

УДК 351.864

МАВРЕНКОВ О.Є., начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

ЛЕЖЕНІН С.І., начальник науково-дослідного управління, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

УЛІЗЬКО В.І., начальник науково-дослідного відділу

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО БОЙОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА, ЩО ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ, З УРАХУВАННЯМ ЙОГО ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ, ВАРТОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ РЕАЛІЗОВНОСТІ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Представлено результати досліджень по розробленню та апробації методичного апарату оптимізації заданих рівнів тактико-технічних характеристик бойового ЛА на основі методу дослідження простору параметрів та теорії планування експерименту

Ключові слова: варіант модернізації, оптимізація, коефіцієнт бойового потенціалу, вартість, техніко-технологічна реалізованість

Методика оптимізації тактико-технічних вимог до бойового ЛА передбачає визначення оптимального варіанту його модернізації, який забезпечує заданий рівень його коефіцієнта бойового потенціалу з урахуванням обмежень на вартість модернізації та рівень техніко-технологічної реалізованості варіанту модернізації.

В основу методики оптимізації тактико-технічних вимог до бойового ЛА покладається метод багатокритеріальної оптимізації складних технічних систем, заснований на аналізі ефективної області рішень у факторному просторі, яка побудована з використанням теорії планування експерименту [1]. Даний метод є подальшим розвитком відомої методології дослідження простору параметрів, яка була розроблена в таких авторитетних наукових закладах, як "Институт машиноведения АН СССР им. Благонравова" та "Институт прикладной математики АН СССР им. Келдыша" [2, 3]

При цьому факторний простір, на відміну від простору параметрів, включає як технічні параметри, так і характеристики структурної будови системи, тобто величини, що відображають склад і функціональні зв'язки у системі. Включення до переліку факторів характеристик структури, тобто кількісних та якісних характеристик різних типів і модифікацій елементів, варіантів блоків, підсистем, дозволяє розширити область застосування метода дослідження простору параметрів і вирішувати задачу оптимального вибору не тільки параметрів системи, як це

робиться у класичній постановці, але й одночасно обґрунтовувати функціональну структуру технічної системи [1].

Весь комплекс факторів, що описують варіанти технічної системи, утворює n -мірний простір, який складається з точок V з декартовими координатами

$$V(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (1)$$

Кожний конкретний набір X_j складає один з можливих варіантів реалізації технічної системи – точку в області M_δ допустимих варіантів, яка відповідає системі певної структури та з певними технічними параметрами.

Для подальшого визначення області M_e ефективних варіантів у факторному просторі для кожного з варіантів системи, тобто для кожної точки V у n -мірному просторі факторів X , необхідно розрахувати значення всіх показників (критеріїв) якості, за якими здійснюється вибір ефективних (парето-оптимальних) варіантів систем. На цьому етапі для зменшення розмірності задачі без втрати необхідної точності оцінок застосовується методичний апарат теорії планування експерименту.

Визначення оптимального (компромiсного, раціонального) варіанту системи з області M_e може бути здійснено за допомогою відомих у теорії оптимальності методів, зокрема, наведених у [1].

Загальну блок-схему методики оптимізації тактико-технічних вимог до бойового ЛА наведено на рис. 1.

Як показники якості бойового ЛА, що модернізується, приймаються:

K_{iv}^M – коефіцієнт бойового потенціалу як показник військово-технічного рівня i -го типу ЛА, що модернізується за v -им варіантом, по відношенню до цього ж ЛА, до його модернізації;

C_{iv}^M – вартість v -го варіанту модернізації i -го типу ЛА як показник фінансових витрат, пов'язаних з удосконаленням ЛА;

Q_{iv}^M – техніко-технологічна реалізованість v -го варіанту модернізації i -го типу ЛА як показник успішності реалізації науково-технічного проекту модернізації складної технічної системи.

При цьому задача розглядається у постановці багатокритеріальної безумовної оптимізації, коли критеріальними обмеженнями виступають напрями оптимізації за кожним показником (вимога його збільшення, або зменшення):

підвищення військово-технічного рівня i -го типу ЛА, що модернізується за v -им варіантом

$$K_{iv}^M \rightarrow \max; \quad (2)$$

зменшення фінансового ресурсу, що виділяється на модернізацію базового ЛА

$$C_{iv}^M \rightarrow \min; \quad (3)$$

збільшення рівня техніко-технологічної реалізованості проекту модернізації i -го типу ЛА за v -им варіантом

$$Q_{iv}^M \rightarrow \max. \quad (4)$$

При цьому, за базовий модернізований ЛА приймається ЛА у варіанті до його модернізації. Граничний рівень реалізованості визначається величиною максимально

допустимого граничного ризику комплексування нових систем (блоків, елементів тощо) в процесі модернізації ЛА та встановлюється згідно з рекомендаціями теорії ризиків [4].

У якості факторів, що описують бойовий ЛА як об'єкт модернізації, вибираються альтернативні варіанти реалізації його підсистем, блоки (вузли) чи/та елементи, які можуть бути встановлені на ЛА в процесі його модернізації.

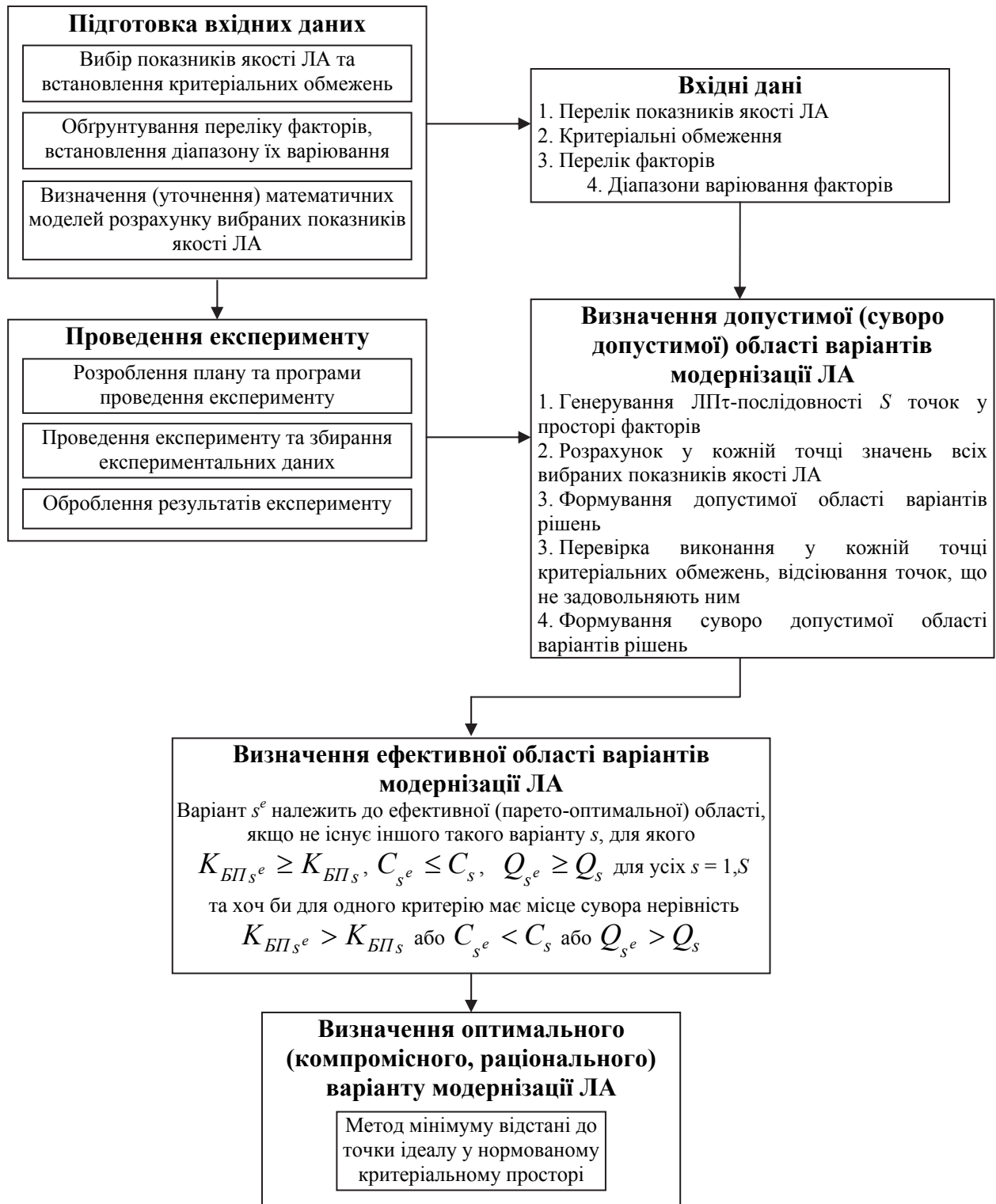


Рис. 1. Загальна блок-схема методики оптимізації тактико-технічних вимог до бойового ЛА

Визначення допустимої області варіантів модернізації ЛА здійснюється на основі зондування n -мірного простору факторів точками послідовності, що рівномірно розподілені в цьому просторі. На сьогодні найбільше застосування для багатомірного зондування знайшла рівномірно розподілена ЛПт-послідовність [3].

Визначення суворо допустимої області варіантів модернізації ЛА здійснюється шляхом відсіювання точок з допустимої області, що не задовольняють установленим критеріальним обмеженням.

Формування ефективної області варіантів модернізації ЛА здійснюється за відомим правилом визначення парето-оптимальних альтернатив, за яким варіант модернізації ЛА v^e належить до ефективної (парето-оптимальної) області, якщо не існує іншого такого варіанту v , для якого $K_{БПv^e} \geq K_{БПv}$, $C_{v^e} \leq C_v$, $Q_{v^e} \geq Q_v$ для усіх $v = 1, V$ та хоч би для одного критерію має місце суворі нерівність $K_{БПv^e} > K_{БПv}$ або $C_{v^e} < C_v$, або $Q_{v^e} > Q_v$.

Розрахунок коефіцієнта бойового потенціалу ЛА, що модернізується, здійснюється за методикою, заснованою на теорії кваліметрії та математичному апараті оцінювання технічного рівня по співвідношенню основних показників технічної досконалості оцінюваного та базового (еталонного) ЛА з урахуванням відносної важливості цих показників [5].

Розрахунок вартості варіанту модернізації ЛА здійснюється за відомим методом калькуляції статей витрат [6].

Розрахунок техніко-технологічної реалізованості варіанту модернізації ЛА пропонується здійснювати за методикою [7].

За результатами апробації запропонованої методики, при визначенні оптимального варіанту модернізації літака Су-25, область допустимих варіантів складала 2048 критеріальних точок, з них за принципом Парето виділено 19 ефективних варіантів. Область ефективних (парето-оптимальних) варіантів модернізації було звужено до 7 варіантів шляхом накладення додаткової умови на величину реалізованості варіанту модернізації ($Q_{iv}^M \geq 0,8$) [4].

Визначення компромісного (раціонального) варіанту модернізації з числа ефективних (парето-оптимальних) здійснюється за методом мінімуму відстані t_{iv}^{TI} до точки "ідеалу" в нормованому критеріальному просторі за умови:

$$t_{iv}^{TI} = \sqrt{(1 - \bar{K}_{iv}^M)^2 + (\bar{C}_{iv}^M)^2 + (1 - \bar{Q}_{iv}^M)^2} \rightarrow \min, \quad (5)$$

де \bar{K}_{iv}^M , \bar{C}_{iv}^M , \bar{Q}_{iv}^M – нормовані значення відповідних показників якості ЛА

Нормування показників ПЗ здійснюється з метою приведення їх значень до однієї шкали виміру за такою загальною формулою:

$$\bar{k} = \frac{k - k_{\min}}{k_{\max} - k_{\min}}, \quad (6)$$

де \bar{k} – нормоване значення показника; k_{\max} – максимальне значення показника у виборці; k – натуральне значення показника; k_{\min} – мінімальне значення показника у виборці.

При цьому у критеріальний простір вводиться точка, що відповідає літаку Су-25, модернізованому за повним варіантом (Су-25М2), який включено до проекту програми оновлення АТ на період до 2020 року. Ця точка має координати, що відповідають значенням показників якості літака Су-25М2 – (1,71;1,41;0,85).

Результати визначення компромісного (раціонального) варіанту модернізації літака Су-25 приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Варіант модернізації	Натуральні значення показників якості ЛА			Нормовані значення показників якості ЛА			Відстань до точки "ідеалу"
	K_{iv}^M	C_{iv}^M	Q_{iv}^M	\bar{K}_{iv}^M	\bar{C}_{iv}^M	\bar{Q}_{iv}^M	
1	2,52	1,90	0,86	0,453	0,380	0,750	0,712
2	2,89	1,90	0,83	0,659	0,380	0,375	0,807
3	2,92	2,06	0,86	0,676	0,504	0,750	0,649
4	3,50	2,32	0,80	1,000	0,705	0,000	1,224
5	2,71	2,49	0,86	0,559	0,837	0,750	0,979
6	2,71	2,61	0,86	0,559	0,930	0,750	1,060
7	3,45	2,70	0,82	0,972	1,000	0,250	1,250
Су-25М2	1,71	1,41	0,85	0,000	0,000	1,000	1,000

З табл. 1 видно, що найменше значення показника t_{iv}^{TI} має варіант модернізації літака Су-25 під номером 3, що передбачає удосконалення літака за рахунок установлення: оптико-електронної прицільної станції в контейнерному варіанті виконання для застосування авіаційних засобів ураження з телевізійними та тепловізійними (інфрачервоними) головками самонаведення; удосконаленої системи пасивного захисту; станції оптико-електронної протидії атакуючим ракетам з інфрачервоними головками самонаведення; станції радіотехнічної розвідки з можливістю застосування протирадіолокаційних ракет; приймача супутникової навігаційної стреми з новим навігаційним обчислювачем; авіаційних двигунів, дороблених у напрямках підвищення тяги та стійкості роботи при застосуванні авіаційних засобів ураження; індикатора на лобовому склі типу ИЛС-31.

Реалізація вказаних технічних пропозицій по модернізації літака Су-25 дозволяє підвищити його військово-технічний рівень майже у 2 рази у порівнянні з немодернізованим літаком, що майже на 60 % більше, ніж підвищення військово-технічного рівня за повним варіантом модернізації літака Су-25 (Су-25М2), який включено до проекту програми оновлення АТ на період до 2020 року. Орієнтовна (розрахункова) вартість компромісного (раціонального) варіанту модернізації літака Су-25 складає 2,06 млн. дол. США, що майже у 1,5 рази більше за вартість його модернізації за повним варіантом.

Таким чином, за кошти, передбачені на модернізацію літаків Су-25 за повним варіантом, можна модернізувати за раціональним (компромівним) варіантом меншу на 33 % кількість літаків, але з урахуванням підвищення військово-технічного рівня ця менша кількість літаків забезпечить збільшення на 17 % значення показника рівня бойового потенціалу штурмової авіації Повітряних Сил ЗС України в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Попов И.А. Исследование и проектирование больших технических систем. / Попов И.А., Скворцов В.В., Мицитис А.К. – К.: КИ ВВС, 1995. – 252 с.
2. Соболев И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями. / Соболев И.М., Статников Р.Б. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ДРОФА, 2006. – 175 с.
3. Статников Р.Б. Многокритериальное проектирование машин. / Статников Р.Б., Матусов И.Б. – М.: Знание, 1989. – 45 с.
4. Шапкин А.С. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций: учебник / Шапкин А.С., Шапкин В.А. – М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и Ко", 2005. – 880с.
5. Мавренков О.Є. До питання оцінювання коефіцієнта бойового потенціалу літального апарату, що модернізується / Мавренков О.Є. // Зб. наук. праць ДНДІА. – К., 2007. – Вип.10. – С. 102 -105.
6. Саркисян С.А. Экономика авиационной промышленности: Учебн. для авиац. спец. вузов. / Саркисян С.А., Старик Д.Э. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 320 с.
7. Мавренков О.Є. Методичний підхід до оцінювання техніко-технологічної реалізованості варіантів модернізації бойових літальних апаратів. – Стаття у цьому збірнику.

Надійшла до редакції 30.10.2015