

Вступ до САПР

САПР – система автоматизованого проектування. Як правило мова іде про певний вид технічного об'єкту або системи (металевих конструкцій, принципів схем, тощо). Слово “Автоматизованого” передбачає те, що роль людини у проектуванні виключається не повністю. Близький англійський термін – CAD system. *CAD – computer-aided design.

Механізація та автоматизація як засоби підвищення продуктивності праці

Вічною проблемою, яка виникає в процесі діяльності людини, в тому числі в процесі задоволення матеріальних потреб, є збільшення продуктивності праці. Впродовж розвитку суспільства ця проблема вирішувалась шляхом створення (проектування), вдосконалення та розвитку знарядь праці – технічних засобів (теж відносяться до ТС). Суттєвим кроком в процесі підвищення продуктивності праці була механізація – заміна фізичної праці людини роботою машин та механізмів. При цьому вони самі можуть бути як простими знаряддями праці, так і складними системами та пристроями. Особливість засобів механізації – відсутність у таких систем властивостей приймати рішення без людини (керувати діями). Кожна дія в засобах механізації ініціюється безпосередньо певною дією людини. Механізація була передумовою промислової революції в суспільстві.

Люди, які займалися створенням (проектуванням), впровадженням та модифікацією нових машин та механізмів, отримали назву інженери (фр. інжененіум – здібність, винахідливість).

В той же час наступним кроком підвищення продуктивності праці стала автоматизація – процес звільнення людини від функцій безпосереднього керування роботою машин та механізмів. Пристрої, які поєднують в собі дві функції: виконання роботи та керування нею, отримали назву автомати (гр. автоматос – самодіючий), а відповідний спосіб підвищення продуктивності праці – автоматизація. Існує визначення терміну автоматизація – сукупність засобів, методів та підходів, що звільняють людину від безпосередньої участі у

відповідних процесах (перетворення матерії, енергії, інформації). Є повна та часткова. Виробничі процеси, де участь людини виключалась повністю, стали називати автоматичними, якщо частково – автоматизованими.

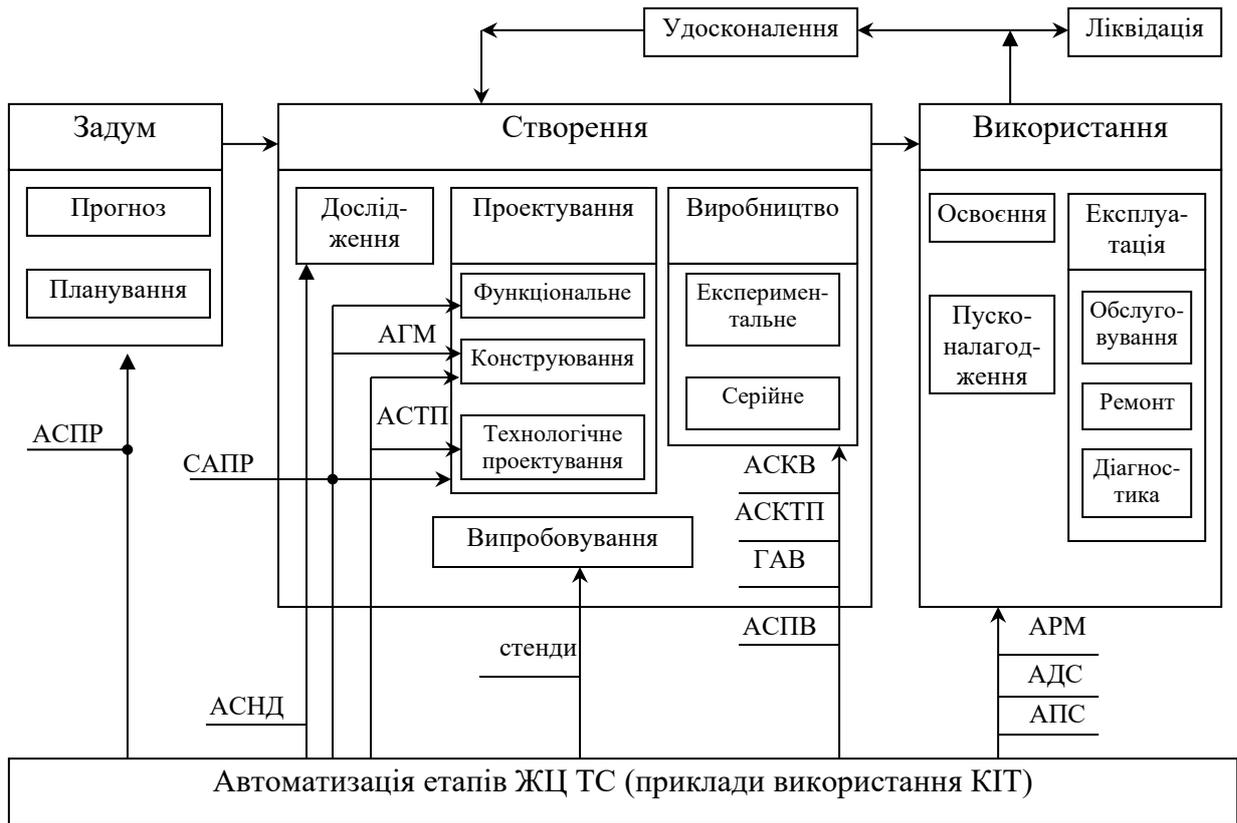
З іншої сторони, при створенні (проектуванні) нових та модифікації існуючих засобів механізації та автоматизації перед інженерами виникла проблема підвищення продуктивності власне процесу проектування нових ТС – тобто розумової, творчої праці людини, а не лише фізичної. Цей процес став основою науково-технічної революції.

При цьому актуальною проблемою стала тенденція швидкої зміни номенклатури виробів, що була обумовлена необхідністю зменшення вартості та підвищення якості (покращення функціональності, швидкодії, ергономічності, економічності) виробів, особливо в умовах конкуренції. Тому актуальною стало питання створення засобів автоматизації процесів проектування. Такі засоби отримали назву системи автоматизованого проектування.

Зазначимо, що засоби автоматизації можуть застосовуватись на різних етапах створення, використання та переробки продукції.

Життєвий цикл технічної системи

Сукупність етапів, що включають процеси створення, виготовлення, використання, модернізації або ліквідації (утилізації) виробів, називають життєвим циклом виробу/продукції/ТС. Розглянемо одне з можливих представлень схеми ЖЦ продукції:



КІТ – комп’ютерно-інформаційні технології

АСПР – автоматизована система планових робіт

САПР – система автоматизованого проектування

АСНД – автоматизована система наукових досліджень

АГМ – автоматизація геометричного моделювання

АСТП – автоматизована система технологічної підготовки (виробництва)

АСКВ – автоматизована система керування виробництвом

АСКТП – автоматизована система керування ТП

ГАВ – гнучке автоматизоване виробництво

АСПВ – автоматизована система підготовки виробництва

АРМ – автоматизоване робоче місце

АДС – автоматизована довідникова система

АПС – автоматизована пошукова система

Проектування ТС

Проектуванням називають процес складання опису, необхідного для створення в заданих умовах ще не існуючого об’єкта, та (або) алгоритму його функціонування або алгоритму процесу за допомогою перетворення (можливо неодноразового) початкового опису та за допомогою оптимізації характеристик об’єкта і алгоритму його функціонування або алгоритму процесу, при усуненні

некоректності початкового опису та за допомогою початкового подання (при необхідності) описів різними мовами.

Проектування можна розуміти в широкому та вузькому значенні.

В широкому значенні слова під проектуванням розуміють комплекс робіт щодо дослідження, розрахунків та конструювання на основі перетворення початкового опису об'єкта з метою отримання опису (комплекту конструкторської та технологічної документації), необхідного та достатнього для створення нового виробу або реалізації нового процесу. В зв'язку з цим процес проектування будь-якої ТС можна поділити на такі етапи:

- функціональне проектування (що має робити виріб): визначення принципів функціонування, розробка структурної та (принципової ???) функціональної схем ТС;

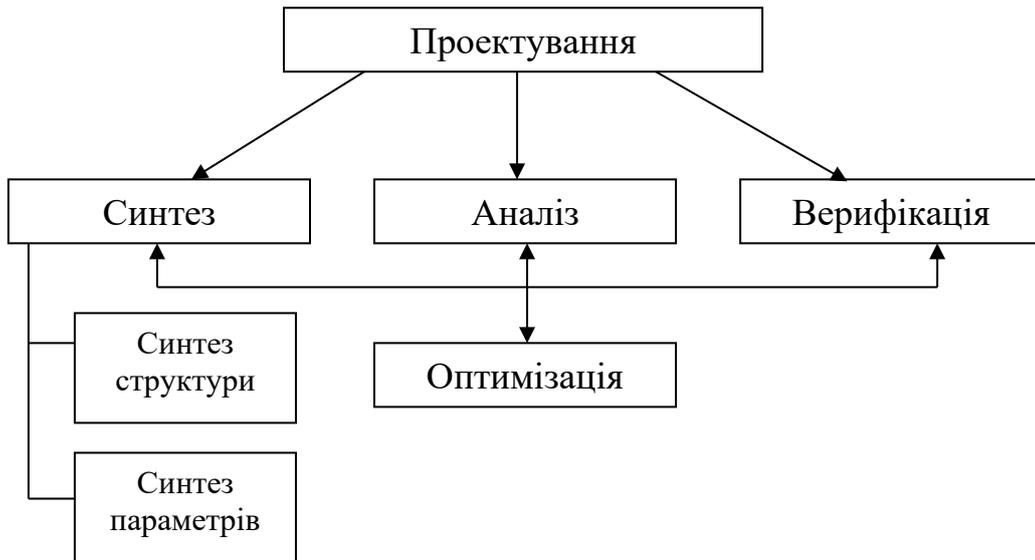
- конструкторське проектування (конструювання): “матеріалізація” ідеї, отриманої на функціональному етапі (вибір матеріалів, визначення форми складових елементів, способів з'єднання в систему, взаємного розташування конструкцій, виготовлення документації);

- технологічного проектування (як виготовити спроектований виріб): проектування технологічних процесів виготовлення конструкцій, отриманих на попередньому етапі, що включає розробку маршрутної та операційної технології, вибір оснащення, схем базування деталей, розробку програм керування для технологічного обладнання тощо.

У вузькому значенні під проектуванням розуміють тільки етап функціонального проектування, де визначається головна відмінність об'єкту, що створюється заново, – його принцип функціонування.

Синонім поняттю “проект” у вузькому розумінні є слово “задум”, в широкому розумінні – опис виробу, документація на виріб.

Типові проектні процедури (етапи) процесу проектування



Синтез – створення нового (чергового) проектного варіанту

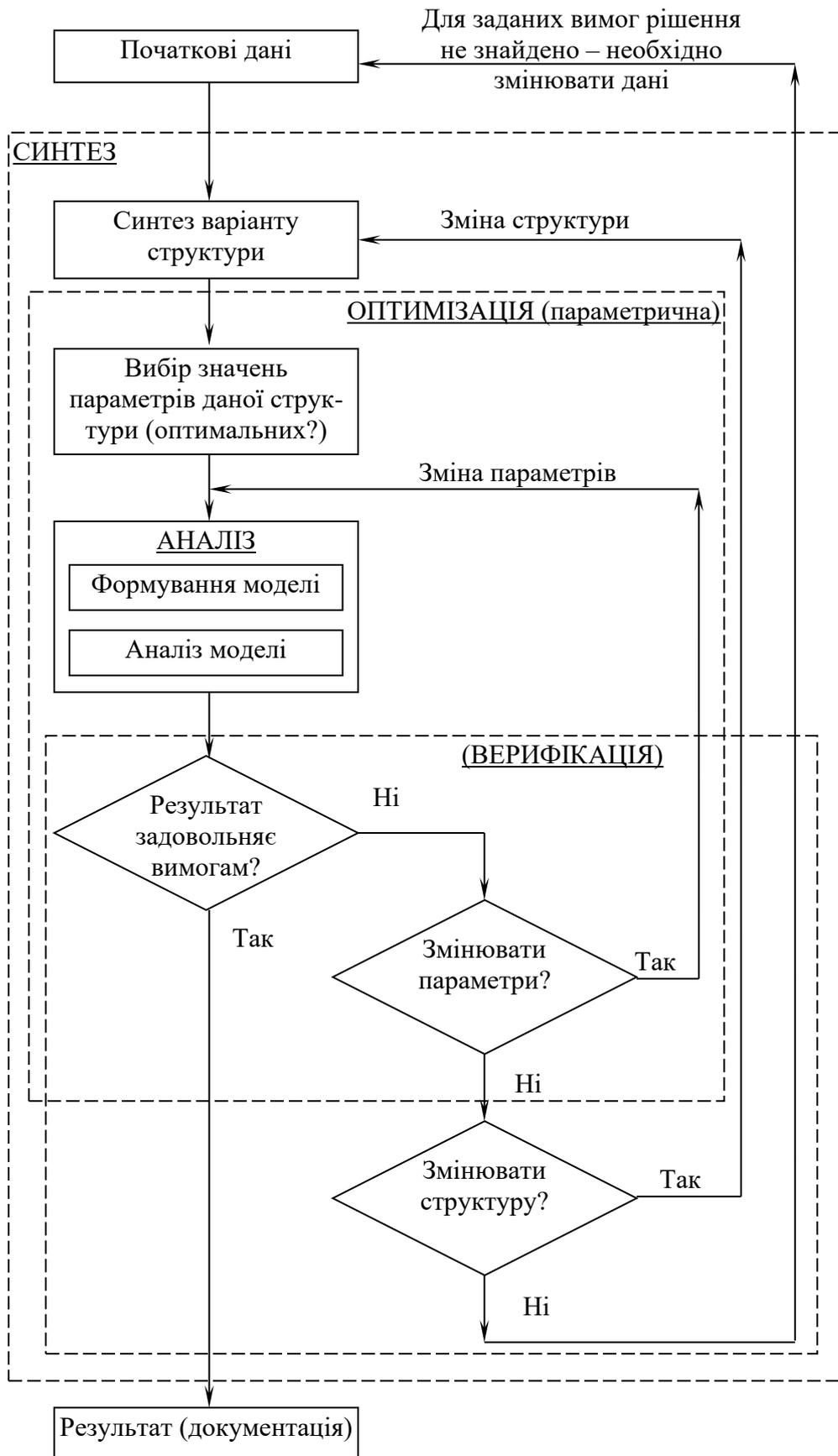
Аналіз – розрахунок значень показників (параметрів)

Верифікація – перевірка на відповідність вимогам та обмеженням, що висувуються до результату проектування.

Оптимізація – процедура пошуку найкращого за певними показниками (критеріями) варіанту.

Синтез може бути структурний та параметричний. Структура визначає набір складових (елементів) та зв'язків між ними. Параметри визначають кількісні характеристики елементів та зв'язків. Наприклад, для підсилювача: структура – кількість каскадів, параметри – коеф. підсилення кожного з каскадів. Для технол. процесу механообробки: структура – кількість операцій, параметри – режими різання на кожній операції.

Проектування може вестися до першого задовільного варіанту (за обмеженнями) або формуватись множина задовільних варіантів, з яких обирається оптимальний за певними показниками. Розглянемо схему проектування до першого задовільного варіанту.



В даній схемі ядром процесу проектування є процедура аналізу, яка багаторазово повторюється в ітераційному циклі процесу проектування.

Процедура аналізу складається з двох компонентів: формування математичної моделі та її аналіз. Структура ММ може бути визначена наперед, але для кожного проектного варіанту формуються параметри моделі. Етап аналізу в ряді випадків називають інженерними розрахунками (коли результатом є розрахована величина – показник міцності, масоінерційні характеристики тощо). В інших випадках – моделюванням (коли треба визначити поведінку системи – побудова перехідних процесів, імітаційне моделювання виробничої ділянки тощо). В свій час саме в області аналізу ММ (як в найбільш громіздкій задачі) вперше виникла ідея застосування комп'ютерів для підвищення продуктивності розумової праці, тобто ідея автоматизації інженерних розрахунків. Пізніше ця ідея поширилась на інші складові проектування: синтез, оптимізацію та інші задачі. Так виникло поняття автоматизації проектування ТС.

Зазначимо також, що на даній схемі процедура оптимізації не охоплює задачу синтезу структури, а лише параметрів – параметрична оптимізація. Також сама сутність оптимізації тут не є очевидна, оскільки не вказані пошукові процедури, які реалізують перехід до кращих варіантів. Розуміти можна так: або формується (розраховується) початковий варіант відразу з оптимальними параметрами, які далі змінюються (варіюються) до моменту відповідності всім вимогам та обмеженням; або вимоги сформульовані так (взаємопротирічливо), що процес підлаштування під них змістовно є процедурою оптимізації (пошук компромісного варіанту).

Загалом, оптимізація, верифікація та прийняття рішень можуть бути присутні на кожному з етапів проектування.

В залежності від реалізації кожної з процедур та загальної ідеології функціонування тієї чи іншої САПР, послідовність та взаємозв'язок проектних процедур може бути досить різний (ітераційний або ні; відбувається пошук оптимального варіанту серед множини можливих або відразу синтезується оптимальний варіант певними мат. методами оптимізації).

Цей зв'язок визначає типовий маршрут (типову структуру) проектування.

Розглянемо маршрут (схему) проектування, що передбачає оптимізацію на множині згенерованих задовільних варіантів методом повного перебору.

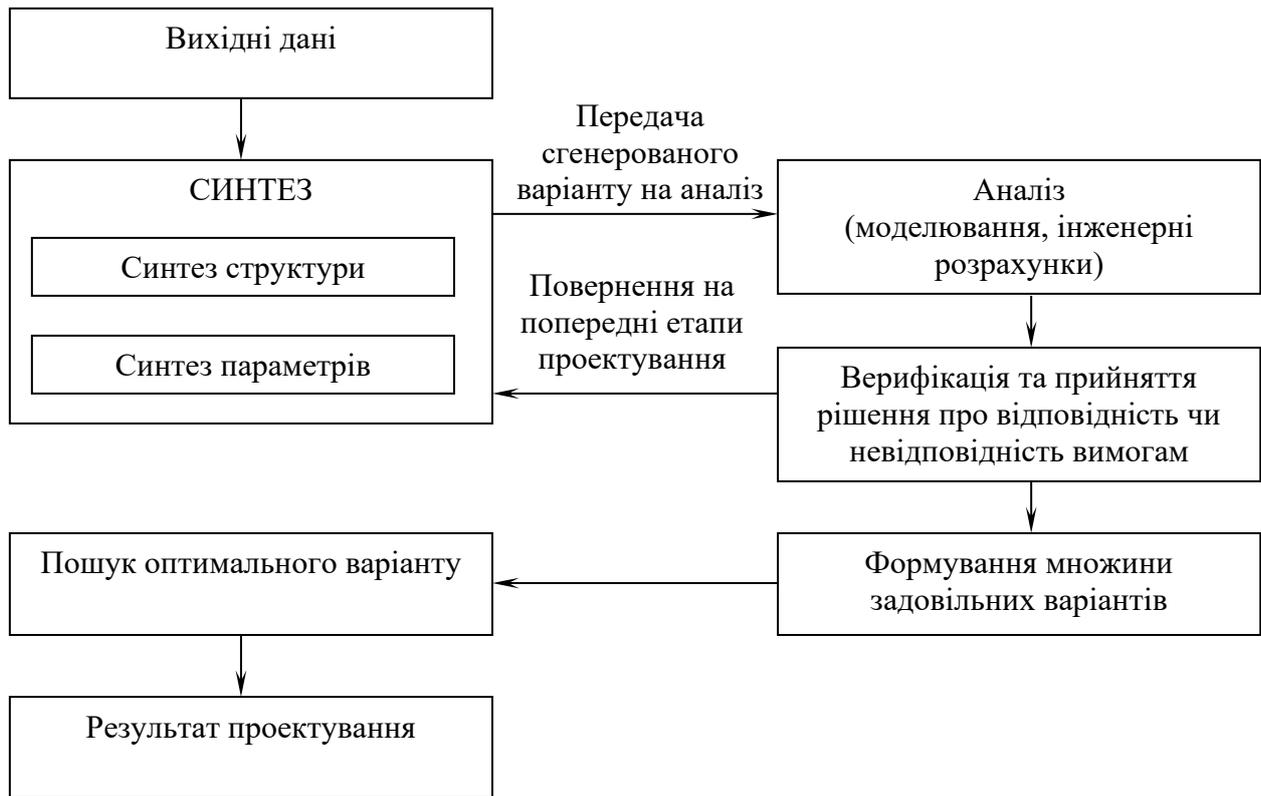
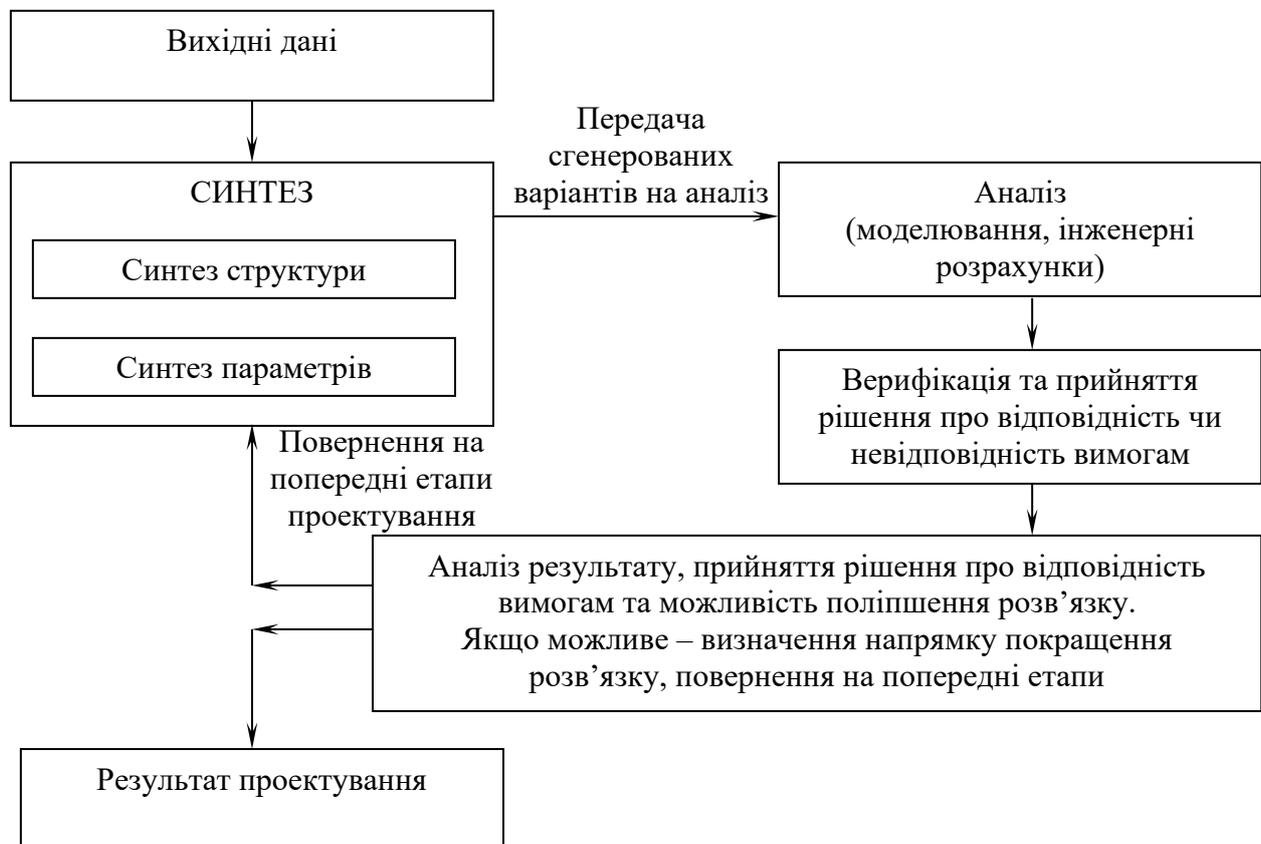


Схема проектування з направленою оптимізацією:



Процес проектування може бути багатоетапним/багатостадійним (містити процедури синтезу, аналізу та верифікації окремо на кожному з етапів). Тоді на кожному з етапів можуть відкидатися ті варіанти, що заздалегідь (апріорно) не задовольняють вимогам, а подальші стадії проектування виконується лише на основі придатних рішень.