

УДК 681.322.05

МЕТОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

канд. техн. наук Мітраховіч М.М.,
доктор техн. наук Федорович О.Є.,
канд. техн. наук Ілошко В.М.

У Державній програмі розвитку озброєння і військової техніки (ДПРОВТ) велика увага приділяється науково-теоретичному обґрунтуванню задач створення нових зразків військової техніки і озброєння, які відносяться до класу складних технічних систем спеціального призначення (СТССП).

Підвищення обороноздатності країни потребує удосконалення процесів проектування СТССП, використання найсучасніших науково-методичних підходів та найновіших комп'ютерних інформаційних технологій.

Сучасний рівень розвитку оборонної техніки поставив ряд задач розробки певних методологічних принципів проектування СТССП, мета яких - забезпечити створення вискоєфективних систем і підвищити ефективність самого процесу проектування. Ця проблема є зараз актуальною у зв'язку зі складністю нових зразків озброєння.

Перелічені обставини доказують актуальність розробки методологічних основ і наукових принципів експертизи та контролю проектування нових зразків військової техніки і озброєння, особливо на початкових етапах.

Основним інструментом дослідження є системний підхід до створюваних зразків військової техніки, оснований на сучасній технології проектування згори вниз. Така стратегія дозволяє істотно зменшити трудоемкість контролю проектів, тому що оцінка коректності розподіляється по рівням, починаючи з самих верхніх, не заграмаджених деталями реалізації. Відсутність вихідних даних та самого

об'єкту проектування на передпроектній стадії вимагає необхідність використання евристичних оцінок, які базуються на знаннях експертів і процедурах експертизи.

У роботі виділені основні системні страти уявлення складних технічних систем спеціального призначення. Проведена послідовна декомпозиція складної технічної системи спеціального призначення. Показано, що стратифікація пов'язує (комплексує) систему горизонтально, а декомпозиція - вертикально.

Запропонована методологія створення складних технічних систем спеціального призначення для початкових етапів розробки не суперечить існуючим сучасним підходам і має наступну схему проектування (рис. 1.)

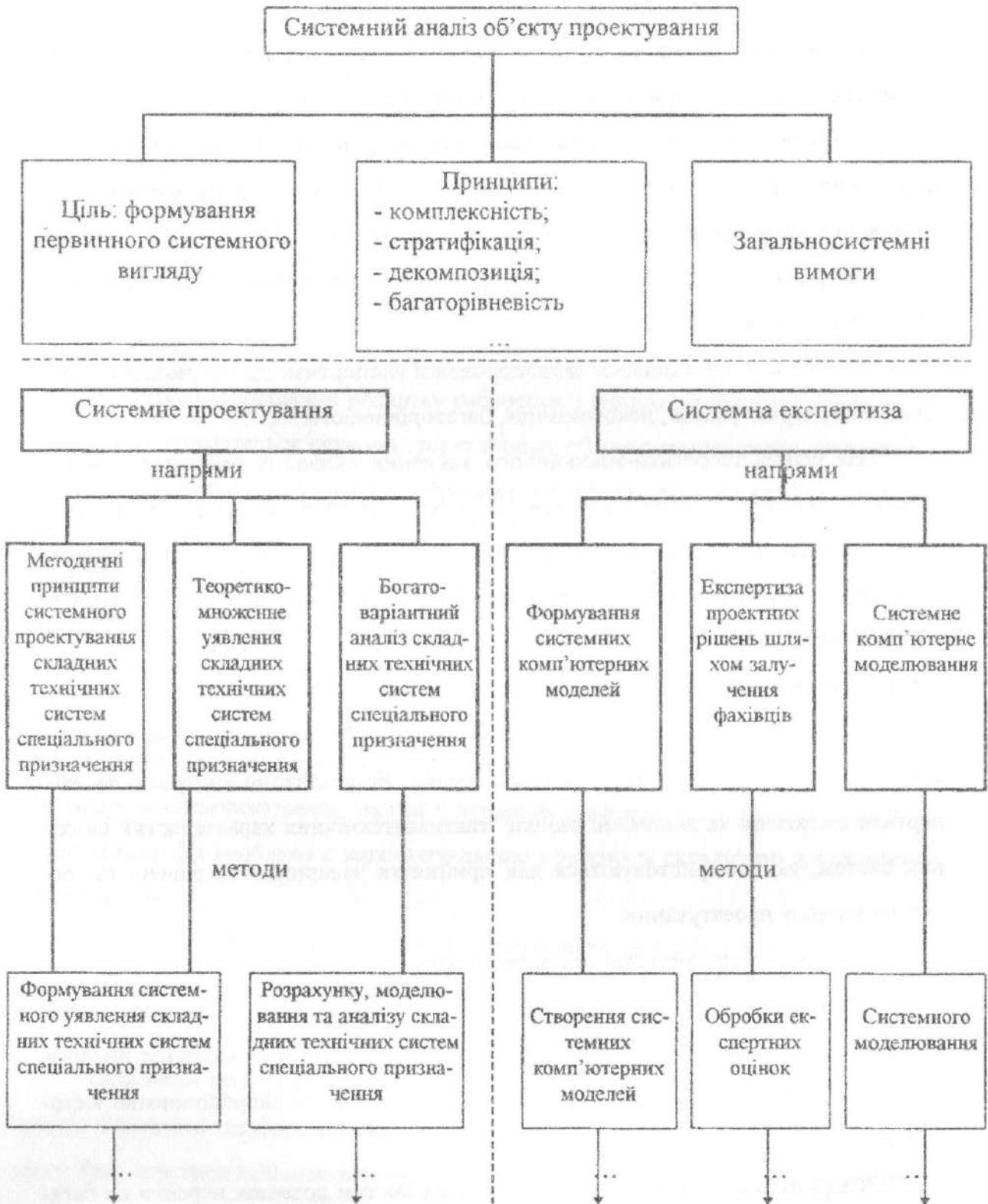
В методології ув'язані напрями системного проектування та системного контролю та експертизи.

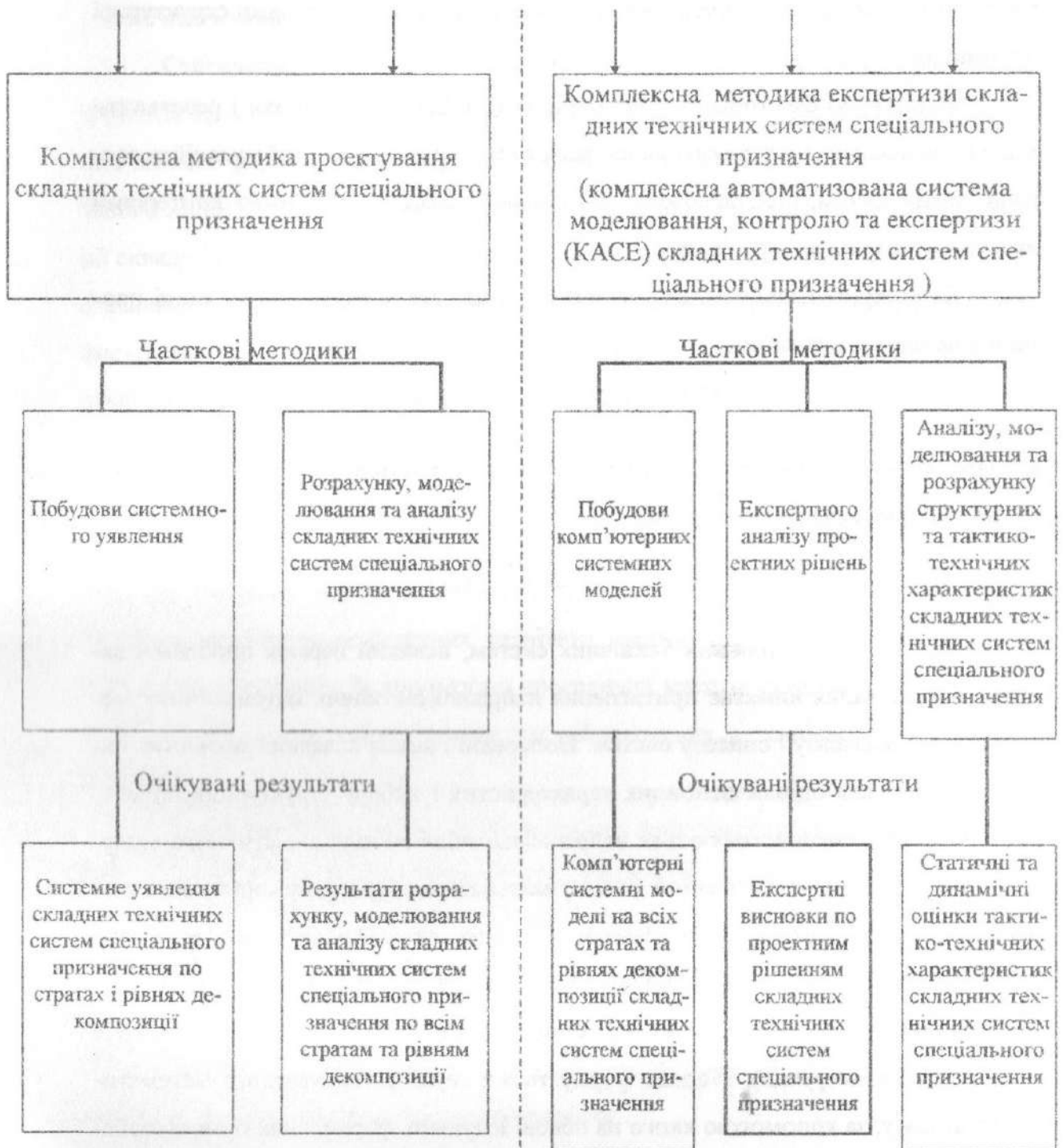
Основними принципами запропонованої експертизи проектування є: комплексність, стратифікація, декомпозиція, багаторівневість.

На основі теоретико-множинного уявлення складних технічних систем формуються системні моделі для контролю та експертизи цільових, структурних та функціональних рішень. Далі напрями переходять в методи проектування, контролю та експертизи, які розподіляються на два класи: системне моделювання та обробка експертних оцінок. Методи контролю та експертизи системно ув'язані в комплексну методику експертизи складних технічних систем спеціального призначення, яка має вигляд комп'ютерної методики проектування та контролю і складається з часткових комп'ютерних методик. Результатами контролю та експертизи є статичні та динамічні оцінки тактико-технічних характеристик складних систем, які використовуються для прийняття завершуючих рішень по подальшому ходу проектування.

Запропонована методологія може бути уявлена морфологічною моделлю дослідження, яка має вигляд системного кубу. На основі аналізу складних систем виділяються рівні декомпозиції та страти аналізу, на яких розглядаються питання контролю проектування за допомогою методів та методик запропонованої методології.

Теоретико-множинне уявлення складних систем дозволяє перейти до багаторівневого аналізу можливих варіантів проектних систем. Для цього за допомогою запропонованого алгоритму формування варіантів формуються варіанти





Продовження рис. 1.

складу, які потім шляхом еквівалентних перетворень приймають вигляд заключного списку варіантів структур технічної системи.

Багатоваріантність проектних рішень приводить до необхідності конструювання оптимізаційних моделей СТССП з метою вибору раціональних варіантів.

При невеликій кількості варіантів можливий повний перебір і аналіз кожного варіанту. В протилежному випадку необхідно скористуватися методами структурної оптимізації.

Розглянемо багаторівневу деталізацію СТССП. Треба обрати і розставити модулі, починаючи з нижнього рівня, раціонально розподілити інформаційні операції таким чином, щоб одержати оптимальний склад за окремими критеріями якості, а потім і по набору взагалі.

Багатокритеріальну задачу розв'язано в два етапи. На першому етапі проведено незалежні оптимізації

$$C^{(k)*} = \min_x C^{(k)}(x), \quad k = \overline{1, m}$$

На другому етапі здійснено багатокритеріальну оптимізацію СТССП з використанням і мінімізацією функції максимуму

$$F(x) = \max_k C^{(k)}(x).$$

Складність створюємих технічних систем, великий перелік проблем і завдань проектування вимагає притягнення найрізноманітніших математичних методів і засобів аналізу і синтезу систем. Попередній аналіз складних технічних систем служить для оцінки основних характеристик і вибору структурних рішень. На цьому етапі використовуються найрізноманітніші методи аналітичного моделювання, включаючи системний аналіз, математичне програмування, мережеві моделі, імовірнісні моделі. Для більшості методів, виключаючи моделі масового обслуговування і мережі Петрі, характерним є відсутність однозначної відповідності (подібності) елементів і зв'язків проектованої системи збудованій моделі (формальній конструкції). Модель формується в термінах конкретного математичного апарату, за допомогою якого на основі існуючих формальних правил здійснюється розрахунок і наступна інтерпретація результатів для тактико-технічних характеристик (ТТХ) складних технічних систем. Звідси слідує приблизність отриманих висновків, можливість використання аналітичних методів для приблизних розрахунків на найранніх етапах проектування складних технічних систем.

Використання імітаційних моделей дозволяє до початку експлуатації складних технічних систем визначити і усунути вузькі місця, оцінити техніко-економічні характеристики.

Системне моделювання, що пропонуються, включає в себе дві складові частини: статичний та динамічний аналізи.

Статичний аналіз проводиться для дослідження і оцінки різноманітності варіантів проектуємої системи. За допомогою ефективного використання графічних засобів формування блокових структур можна одержати варіанти складних технічних систем, що враховують модульність, різноманітність типів і конфігурації складу і структур, багат шаровість складних систем управління. Використання статичного аналізу найдоцільніше на стадії передпроектного дослідження при формуванні цілей і завдань і побудові блокових структур проектуємої складної технічної системи.

Одержані на першому етапі варіанти деталізуються і розраховуються за допомогою динамічного аналізу. Другий етап служить для докладної імітації функціонування майбутньої системи. Тут на основі розвитку методів і засобів імітаційного моделювання розроблена принципово нова концепція, що пов'язана з програмним макетуванням складних технічних систем, утворенням системи імітаційного моделювання. За допомогою програмних макетів складних технічних систем розраховується ряд характеристик, обумовлених в технічному завданні на систему.

В роботі сформульована нова концепція програмного візуального системного моделювання, за допомогою якої дослідження складних технічних систем проводиться безпосередньо розробником через розвинутий інтерфейс і програмний макет складної технічної системи, що настроюється їм. Така концепція дозволяє :

- забезпечити прямий контакт розробника із моделлю, що створюється, без участі професійно підготовленого програміста;
- повністю автоматизувати дослідження складних технічних систем;
- поширити набір можливих варіантів (проектів) дослідження і добитися універсальності в моделюванні складних технічних систем;
- створити систему (базу) знань складних технічних систем.

Для забезпечення коректності проектування складних технічних систем спеціального призначення запропонована методика контролю всього технологічного процесу і проектних рішень як за рівнями декомпозиції, так і за системними

стратами. В роботі запропонована методика контролю проектних рішень з урахуванням знань експертів.

Суб'єктами експертизи є експерти і головний проектувальник, який виступає у ролі особи, що приймає рішення. Задачі, які не піддаються формалізації, вирішуються за допомогою експертних процедур. Деякі задачі, для яких можна визначити більш докладнішу вхідну інформацію, розв'язуються за допомогою формалізованих алгоритмів. Результати, отримані за допомогою приведених методів, є попередніми, вони служать рекомендаціями, які потім перевіряються, обробляються та уточнюються методами моделювання.

Так як проектування складних систем робиться в умовах невизначеності та неоднозначності, обчислюється ступінь невизначеності опису проектуємої системи порівняно з описом аналогів. Вважається, що аналоги мають більш визначений опис, так як є в більшості вже діючими системами. В залежності від обчисленої міри невизначеності в подальшому використовуються ті чи інші методи експертизи та контролю.

В методології експертизи і контролю ходу розробки проекту складної технічної системи закладені наступні діючі ідеї - перевірка правильності технологічного процесу проектування і перевірка кожного стратифікованого проектного рішення двома методами - методом експертних оцінок і методом системного і імітаційного моделювання. Перевірки реалізованості процесу проектування складних технічних систем здійснюються в розробці сценарію експертизи і контролю правильності ходу проектування. Перевірка проектних рішень здійснюється спочатку методом експертних оцінок, а потім побудовою відповідних системних моделей по кожній страті проектних рішень. Після цього на отриманій системній моделі проводиться моделювання на відповідність часткових тактико-технічних характеристик елементів системи тактико-технічним вимогам на складну технічну систему в цілому.

Основні результати роботи використовувались при виконанні ряду науково-дослідних та конструкторських робіт в рамках Державних програм Міністерства Оборони при розробці складних систем спеціального призначення.