

# Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 629.7.017.0031

К.В. Башинський

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

## КРИТЕРІАЛЬНЕ СТРУКТУРУВАННЯ І ФОРМАЛІЗАЦІЯ ОЦІНЮВАННЯ ВИБРАНОЇ МНОЖИНИ АЛЬТЕРНАТИВ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ БОЙОВИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Вибір критеріїв оцінки бойових можливостей багатофункціонального винищувача, ефективності виконання покладених на нього завдань і бойового потенціалу, об'єднаного з вартісною оцінкою витрат на його придбання і експлуатацію, дозволить провести оптимальну оцінку альтернативи бойових авіаційних комплексів при їх виборі для переоснащення Повітряних Сил.*

**Ключові слова:** критерії ефективності, багатофункціональний винищувач, повітряний бій, бойовий потенціал.

### Вступ

**Постановка задачі та аналіз літератури.** Для більш глибокого вивчення сучасного БАК і більш усвідомленого формування вимог до нього в процесі вибору оптимальної альтернативи на переоснащення Повітряних Сил, необхідно структурувати облік багатофункціонального бойового авіаційного комплексу (БАК) по його основних характеристиках.

Вартість БАК відображає витрати ресурсів на його створення і те економічне навантаження, яке біде нести держава, приймаючи в експлуатацію новий БАК.

Критеріальна структуризація вибраної множини альтернативних БАК проводиться на зіставленні альтернатив по деякому набору критеріїв, що характеризують головну мету – оснащення військ такою технікою, що забезпечить виконання покладених бойових завдань.

З оглядом на багатофункціональність військової авіації першим і головним показником є той, що характеризує багатофункціональність БАК.

Створення багатофункціональних БАК відбувається, як правило, на базі винищувачів в процесі їх модернізації.

**Метою статі** є розробка структури критеріїв оцінки бойових можливостей багатофункціонального винищувача, ефективності виконання покладених на нього завдань і бойового потенціалу в цілому, об'єднаного з вартісною оцінкою витрат на його придбання і експлуатацію.

### Основна частина

Придання властивості багатофункціональності супроводжується збільшенням нормальної злітної маси модернізованих винищувачів і, як наслідок, зменшенням їх тягоозброєності та підвищенням пи-

тогомо навантаження на крило, що обумовлювало погіршення їх маневреності.

Винищувальні властивості БАК удосконалюються доданням йому властивості надманевреності.

Підвищення виживаємості БАК забезпечується за рахунок зниження ефективної поверхні розсіювання (ЕПР), акустичної, теплової і оптико-електронної помітності, підвищення бойової живучості, установки ефективних засобів радіоелектронної протидії (РЕП).

Підвищення мобільності досягається за рахунок можливості крейсерського польоту на надзвуковому режимі.

В окремих випадках така модернізація витікає в нову ДКР, направлену на розробку нового багатофункціонального БАК, що принципово відрізняється від умовно базового.

При розробці нових БАК, спочатку як багатофункціональних, помітним є акцент розробників БАК з європейських країн на нарощування тактико-технічних характеристик (ТТХ), що визначають винищувальні властивості БАК. На відміну від європейського авіабудування в США, які традиційно володіють двохлітаковим парком тактичних винищувачів, при розробці F-22A зроблений упор на максимізацію винищувальних можливостей, а при розробці F-35 – ударних (так само, як це було у попередньому поколінні). Так, наприклад, зменшення нормальної злітної маси F-35 в порівнянні з F-22A було досягнуто, зокрема, і за рахунок зниження властивостей маневреності, а саме:

– тягоозброєність літака F-22A дорівнює 1,25, а літака F-35A – дорівнює 1,0 (тягоозброєність модифікації F-35C є ще меншою);

– питома навантаження на крило літака F-22A складає 350 кг/м<sup>2</sup>, а F-35A – 450 кг/м<sup>2</sup> [1].

В той же час, за аналізом перспективних програм створення перспективних багатофункціональних БАК спостерігається тенденція до зниження рівня питомого навантаження на крило до значень 300...310 кг/м<sup>2</sup>. Чималу роль в цьому відіграє можливість активного управління вектором тяги у польоті для розширення діапазону кутових швидкостей при виконанні маневрів не тільки в горизонтальній площині.

Розвиток характеристик перспективних БАК йде по шляху збільшення тягоозброєності і зниження навантаження на крило. Очевидно, що зростання злітної тягоозброєності у поєднанні із зниженням питомого навантаження на крило забезпечує високі маневрені характеристики БАК і скорочення злітно-посадкових дистанцій.

До всього цього слід додати якісне зростання параметрів авіаційних засобів ураження (АЗУ). Суттєво збільшена (з 5 км до 120 км) дальність пуску ракет при одночому збільшенні дальності виявлення повітряної цілі бортовими радіолокаційними станціями (РЛС) – з 15 км до 200 км.

За наслідками структуризації можна зробити однозначний висновок, що додання БАК властивості багатофункціональності є закономірним результатом їх розвитку.

Разом з тим, додання БАК властивості багатофункціональності вимагає розробки такого методу оцінки їх бойової ефективності, щоб мати дуже вагомі аргументи для прийняття рішення про придбання нового зарубіжного багатофункціонального БАК для переоснащення Повітряних Сил України.

При сучасному рівні вимог по ефективності вирішення бойових завдань спеціалізованими винищувачами і ударними літаками повна багатофункціональність, коли вирішуються однаково ефективно і ударні, і винищувальні завдання, недосяжна. Основною перешкодою цьому є істотна відмінність умов вирішення винищувальних і ударних завдань.

На відміну від винищувальних, ударні завдання як правило, вирішуватимуться на території противника в умовах протидії засобів протиповітряної оборони (ППО), що вимагає проведення цілої низки заходів щодо забезпечення виживаємості ударних БАК. Реалізація при розробці багатофункціонального винищувача всього комплексу заходів, спрямованих на підвищення виживаємості при рішенні ним ударних завдань (зниження помітності, підвищення бойової живучості, РЕП, вогняної оборони), на сучасному рівні розвитку авіаційних технологій робить неможливим рішення багатофункціональним БАК винищувальних і ударних завдань з однаковою ефективністю спеціалізованого винищувача і спеціалізованого ударного БАК.

Всяке збільшення однієї властивості (виживаємості) в однакових умовах відбувається за рахунок зменшення іншої властивості. Кінцевий результат залежатиме від ступеня впливу параметрів, що визначають дані властивості, на величину самих властивостей.

Так, збільшення відносної маси засобів, що забезпечують виживаємість, вимагає істотного зниження відносної маси БАК, що витрачається на забезпечення (наприклад, зменшення боеккомплекту, погіршення маневреності). Це, у свою чергу, призводить до зниження бойової ефективності БАК, яке не може бути компенсовано підвищенням виживаємості.

Такий характер зміни бойової ефективності спостерігається і для винищувального, і для ударного БАК, але з тією лише різницею, що для ударного БАК – зниження ефективності відбувається при істотно великих значеннях відносної маси систем, що забезпечують його виживаємість. Незбіг оптимальних значень відносної маси систем забезпечення виживаємості для винищувального і ударного БАК є основним аргументом того, що багатофункціональний БАК повинен бути деяким компромісом між спеціалізованим винищувальним і спеціалізованим ударним БАК.

Сенс такого компромісу полягає в перерозподілі бойових можливостей БАК за рішенням винищувальних і ударних завдань або, переходячи на терміни теорії бойової ефективності, в перерозподілі його сумарного бойового потенціалу між винищувальним і ударним потенціалами, а також можливістю вирішення додаткових завдань розвідки і РЕП, які залишаються за спеціалізованими винищувальним і ударним БАК.

Для кількісної оцінки ступеня досягнення такого компромісу необхідно введення такого головного критерію вибору, який є адитивною згортокою критеріїв оцінки винищувальних (ведення повітряного бою і перехоплення повітряних цілей) і ударних можливостей з додатковими можливостями по веденню розвідки і РЕП багатофункціональним винищувачем (БВ) [2], а саме коефіцієнту бойового потенціалу (КБП):

$$K_{\text{бп}} = \sum_{i=1}^m k_i \times W_i, \quad (1)$$

де КБП – коефіцієнт бойового потенціалу БВ;

$k_i$  – ваговий коефіцієнт важливості рішення  $i$ -тої функціональної задачі в загальній множині задач, що вирішуються БВ ( $i = 1 \dots m$ );

$W_i$  – потенційна можливість (потенційна ефективність) рішення  $i$ -тої функціональної задачі БВ.

У свою чергу  $i$ -та потенційна можливість (потенційна ефективність)  $W_i$  визначається функціональним набором параметрів, характеристик і показників оцінки ефективності рішення  $i$ -тої функціональної задачі БВ:

$$W_i = \varphi(A_1, \dots, A_i, B_1, \dots, B_i, \dots, X_1, \dots, X_i), \quad (2)$$

де  $A_1, A_j$  – параметри БВ і його систем, що характеризують його тактико-технічні дані;

$B_1, B_j$  – характеристики БВ і його систем, найбільш критичні до його бойових можливостей;

$X_1, X_j$  – параметри, що характеризують критерії бойових можливостей і ефективності систем БВ.

Структура критеріїв оцінки альтернативи БВ представляється "конусом" ефективності, як показано на рис. 1.

Для аналітичного представлення коефіцієнта бойового потенціалу БВ КБП (1) і його декомпо-

зиції проводиться числова оцінка матриці попарних порівнянь [3] функціональних критеріїв  $W_i$  (2) з оцінкою їх важливості – вагового коефіцієнту  $k_i$  в загальній множині завдань, що вирішується БВ, а саме:

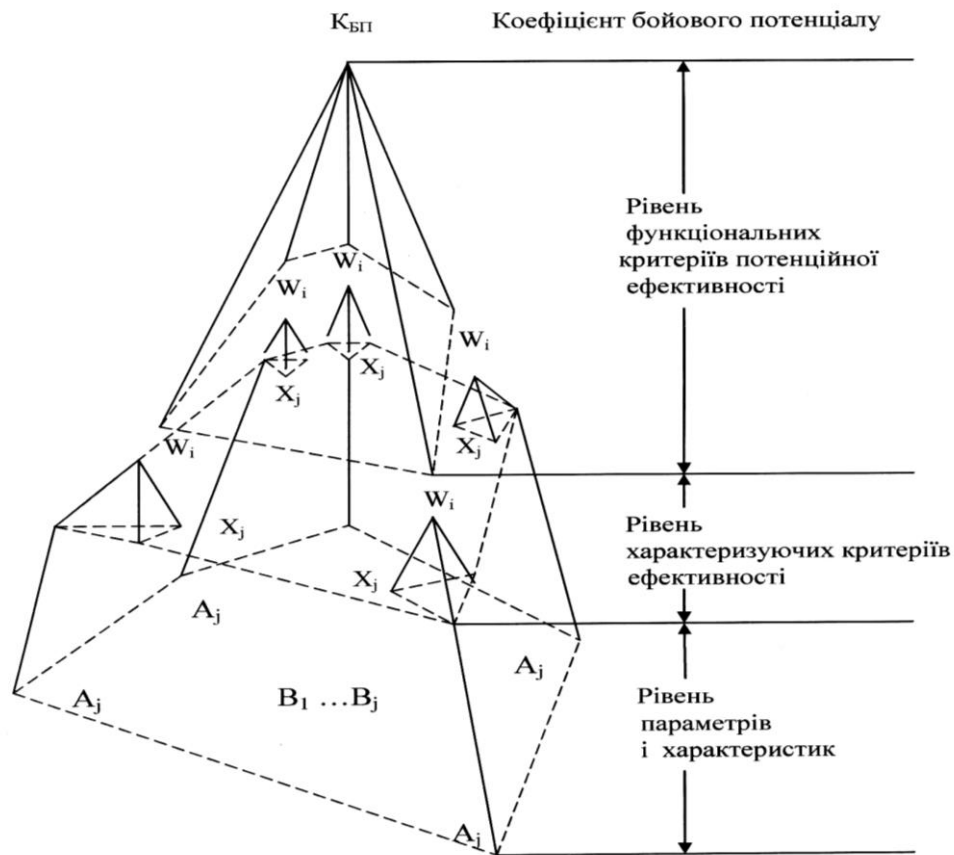


Рис. 1. "Конус" ефективності БВ

- перехоплення повітряних цілей –  $W_{пер.}$ ;
- винищувальних завдань ведення повітряного бою з літаками противника –  $W_{вин.}$ ;
- завдання нанесення ударів по наземним (надводним) цілям –  $W_{уд.}$ ;
- завдання повітряної розвідки –  $W_{роз.}$ ;
- завдання радіоелектронної протидії (РЕП) –  $W_{РЕП.}$

Матриця попарних порівнянь будується методом "рядкових сум" [4] та наведена в Табл.1. Рядки і стовпці заповнюються наступним чином:

- 1 – якщо ім'я рядка переважно імені стовпця;
  - 0 – якщо ім'я рядка не переважно імені стовпця;
  - 0,5 – якщо ім'я рядка рівноцінне імені стовпця.
- В результаті формула 1 набуває вигляду:

$$K_{БП} = 0,28w_{пер} + 0,36w_{вин} + 0,2w_{уд} + 0,12w_{роз} + 0,04w_{РЕП} \quad (3)$$

Коефіцієнт бойового потенціалу ( $K_{БП}$ ) альтернативного варіанту БАК зіставляється з вартістю закупівлі БАК і витратами на подальшу його експлуатацію з метою максимального досягнення ефективності бойового застосування нового БАК.

Зіставлення  $K_{БП}$  з вартістю закупівлі БАК і витратами на подальшу його експлуатацію проводиться через коефіцієнт економічної ефективності ( $K_{ЕЕ}$ ), що характеризує якість прийнятого рішення [5] по вибору альтернативного варіанту БАК:

Таблиця 1

Матриця попарних порівнянь функціональних критеріїв з оцінкою їх важливості (ваги) в бойовому потенціалі БАК

Функц. критерії	$W_{пер.}$	$W_{вин.}$	$W_{уд.}$	$W_{роз.}$	$W_{РЕП}$	$\Sigma$
$W_{пер.}$	0,5	0	1	1	1	3,5
$W_{вин.}$	1	0,5	1	1	1	4,5
$W_{уд.}$	0	0	0,5	1	1	2,5
$W_{роз.}$	0	0	0	0,5	1	1,5
$W_{РЕП}$	0	0	0	0	0,5	0,5
$\Sigma$	1,5	0,5	2,5	3,5	4,5	12,5
Вага	3,5/ 12,5 = =0,28	4,5/ 12,5 = =0,36	2,5/ 12,5 = =0,20	1,5/ 12,5 = =0,12	0,5/ 12,5 = =0,04	

$$K_{EE} = \exp(-C_{зак} / (C_{зак} + C_{експ})), \quad (4)$$

де  $C_{зак}$  – вартість закупівлі БАК (в т.ч. комплект запасних частин і обладнання, а також комплект АЗУ), дол. США;  $C_{експ}$  – витрати на подальшу експлуатацію БАК в межах призначених показників по ресурсу і терміну служби планера, дол. США.

В результаті зіставлення утворюється цільова функція вибору нового БАК для переоснащення Повітряних Сил України, а саме критерій конкурентоспроможності ( $K_{КС}$ ):

$$K_{КС} = F(K_{БП} \cdot K_{EE}), \quad (5)$$

При порівнянні альтернатив обирається та, для якої значення критерію (5) є більшим.

Таким чином, вибір нового БАК базується на системному підході до складної проблеми багатокритеріального вибору однієї альтернативи з наявного набору альтернатив на основі структури критеріїв. В основу вибору покладена аналітична ієрархічна процедура (метод аналізу ієрархій).

Процедура визначає пріоритети, що представляють відносну важливість або перевагу елементів побудованої ієрархічної структури за допомогою матриць парних порівнянь. Безрозмірні пріоритети дозволяють обґрунтовано порівнювати різні чинники, що є відмінною особливістю методу. Виконується синтез (лінійна згортка) пріоритетів на ієрархії, в результаті якої обчислюються пріоритети альтернативних рішень щодо головної мети. Кращою вважається альтернатива з максимальним значенням пріоритету.

Пріоритети альтернатив (позитивні числа, сума яких дорівнює одиниці) можна ототожнити з вірогідністю вибору альтернатив. Пріоритети чинників, що впливають на рейтинг альтернатив, можна вважати імовірністю гіпотез. При такому підході спосіб обчислення пріоритетів альтернатив аналогічний застосуванню формули повної імовірності.

Відповідно до результатів ієрархічної декомпозиції модель ситуації прийняття рішення має кластерну структуру функціональних критеріїв  $W_i$  і характеризуючих критеріїв ефективності. Набір можливих рішень і всі чинники, що впливають на пріоритети рішень, розбиваються на відносно невеликі групи –

кластери. Кластери, по суті, є елементарними ієрархічними структурами. В межах кластерів метод оперує поняттям вектора пріоритетів. При з'єднанні кластерів в систему рейтинг альтернатив конструється на основі векторів пріоритетів в окремих кластерах.

Розроблена в методі аналізу ієрархій процедура парних порівнянь дозволяє визначити пріоритети елементів (параметрів і характеристик), що входять в кожен кластер. Після того, як проведено аналіз проблеми і зібрані дані по всіх кластерах, проводиться синтез за розрахунком підсумкового рейтингу - коефіцієнта бойового потенціалу  $K_{БП}$ , як набору (3) функціональних критеріїв  $W_i$ , зіставлення його з критерієм економічної ефективності  $K_{EE}$  і отримання цільової функції – критерію конкурентоспроможності  $K_{КС}$  вибраної альтернативи.

Отже, складна проблема збору даних по кожній альтернативі розбивається на ряд простіших проблем, що вирішуються для кластерів функціональних критеріїв  $W_i$ .

## Висновок

Розглянуті показники можуть бути прийняті для оцінювання набору критеріїв для вибору нового перспективного багатофункціонального БАК для ПС ЗС України.

## Список літератури

1. Сайт АВИА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.avia.ru/aut/28>.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993.
3. Косов В.А. Метод анализа иерархий: способы согласования матрицы парных сравнений / В.А. Косов, М.А. Пласкин // Вестник Пермского университета: сер. математика, механика, информатика. – 2007. – №7. – С. 45 – 51.
4. Воронин А.Н. Иерархические модели принятия решений в многокритериальных задачах / А.Н. Воронин // Proc. of the XIVth Int. Conf. "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2008, Varna, Bulgaria, June-July 2008.
5. <http://www.bibliotekar.ru/biznes-15-3/134.htm>.

Надійшла до редколегії 12.10.2012

Рецензент: д-р тех. наук проф. О.Б. Леонтьев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## КРИТЕРИАЛЬНОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ И ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОЦЕНИВАНИЯ ВЫБРАННОГО МНОЖЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БОЕВЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

К.В. Башинский

*Выбор критериев оценки боевых возможностей многофункционального истребителя, эффективности выполнения задач и боевого потенциала объединенного со стоимостной оценкой затрат на его покупку и эксплуатацию позволит провести оптимальную оценку альтернативы боевых авиационных комплексов для переоснащения Воздушных Сил*

**Ключевые слова:** критерий эффективности, многофункциональный истребитель, воздушный бой, боевой потенциал.

## THE CRITERIAN OF STRUCTUREZATION AND FORMALIZATION ESTIMATION CHOSEN GREAT NUMBER OF ALTERNATIVES MULTIFUNCTION TACTICAL FIGHTER

K.V. Bashinsky

*Choice the criteria of estimation battle possibilities multifunction destroyer, to efficiency implementation of tasks and battle potential incorporated with the cost estimation expenses on his purchase and exploitation will allow to conduct the optimum estimation of alternative of battle aviation complexes for retooling of Airforces.*

**Keywords:** the criterion of efficiency, multifunctional tactical fighter, air battle, battle potential.