем;
- 3) визначення методів оптимізації режиму роботи.

У великих технічних системах завдання вибору критерію якості функціонування, а також завдання керування, у свою чергу, має характер проблеми і містить:

- 1) вибір окремих критеріїв функціонування підсистем;
- 2) побудова критерію ефективності великої системи як функції зважених окремих критеріїв;
- 3) організацію ієрархічної системи критеріїв (за необхідності).

У загальному випадку критерій ефективності систем та процесів є функцією декількох критеріїв, значення кожного з критеріїв може змінюватися залежно від умов роботи системи. Окремі критерії при певних умовах відіграють роль обмежувальних факторів. Необхідність оптимізації систем і процесів за складними критеріями з різними значеннями окремих критеріїв, а також необхідність врахування різноманітних технічних і економічних обмежень, ускладнюють побудову її математичної моделі.

Дослідження систем і процесів виконується за допомогою функціональних характеристик – показників відповідних властивостей – у такий спосіб:

- 1) вибір функціональних характеристик залежно від призначення і характеру великої системи, що закінчується вибором основного показника;
- 2) обчислення величини показника якості великої системи (ефективності системи) при моделюванні системи та більшення показника при зміні будь-якого параметра системи;

3) вибір показників, що характеризують основні властивості системи – функціоналів, що залежать від величини зміни параметрів і відповідних збільшень показника ефективності.

У теорії технічних систем критерії ефективності не можуть розглядатися як задані. Вони істотно залежать від критеріїв ефективності системи вищого рівня, у яку дана система входить як підсистема. На практиці при розгляді конкретних завдань можна замінити вплив достатньо високим рівнем виправлень, які базуються на дуже приблизних оцінках. За всіх обставин визначення критеріїв ефективності повинно ґрунтуватися не тільки на оцінці миттєвого стану розглянутої системи, але і на прогнозі її поведінки, виходячи з розумного компромісу між вигодою та термінами її одержання. Мета керування кожною системою вищого рівня формулюється в більш загальних термінах, ніж цілі підлеглих їм систем. Чим вищий рівень системи, тим більш комплексними й узагальненими показниками оцінюється їхній стан. Цим визначається можливість обробки інформації при виборі доцільних керівних впливів на високих рівнях ієрархії керування.

Як відомо, задача проектування систем і процесів керування передбачає насамперед визначення моделі функціонування системи керування; моделі оцінки ефективності функціонування; структурних характеристик системи, що істотно впливають на якість керування (оцінка чутливості); ефективних значень структурних характеристик системи відповідно до заданої системи критеріїв якості керування серед інших критеріїв.

Розробка ієрархічної системи критеріїв може ґрунтуватися, напевно, на системі функцій F , розглянутих як деяка упорядкована безліч цілей системи керування. Тут також треба мати на увазі, що перед тим, як визначити множину функцій F_j ($j \in m$) і проводити упорядкування множин $M = \{F_j\}$, були отримані результати системного аналізу складу функцій підсистем, технологічної схеми об'єкта, властивих їй алгоритмів керування окремими підсистемами й агрегатами. Для розробки системи критеріїв принаймні необхідно, щоб для множини заданих функцій M існувала не пуста множина S_r , визначена з допомогою добутку множин U , Y і X_0 , що представляють стан функціонуючих підсистем. Якщо функція F_j , визначена на добутку множин станів U , Y , X_0 , не має жодного свого значення, що належить упорядкованій множині M , умова здійснення функцій F_j при функціонуванні розглянутої системи, представленої добутком множин U , Y , X_0 , не задовольняється.

Висновки. Отже, коректно заданої системи обмежень досконало сконструювати не вдається і «твердість» критерію якості керування буде меншою. З наведеного аналізу зрозуміло, що в міру звуження зони обмежень на параметри і змінні системи

керування, в ній повинна послабитися «твердість» критерію. Це потрібно розуміти як принцип можливої ієрархії критеріїв. Для досягнення умов максимально повного критерію система може бути стиснута мінімумом обмежень і, навпаки, при максимумі обмежень у системі можливе задоволення найбільш слабого критерію. Таким чином, ієрархія в системі критеріїв може визначатися повною інформацією про обмеження, представленою в алгоритмах керування. Тут обмеження треба розуміти в широкому сенсі, починаючи з обмежень на фізичні змінні системи та її конструктивно-технологічні характеристики і закінчуючи обмеженнями конкретних математичних методів і алгоритмів керування.

ЛІТЕРАТУРА

- ГОСТ 22487-77. Проектирование автоматизированное: Термины и определения. – Введ. 27.04.77.
- ГОСТ 26501. 09-79. Системы автоматизированного проектирования: Основные положения. – Введ. 01.01.80.
- Волчевич Л.И. и др. Комплексная автоматизация производства. – М.: Машиностроение, 1983. – 269 с.
- Белянина П.Н., Лещенко В.А. Гибкие производственные комплексы. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
- Азбель В.О., Егоров В.А., Звоницкий А.Ю. Гибкое автоматическое производство. – Л.: Машиностроение, 1983. – 376 с.
- Глушков В.М. Введение в КСУ. – К.: Техніка, 1974. – 619 с.
- Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. – М.: СП ПараГраф, 1991.
- Дьяконов В.П. Компьютерная математика: Теория и практика. – М.: Нолидж, 2001. – 1296 с.
- Жук К.Д. Тимченко А.А. Автоматизированное проектирование логико-динамических систем. – К.: Наук. Думка, 1981. – 320 с.
- Струтинський В.Б., Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Структурна модель технологічного процесу як динамічної системи – Луганськ: Видавництво ВНУ ім. В.Даля, 2007. – С. 158-164
- Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Методика розробки інформаційної моделі технологічної підготовки процесу переробного виробництва в АПК.–Наукові праці ВДАУ, серія «Технічні науки»– №1, 2006. – С. 181–186.
- Струтинський В.Б., Веселовська Н.Р., Зелінська О.В. Моделі контролю і управління багатостадійних логико-динамічних технологічних систем “Наукові нотатки”: Міжвузівський збірник (за напрямком “Інженерна механіка”), Луцьк: Луцький державний технічний університет.-Випуск № 20. – 2007. – С.486-490.

Стаття надійшла 19.04.2008 р.