

ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРСПЕКТИВНИХ АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

Інститут інформатики Національного авіаційного університету

Розглядається методологія формування перспективних авіаційно-космічних систем, технологія проведення науково-технічних досліджень і інтенсифікації обчислювальних етапів при формуванні технічного вигляду космічних транспортних засобів різного цільового призначення.

Постановка проблеми

Розробка авіаційно-космічних систем (АКС), орієнтованих на практичну реалізацію, ведуться в США, Росії, Україні, Франції, Німеччині, Великобританії, Японії та у інших країнах. Створення перспективних АКС припускає необхідність проведення поглибленого опрацювання ряду основних науково-технічних проблем, від яких багато в чому залежить технічний вигляд АКС і успіх її застосування. Однією з таких проблем є дослідницький процес, його зміст, організація і шляхи інтенсифікації.

Центральне місце в дослідницькому процесі займає проблема створення, по можливості універсальної високоефективної методології проведення науково-технічних досліджень (НТД) і інтенсифікації її обчислювальних етапів при формуванні технічного вигляду АКС.

Характеристика розвитку інформаційно-методичного забезпечення процесу науково-технічних досліджень і проблемні питання сучасного етапу

Аналіз інформаційно-методичного забезпечення процесу НТД і розробки перспективної АКС (на фоні безупинного росту їхньої номенклатури, складності і працемісткості) показує, що існуючі підходи до наукового обґрунтування технічного вигляду АКС засновані на використанні одноцільової процедури для рішення, власне кажучи одного характерного

(розрахункового чи номінального) завдання. При цьому використовується ідеологія параметричного синтезу з використанням традиційних пошукових методів оптимізації. У цих умовах, звичайно, зростає і ціна можливих помилок проектування, особливо на його попередніх етапах при формуванні технічного завдання та попередньому проектуванні, виправити які практично неможливо на етапі експлуатації.

Сучасний етап розвитку інформаційно-методичного забезпечення процесу НТД і проектування перспективних АКС [3, 4] характеризується такими проблемними питаннями:

- істотно ускладнився об'єкт дослідження, тому що для вирішення поставленої задачі неможливо обмежитися дослідженням космічного комплексу тільки одного типу, а необхідно аналізувати взаємодії АКС різних типів;
- виникла нова дослідницька задача – цілеспрямований пошук, порівняння і вибір кращої технічної концепції АКС серед принципово можливих і заздалегідь невідомих альтернатив;
- різко ускладнилась проблема формування технічного вигляду багаточільових комплексів, призначених для ефективного рішення широкої номенклатури розрахункових задач;
- виникла проблема переходу до нових оптимізаційних моделей і методик, заснованих на ідеях багатокритеріальної оптимізації;

• виникнення принципово нової політичної ситуації, у країнах СНД після розвалу СРСР, визначила ще більш жорсткі вимоги до оптимізації НТД.

Рішення цих проблемних питань поставили крім задач традиційного математичного і технічного забезпечення питання методологічного характеру, які пов'язані з формалізацією самого процесу проектування як процесу прийняття багатоеlementного рішення при формуванні й обґрунтуванні технічного вигляду АКС.

Методологія формування й обґрунтування технічного вигляду авіаційно-космічних систем

Сучасний етап розвитку АКС неможливо уявити без автоматизації (на базі обчислювальної техніки) процесу формування її технічного вигляду. Однак формування перспективного зразка – це не тільки генерування ідеї його побудови, але й обґрунтування способу його реалізації.

Сучасна постановка задачі формування й обґрунтування (оптимізація) технічного вигляду АКС є задачею багатокритеріального параметричного синтезу і включає:

- вибір і обґрунтування мети оптимізації;
- узгодження мети з наявними можливостями, тобто облік обмежень;
- реалізація способу досягнення мети (експериментального значення критерію якості) при обліку обмежень.

Постановка завдання. На самих ранніх етапах розробки проектувана система однозначно визначається сукупністю оптимізаційних параметрів [1]:

$$y = \{y_j\}_{j=1}^q.$$

З аналізу прогнозованих умов створення і застосування системи виявляється система параметричних обмежень на чисельне значення кожної характеристики з їхньої сукупності у виді:

$$\alpha_{jn} \leq y_j \leq \alpha_{jv}, \quad j = \overline{1, q}, \quad (1)$$

де α_{jn} , α_{jv} – відповідно припустимі нижня і верхня границі зміни чисельного значення y_j -й характеристики.

Якість системи оцінюється по сукупності суперечливих окремих критеріїв, що представляють собою функції параметрів y і утворюючих m -мірний вектор f

$$f = f(y) = \{f_k(y)\}_{k=1}^m. \quad (2)$$

Мається можливість одержання рівнянь регресії, що дозволяють визначати чисельні значення окремих критеріїв (показників ефективності) від оптимізаційних параметрів. Потрібно визначити такі значення параметрів:

$$y^* = \{y_j^*\}_{j=1}^q,$$

при яких оптимізується вектор критеріїв (2) при відомих обмеженнях (1).

Основною метою удосконалювання методології формування технічного вигляду технічних систем є підвищення ефективності проведення досліджень при реалізації заданих цільових програм створення і застосування АКС (скорочення термінів і працемісткості проведення досліджень) за рахунок розробки і впровадження універсальної інтенсивної обчислювальної технології при визначенні вигляду й основних характеристик системи, яка забезпечує зменшення числа ітерацій і обґрунтоване скорочення області пошуку рішень (варіантів АКС).

Методика проведення досліджень по обґрунтуванню вимог до перспективної авіаційно-космічної системи

Процес проектування перспективних АКС умовно можна розділити на три етапи: «зовнішнє» проектування, «формування вигляду» технічної системи і «внутрішнє» проектування. У процесі «зовнішнього» проектування конкретизуються цілі та задачі, які повинна вирішувати система, і визначаються вимоги до основних характеристик і якостей системи, що забезпечує досягнення цих цілей. Задачею «внутрішнього» проектування є реалізація (у виді комплексу технічних пристроїв, систем, вузлів і агрегатів, що представляють у цілому саму систему) основних проектних параметрів системи (технічного вигляду), які додають

їй необхідні якості. Основною задачею етапу «формування вигляду» є генерування (на рівні основних конструктивних параметрів) безлічі альтернативних варіантів системи, що проектується, яке враховує, з одного боку, можливості «внутрішнього» проектування і задовольняючи, з

іншого боку, (у рамках цих можливостей) вимогам «зовнішнього» проектування. На цьому етапі будується коректне у вищезгаданому змісті безліч варіантів системи, серед яких варто шукати варіант, що забезпечує досягнення цілей, які поставлені на рівні «зовнішнього» проектування.

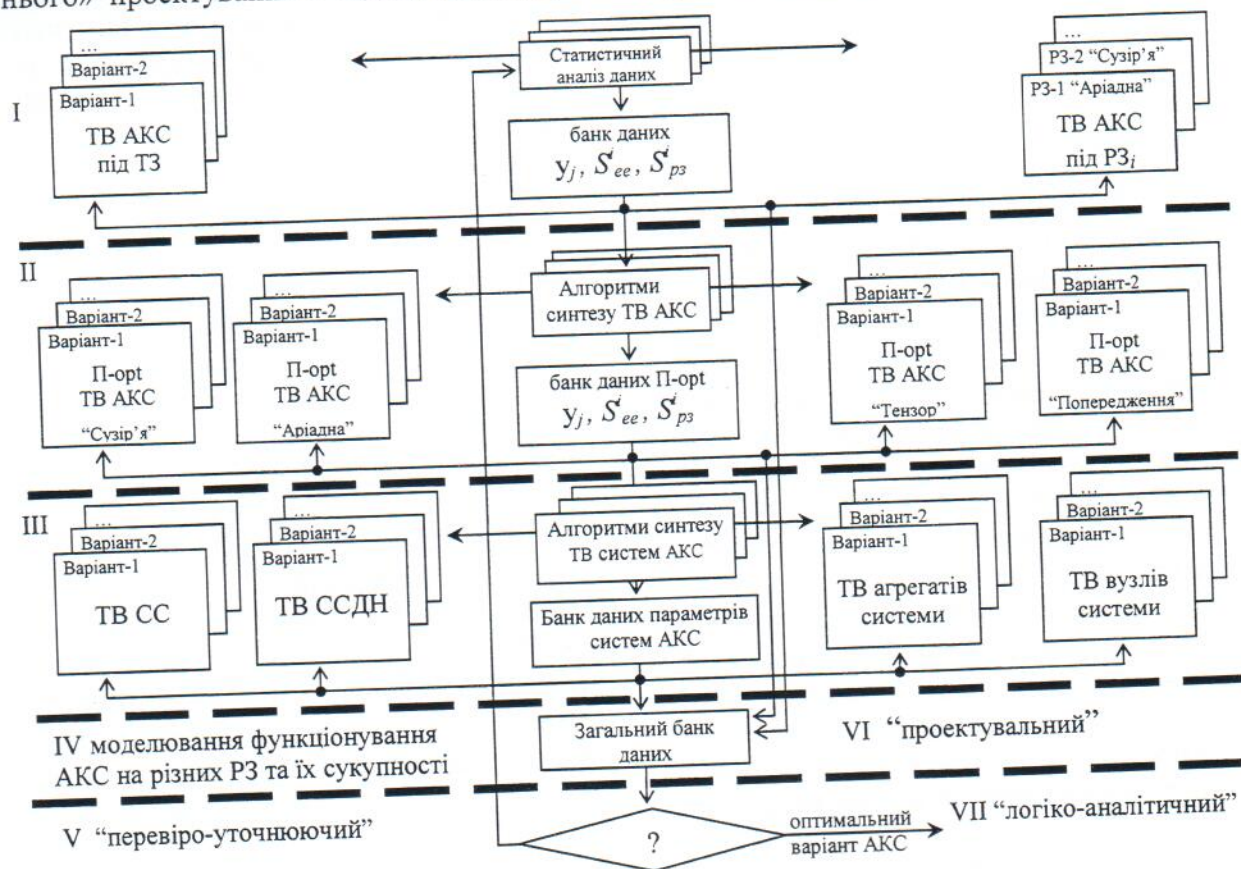


Рис. 1. Загальна методика проведення досліджень

Аналіз вищезгаданих етапів дозволяє сформулювати конструктивну загальну методичку проведення досліджень по обґрунтуванню вимог до перспективної АКС (рис. 1). Запропонована методика включає сім етапів [2].

На першому етапі проводяться дослідження, які спрямовані на синтез технічного вигляду різних варіантів АКС «під технічне завдання» для вирішення «номінальної розрахункової задачі», що забезпечує виконувальність заданої сукупності цільових програм, а також варіантів системи під конкретні розрахункові задачі (P3) – цільові програми. Використовуються оптимізаційні математичні моделі синтезу АКС під задані тактико-технічні

характеристики (ТТХ) і оцінки зміни вимог до ТТХ на його технічний вигляд.

У ході досліджень на цьому етапі інформація оформлюється у вигляді банку даних, а потім оброблюється відомими методами математичної статистики з метою одержання регресійної моделі (системи моделей) синтезу технічного вигляду АКС. На виході етапу формується рівняння (чи сукупність рівнянь), яке дозволяє визначити чисельне значення обраного показника (показників) ефективності основних ТТХ.

В якості показників ефективності на цьому етапі в роботі використовується критерій економічної ефективності АКС (See), що має зміст вартості розробки

складної технічної системи (Срозр), і критерій цільової ефективності – ефективності вирішення розрахункової задачі (Срз), що має зміст вартості виконання транспортної програми (Стп).

Принципова особливість такої організації проведення дослідження на першому етапі й успішність його проведення полягає в тому, що регресійні моделі синтезу вигляду АКС можуть бути створені лише при наявності детальних оптимізаційних моделей, що адекватно описують об'єкт дослідження.

У запропонованій технології проведення обчислювального експерименту кількість варіантів технічної системи (що формуються по детальним моделям синтезу) різко скорочується. Це відкриває широкі можливості по використанню самих складних і точних оптимізаційних моделей синтезу технічного вигляду перспективних систем різних компоновальних схем.

В якості аргументів критеріальних функцій використовуються узагальнені характеристики (для АКС – це маса корисного навантаження, маса палива, маса одноразових елементів АКС, ресурс, кут нахилу траєкторії при відділенні орбітальної ступіні тощо).

Другий етап досліджень забезпечує одержання оптимальних по Парето варіантів вигляду АКС, що реалізують конкретні цільові програми з використанням методів і алгоритмів. Накопичена в ході досліджень на цьому етапі інформація оформлюється у виді банку даних.

На виході цього етапу формуються ефективні (у змісті Парето) варіанти АКС і відповідні їм чисельні значення критеріїв, по сукупності яких синтезувався вигляд системи: критеріям економічної і цільової ефективності. Остаточний вибір кращого варіанта АКС із паретооптимальної області здійснюється дослідником з використанням неформалізованих (евристичних) прийомів традиційних методів.

На третьому етапі досліджень проводиться синтез технічних виглядів систем і її підсистем. При цьому в якості вхідної інформації використовуються оптимальні по Парето концептуальні ТТХ технічної системи вже в змісті критеріїв оптимальності синтезованих систем і алгоритмів.

Четвертий етап охоплює дослідження, спрямовані на аналіз процесу функціонування на окремих РЗ і їх сукупності в інтересах одержання оцінки ефективності АКС при вирішенні розрахункових задач. Ціль досліджень на даному етапі – накопичення необхідної інформації про вплив зміни ТТХ і умов застосування на чисельне значення критерію ефективності АКС на фоні вирішення кожної із сукупності РЗ. Тут здійснюється пошук і визначення раціонального вигляду системи для окремих РЗ (вибір оптимальних ТТХ комплексів), а також на їх сукупності (вибір оптимальних ТТХ багатоцільових комплексів). Інформація про вхідні і вихідні параметри функціонування АКС при рішенні РЗ (одержана, як правило, на імітаційних моделях) оформлюється у вигляді іншого банку даних. З метою отримання регресійної моделі (чи системи таких моделей) процесу функціонування АКС інформація банку даних оброблюється відповідними методами прикладного статистичного аналізу.

Метою п'ятого, «перевіро-уточнюючого» етапу досліджень є облік таких специфічних факторів процесу функціонування, як надійність АКС і їх елементів, ремонтпригодність, рівень експлуатаційної технологічності, умови базування, а також ряд інших факторів, що виявляються лише при оцінці функціонування АКС на фоні вирішення конкретних задач. Основні показники ефективності на цьому етапі – вартість рішення сукупності РЗ, вартість і чисельність витрат, чисельність пусків.

Шостий етап досліджень орієнтований на рішення задач вищестоячого ієрархічного рівня. Об'єктом дослідження на цьому етапі є сукупність складних систем різних технічних концепцій (наприклад, одно- і багаторазові ракетно-космічні комплекси й авіаційно-космічні комплекси, багаторазові повітряно-космічні літаки), які забезпечують можливість вирішення всієї номенклатури РЗ з урахуванням необхідності створення технічних систем в інтересах оборони і народного господарства. На цьому етапі досліджень основним критерієм вибору найкращого варіанта технічної системи є вартість рішення з заданим рівнем ефективності всієї номенклатури задач за умови дотримання обмежень на сумарні асигнування.

Сьомий етап досліджень є в істотній мірі менш формалізованим. На цьому етапі логіко-аналітичними методами з урахуванням всієї інфраструктури авіаційно-космічної галузі проводиться аналіз отриманих результатів шляхом зіставлення отриманого результату обчислювального експерименту «ідеального» варіанту побудови АКС і технічних виглядів, що входять у різні концепції з урахуванням реальних можливостей промисловості на прогнозований період часу. Результати такого зіставлення можуть привести до перегляду системи обмежень, прийнятих у дослідженні, у рамках яких здійснюється пошук раціонального технічного вигляду АКС. У цьому випадку процес дослідження повторюється. Таким чином, весь дослідницький процес носить яскраво виражений ітераційний характер.

Висновки з результатів аналізу методики проведення досліджень і перспектива її розвитку

Аналізуючи вищеописану узагальнену методику проведення НТД, необ-

хідно відзначити ряд принципових положень, характерних для цієї структури. Структура методики: є досить універсальною і може застосовуватися в дослідженнях з визначенням технічного вигляду й основних ТТХ авіаційно-космічних комплексів різного цільового призначення і різних класів; реалізується як на етапі довгострокового (15-20 років) прогнозу розвитку АКС при виборі їх раціональної технічної концепції, так і на етапі середньострокового (5-10 років) прогнозу – при уточненні технічного вигляду й основних ТТХ розроблювальних систем; у визначеній мері має властивості уніфікованості, тому що ряд блоків (і цілі фрагменти структури) використовуються не на одному, а на ряді етапів досліджень; орієнтована на перспективу розвитку обчислювальної бази і, зокрема, на використання багатопроцесорних ЕОМ і мереж ЕОМ при проведенні досліджень.

Список літератури

1. *Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Козлов О. І., Чабанюк В. С.* Векторна оптимізація динамічних систем. – К.: Техніка, 1999. – 284 с.
2. *Воронин А. Н., Зиятдинов Ю. К., Марченко А. В., Осташевский В. В.* Сложные технические и эргатические системы: методы исследования / Монография. – Харьков: Факт, 1997. – 240 с.
3. *Ставропольский И. Б.* Методы технико-экономического обоснования облика авиационных комплексов при поисковом проектировании. НИИЭПУ, 1986. – Вып. 2. – С. 114-117.
4. *Мышкин Л. В.* С-критерии определения оптимальных параметров ЛА с учетом будущего времени, эффективности и стоимости. – М.: ВВИА, 1986. – 304 с.