

БОРОДІН О.Д., старший науковий співробітник, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ КРАЩОГО ЗРАЗКА БОЙОВОГО ЛІТАКА З АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ

У статті наведено методичний підхід до вибору кращого зразка бойового літака з альтернативних варіантів на основі багатокритеріальної оптимізації

На сьогодні, за умов фізичного та морального старіння парку бойових літаків виникає необхідність вирішення ряду задач, пов'язаних з переозброєнням авіації Повітряних Сил Збройних Сил України.

Зокрема виникає необхідність визначення кращих зразків бойових літаків відповідно до їх типу, виконуваних завдань, умов застосування тощо з використанням певних методичних підходів.

Методичні підходи до визначення кращого варіанта бойового літака в основному базуються на існуючих методах розрахунку [1, 2], як правило, єдиного показника (критерію) якості (бойової ефективності або вартості тощо) того чи іншого варіанта літака, що розглядаються, та порівнянні одержаних результатів.

Процес ведення розрахунків та, відповідно, отримання результатів носить, як правило, ітераційний характер. Він в певній мірі дозволяє визначити переваги одного варіанта бойового літака над іншим та виділити доцільний варіант. Але такі підходи до вирішення поставленої задачі щодо визначення кращого варіанта бойового літака можуть бути використані з певними обмеженнями.

Процес ухвалення рішення щодо кращого зразка бойового літального апарату, який є складною технічною системою, припускає визначену схему реалізації певної задачі [3...8]. Основна її суть має полягати в тому, що з множини альтернативних варіантів необхідно виділити такий, щонайкраще задовольняє поставленим перед ним вимогам, особливо показникам якості (призначення). Тому загальна постановка задачі системного дослідження щодо вибору (проектування) кращого зразка бойового літака повинна розглядатися як задача визначення оптимально функціонуючого його варіанта на основі дискретної оптимізації [3, 4, 7, 8].

У випадку, коли для оцінки якості бойового літака приймається який-небудь один показник k_ν , $\nu = 1$, задача зводиться до скалярної оптимізації. За таким підходом, порівнюючи будь-які два чи більшу кількість розглянутих варіантів літака за результатами отриманих рішень щодо значень обраного показника якості, можна виділити оптимальний варіант.

У тих випадках, коли якість бойового літака характеризується комплексом показників k_ν ($\nu = 1, M; M \geq 2$) має місце складне рішення задачі, а саме – векторна оптимізація (векторний синтез [7, 8]).

При векторній оптимізації з'являється ряд додаткових складностей, зумовлених

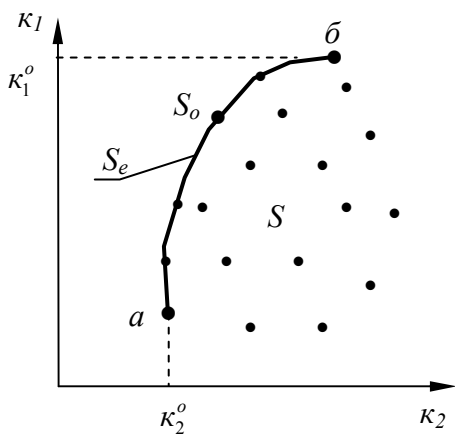
суперечливістю вимог до показників якості та можливістю здійснення порівняння альтернативних варіантів літаків у цілому. У такому випадку для вибору оптимального варіанта літака повинний бути обраний (попередньо обґрунтований) певний критерій оптимальності, тобто правило, на підставі якого значення вектора показників якості κ_ν одного варіанта бойового літака можна вважати краще іншого.

Метою статті є розробка методичного підходу до порівняння альтернативних варіантів бойових літаків за декількома показниками якості та отримання даних щодо кращого варіанта з використанням умовного критерію переваги.

Для рішення задачі багатокритеріальної оптимізації потрібно [3, 4, 7] оцінювання та порівняння альтернативних (можливих) варіантів літаків S за множиною показників κ_ν . Для оцінювання можна використовувати певні математичні моделі [1, 2], а для порівняння доцільно застосовувати при вирішенні задачі оптимізації на *min* (*max*) показника ефективності [6, 7, 8], зокрема, бінарні співвідношення типу

$$\kappa_\nu(S) \leq (\geq) \kappa_\nu(S_e). \quad (1)$$

За результатами такого оцінювання та порівняння варіантів літаків по ряду показників якості κ_ν можна з множини S (рис. 1, $\nu = 1, 2$, у випадку коли по κ_1 задача



вирішується на максимізацію, по κ_2 – на мінімізацію) виділити деяку мінімальну множину варіантів S_e , кожний з яких немає програшу по жодному з показників якості літака і є ефективним [6] (оптимальним по Парето, паретооптимальним тощо).

Така процедура порівняння різних варіантів по комплексу критеріїв дозволяє звужити область можливих варіантів S до області ефективних рішень (ліва верхня межа a - b області S рис. 1), але не дає ще оптимального рішення. Ясно, що оптимальним варіантом бойового літака S_o може бути одна з ефективних

Рис. 1. Область ефективних варіантів

альтернатив, тобто $S_o \in S_e$.

Ідеальним у випадку багатокритеріальної задачі було б рішення, коли всі критерії приймають свої екстремальні значення (локально-оптимальні значення κ_ν^o , т. a або т. b рис. 1). Цей варіант і був би оптимальним. Але, як правило, оптимальні варіанти бойового літака, знайдені при рішенні задачі оптимізації по кожному з критерію ефективності окремо, не збігаються. Тому виникає задача вибору такого рішення, при якому кожний із критеріїв приймає можливо краще значення не на шкоду якості літака за іншими критеріями. Внаслідок цього оптимальним рішенням щодо вибору кращого варіанта літака по сукупності показників якості κ_ν , $\nu = 1, M$, може бути у загальному випадку тільки деяке компромісне рішення.

Тобто при векторній оптимізації, насамперед, виникає задача визначення самого поняття рішення. В силу справедливості властивості M -кратного мінімуму, потрібно визначати так звані часткові потенційні (раціональні, компромісні тощо) значення показників якості κ_ν в області ефективних варіантів S_e .

У загальному випадку часткові потенційні значення показника κ_ν відрізняються

від локально-оптимальних κ_v^o . Ці рішення збігаються тільки при виродженому рішенні задачі, коли у складі комплексу κ_v немає показників із суперечливими вимогами. Але, практично, такі випадки, щоб вектор κ_v не складався з показників, які пред'являють суперечливі вимоги до бойового літака, не мають місця.

Відповідно до цього за поняття рішення по множині критеріїв може бути прийняте компромісне рішення S_o (рис.2), що відповідає варіанту літака з множини

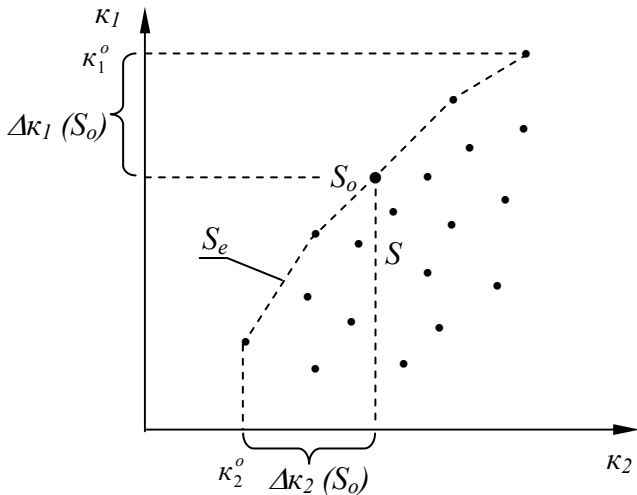


Рис. 2. Значення абсолютних втрат $\Delta\kappa_v(S_o)$ по кожному прийнятому ν -ому показнику якості з κ_v ($\nu = 1, 2$; κ_1 - максимізується, κ_2 - мінімізується) для варіанта S_o

ефективних S_e і може не бути локально-оптимальним по жодному показнику, але виявляється прийнятним для всієї множини прийнятих показників якості κ_v , тобто є оптимальним компромісним варіантом. При цьому під прийнятністю [7, 8] розуміється існування в S_e такого варіанта S_o , у якого відхилення від локально-оптимальних значень κ_v^o по кожному κ_v показнику якості

$$\Delta\kappa_\nu(S_o) = \kappa_\nu^o - \kappa_\nu(S_o) \quad (2)$$

в задачах *max* показника,

$$\Delta\kappa_\nu(S_o) = \kappa_\nu(S_o) - \kappa_\nu^o \quad (3)$$

в задачах *min* показника,

де $\kappa_\nu(S_o)$ - значення ν -го критерію S_o

варіанта бойового літака ($\nu = 1, M$), досягають найменшого значення.

Величини $\Delta\kappa_\nu(S_o)$ (рис. 2) показують абсолютні втрати по кожному прийнятому ν -ому показнику якості з множини κ_v варіанта S_o літака у порівнянні з відповідним значенням показника якості його локально-оптимального варіанта κ_ν^o . Однак самі показники якості з множини κ_v , як правило, мають різну фізичну природу і розмірність (наприклад, імовірність виконання бойового завдання як показник бойової ефективності та вартість літака).

Для створення умов кількісного порівняння значень прийнятих для аналізу показників κ_ν між собою [7, 8], по-перше, застосовуються певного роду перетворюючі функції, що приводять показники до безрозмірного та нормованого виду $W_\nu^h(S_e)$, а, по-друге, сама умова переваги варіанта літака вводиться з урахуванням вагових коефіцієнтів ρ_ν показників. Згідно з цим прийнятність варіанта літака порівняно з іншими та, відповідно, його перевагу за показниками якості можна оцінювати величиною зважених відносних втрат $W_\nu^3(S_e)$ по кожному прийнятому ν -ому показнику

$$W_\nu^3(S_e) = \rho_\nu \cdot W_\nu^h(S_e). \quad (4)$$

Кращий по сукупності показників κ_ν зразок бойового літака з множини ефективних альтернатив, буде відповідати оптимальному компромісному варіанту, під яким прийнято розуміти рішення багатокритеріальної задачі, що забезпечує однакові мінімальні зважені відносні втрати за усіма критеріями одночасно. Тобто за критерій оптимальності (умовний критерій переваги) при рішенні поставленої

багатокритеріальної задачі може бути прийнята величина W_v^3 .

У цілому зміст вирішення такої задачі припускає виконання певних етапів (рис. 3).

1. Попередній етап, змістом якого є:

визначення складу та значень тактико-технічних характеристик альтернативних варіантів бойового літака визначеного типу, характеристик умов їхнього застосування;

визначення показників якості k_v варіантів бойових літаків. Відповідно до основного критерію оцінки озброєння та військової техніки "ефективність-вартість" ($v = 2$) для кожного варіанта бойового літака можуть бути прийняті такі показники:

імовірність виконання бойового завдання бойовим літаком, що пов'язане з ураженням повітряної або наземної цілі k_1 ;

загальна вартість літака k_2 .

Розрахунок показника ефективності k_1 здійснюється з використанням математичних моделей оцінювання бойової ефективності літака визначеного типу [7,8]. Вартість літака k_2 визначається згідно статистичних та експертних даних.

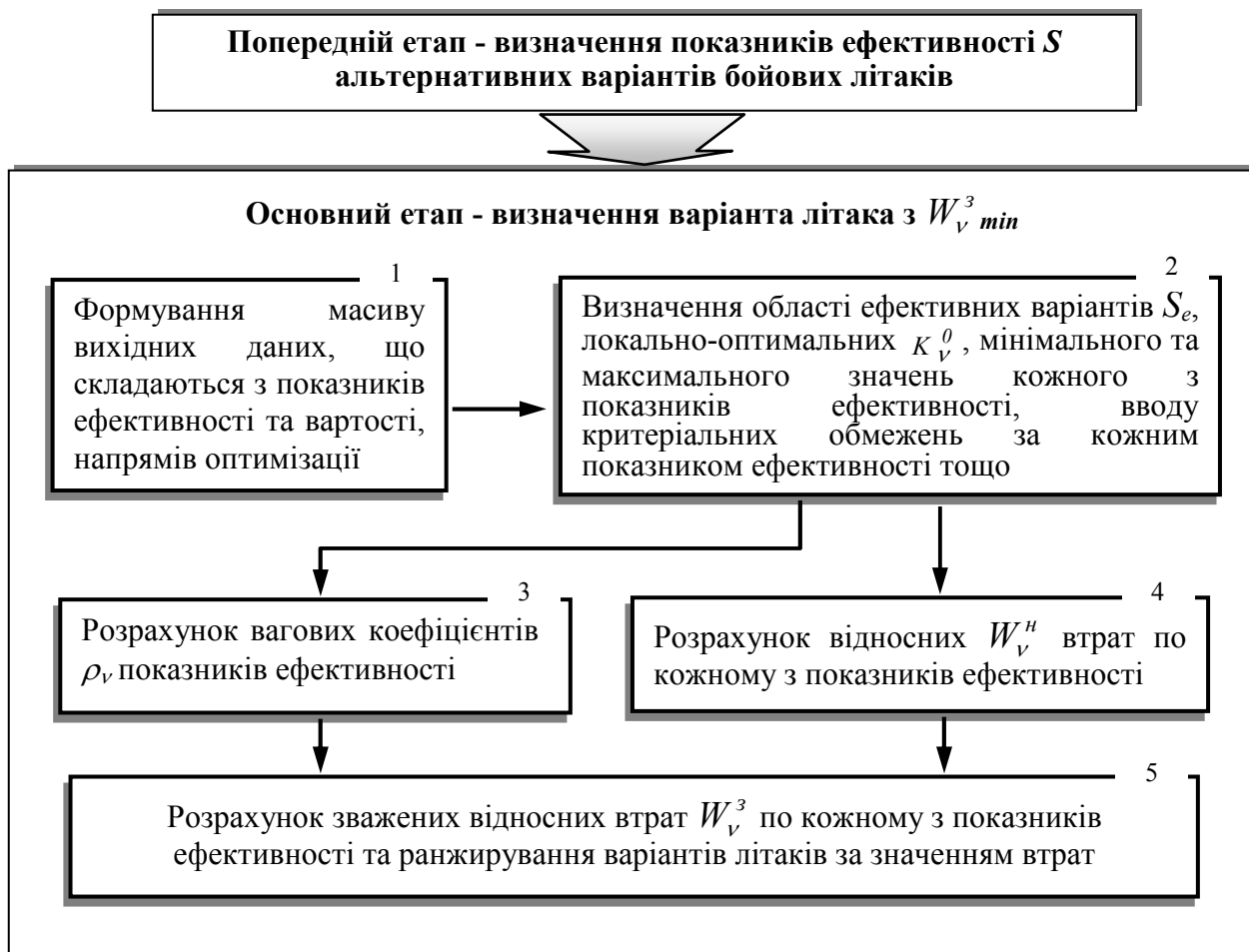


Рис. 3. Загальна блок-схема алгоритму визначення кращого зразка бойового літака з альтернативних

За отриманими значеннями k_1 та k_2 для усіх наявних альтернатив, що розглядаються, формується множина можливих варіантів бойового літака S . При

проектуванні така множина S визначається шляхом "зондування" простору характеристик та розрахунком показників k_1 та k_2 для можливого варіанта літака, що має місце в певній точці факторного простору.

2. Основний етап, змістом якого відповідно до необхідності організації послідовного аналізу варіантів бойового літака (рис. 3) є:

формування масиву вихідних даних щодо показників якості (бойової ефективності та вартості) S альтернативних варіантів, напрямів оптимізації за визначеними показниками (блок 1);

визначення з використанням (1) множини ефективних (паретоефективних) S_e варіантів бойового літака з множини S . Напрямом оптимізації варіантів за показником ефективності імовірність виконання бойового завдання є максимізація, а за вартістю – мінімізація. Визначення значень K_v^0 та інших величин [7, 8] (блок 2);

визначення вагових коефіцієнтів ρ_v (блок 3);

визначення для кожного ефективного варіанта відносних втрат $W_v^h(S_e)$ по кожному з показників ефективності (блок 4);

визначення для кожного ефективного варіанта зважених відносних $W_v^3(S_e)$ втрат по кожному з показників ефективності та здійснення порівняльного аналізу отриманих рішень щодо визначення оптимального компромісного варіанта бойового літака (блок 5).

Оптимальним компромісним варіантом бойового літака є той з його ефективних варіантів, що забезпечує виконання умови $W_v^3(S_e) = W_v^3(S_e)_{min}$.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За наведеним методичним підходом результати щодо визначення кращого зразка бойового літака з альтернативних наявних варіантів або при проектуванні по комплексу показників якості носять більш обґрунтований характер. Прикладом використання методики є результати щодо вибору кращого зразка сучасного бойового літака, які наведені у звітних матеріалах науково-дослідної роботи відділу поточного року.

У подальшому виникає задача розробки (удосконалення) теорії та обчислювальних процедур визначення оптимального компромісного варіанта бойового літака по комплексу показників якості з певної множини його альтернативних варіантів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гевелинг В.Н. Боевая эффективность летательных аппаратов. Учебник. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1963. – 220 с.
2. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1970. – 500 с.
3. Дубов Ю.А., Травкин С.Н., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов системы. – М.: Наука, 1986. – 285 с.
4. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К.: Наукова думка, 1985. – 384 с.
5. Зиатдинов Ю.К. Методы определения оптимальных проектных параметров сложных технических систем при наличии ограничений // Космическая наука и

Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. 2009. Вип. №12
технологія, Т. 2, № 1-2, 1996. – С. 57-61.

6. Зиятдинов Ю.К. Метод формирования множества паретооптимальных обликов сложных технических систем // Космическая наука и технология, Т. 2, № 1-2, 1996. – С. 62-67.
7. Артюшин Л.М., Зиятдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В. Большие технические системы: проектирование и управление / Под ред. Попова И.А. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.
8. Попов И.А., Скворцов В.В., Мицитис А.К. Исследование и проектирование больших технических систем. К.: КИ ВВС. 1995. – 252 с.

Надійшла до редакції 30.10.2009