

УДК 355.02:629.7.017

В.М. Петров

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО НАРЯДУ РІЗНОРІДНИХ УДАРНИХ СИЛ УГРУПУВАННЯ ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ ЗА ВИЗНАЧЕНИМИ СИТУАЦІЯМИ

Стаття присвячена розробці методики вибору раціонального варіанту потрібного наряду бойових авіаційних комплексів для ураження наземних (надводних) об'єктів противника в період планування бойових дій створеного угруповання різнорідних сил і засобів тактичної авіації Повітряних Сил.

**Ключові слова:** наряд сил, альтернатива, критерій, бойовий авіаційний комплекс, раціональний варіант.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Відомо [1], що бойова ефективність ударних сил тактичної авіації (ТА) оцінюється розміром збитку, що наноситься противнику при діях по його наземним (надводним) об'єктам. Розмір загального збитку об'єктів залежить від варіанту нарядів бойових авіаційних комплексів (БАК), тобто мінімально-необхідної кількості літаків конкретного типу з вибраними варіантами озброєння, які в результаті вогневого впливу забезпечують припинення функціонування об'єктів на певний час. Нанесення ударів по об'єктах можливо виконувати з використанням різнорідних сил та засобів, тобто для ураження об'єкта можна виділяти той або інший тип БАК з різнотипними варіантами озброєння, при цьому при виборі необхідно враховувати віддаленість об'єктів, часові показники при підготовці до вильоту, економічні (вартісні) показники, такі, як вартість підготовки до вильоту, вартість доставки засобів ураження та нанесення удару, вартість самого варіанта озброєння. Виникає завдання – з різних поєднань варіантів типів БАК та їх озброєння вибрати найбільш раціональний варіант.

**Метою статті** є розробка методики вибору раціонального наряду різнорідних сил та засобів ТА при виконанні бойових завдань за визначеними ситуаціями.

### Викладення основного матеріалу

Операція вибору варіанту наряду сил для ураження об'єктів противника по заданому типу формулюється наступним чином. Створеному з  $M$  типів БАК ( $m = \overline{1, M}$ ) угрупованню різнорідних ударних сил ТА поставлена бойова задача по ураженню  $I$  об'єктів противника ( $i = \overline{1, I}$ ). По кожному об'єкту  $i$  виконані розрахунки по визначенню потрібних нарядів різнотипних БАК ( $N_{ji}^m$ ) з усіма можливими (у відповідності керівництва по льотної ек-

сплуатації) варіантами озброєння  $J$  ( $j = \overline{1, J}$ ), тобто визначені альтернативи для вибору. Потрібно знайти найкраще (оптимальне), єдине вірне та науково обгрунтоване рішення по вибору такого варіанту (альтернативи), що забезпечує виконання поставленої бойової задачі по ураженню об'єктів з досягненням максимального збитку по заданій нормі ураження таким чином, щоб мінімізувати витрати ресурсів та впорядкувати варіанти потрібних нарядів по якості.

Для рішення цієї задачі вибору необхідно скласти список варіантів (альтернатив), а для їх опису та порівняння – ввести критерії їх оцінки (табл. 1).

Таблиця 1  
Потрібні наряди сил для ураження об'єкту та критерії їх оцінки

Об'єкт дій	Альтернативи	Критерії оцінки:					
		застосовності	досяжності	Часової підготовки	вартості підготовки	вартості доставки	вартості озброєння
$Q_i$	$N_{li}^m$	$k_{li}^z$	$k_{li}^s$	$k_{li}^t$	$k_{li}^p$	$k_{li}^d$	$k_{li}^o$
	...	...	...	...	...	...	...
	$N_{ji}^m$	$k_{ji}^z$	$k_{ji}^s$	$k_{ji}^t$	$k_{ji}^p$	$k_{ji}^d$	$k_{ji}^o$

Для оцінки альтернатив вибору, з врахуванням обраного критерію «ефективність вартість», прийmemo наступні критерії:

критерій застосовності альтернативи ( $k_{ji}^z$ );

критерій досяжності об'єкту з використанням альтернативи ( $k_{ji}^s$ );

часовий критерій підготовки альтернативи до вильоту ( $k_{ji}^t$ );

критерій вартості підготовки альтернативи до застосування ( $k_{ji}^p$ );

критерій вартості доставки альтернативи до об'єкту  $(k_{ji}^d)$ ;

критерій вартості варіанту озброєння  $(k_{ji}^o)$ .

Критерій застосовності альтернативи  $(k_{ji}^z)$  використовується першим та оцінює можливість застосування  $j$ -го варіанту по  $i$ -му об'єкту. Критерій оцінює попадання альтернативи в область застосовності за допомогою символу Кронекера:

$$k_{ji}^z = \begin{cases} 1, & \text{альтернатива в області застосовності;} \\ 0, & \text{за межами області застосовності.} \end{cases} \quad (1)$$

Область застосовності альтернативи визначається:

рівнем підготовки екіпажу або технічним станом БАК;

можливістю використання типу БАК або авіаційних засобів ураження (АЗУ) в конкретних метеорологічних умовах (вдень або вночі);

можливістю використання типу БАК або АЗУ в тактичній, навігаційній або іншій обстановці, яка склалася на час бойового застосування;

наявністю потрібних АЗУ.

Критерій досяжності  $i$ -го об'єкту з використанням  $j$ -го варіанту  $(k_{ji}^s)$  оцінює альтернативу з боку можливості його використання по тактичному радіусу БАК, у тому числі і з застосуванням підвісних паливних баків (ППБ). Оцінюється також за допомогою символу Кронекера:

$$k_{ji}^s = \begin{cases} 1, & \text{альтернатива в області досяжності;} \\ 0, & \text{за межами області досяжності.} \end{cases} \quad (2)$$

Якщо віддалення  $i$ -того об'єкту дій  $S_i$  задовольняє умові:

$$S_i \leq R_{Tj}, \quad (3)$$

де  $R_{Tj}$  – тактичний радіус БАК в  $j$ -му альтернативному варіанті, то альтернатива знаходиться в області досяжності.

Тактичний радіус відноситься до просторових показників бойових можливостей виділених сил (конкретних типів БАК). Значення тактичного радіусу залежить від типу БАК, запасу палива (заправці), бойового навантаження, складу групи тактичного призначення, характеру бойового завдання та метеорологічних умов його виконання, а також профілю та режиму польоту. Визначається в процесі виконання інженерно-штурманських розрахунків.

Часовий критерій підготовки  $j$ -тої альтернативи по  $i$ -му об'єкту  $(k_{ji}^t)$  оцінює час підготовки до бойового вильоту обраного типу БАК з варіантом бойової зарядки. Входить до складу часових показ-

ників бойових можливостей виділених сил, що характеризують мобільність та інтенсивність бойових дій. Кількісним показником мобільності являється час виконання бойової задачі, яке відлічується від моменту її постановки до нанесення удару.

Цей час витрачається на організацію, підготовку і виконання бойового польоту до об'єкту нанесення удару. Кількісним показником інтенсивності бойових дій являється бойова напруга. Це кількість літако-вильотів, яке підрозділ (частина, або створене угруповання сил) виконує при виконанні бойової задачі за добу.

Час підготовки до бойового вильоту обраного типу БАК з варіантом бойової зарядки є складовою кількісних показників мобільності та інтенсивності бойових дій. Даний критерій залежить від кількісно-якісних характеристик альтернативи (типу БАК, виду та кількості АЗУ, що підвішуються). Очевидно, що краща альтернатива та, що характеризується меншим значенням критерію.

Критерій вартості підготовки  $j$ -тої альтернативи до бойового вильоту для дій по  $i$ -му об'єкту  $(k_{ji}^p)$  оцінює трудомісткість технічної експлуатації авіаційної техніки в процесі підготовки до польоту. Перевага надається альтернативі, що має меншу трудомісткість (вартість) підготовки.

Сумарна трудомісткість технічної експлуатації за період підготовки БАК до польоту у чоловіко-годинах знаходиться за виразом:

$$T_{TE} = \sum_{f=1}^F T_{np.f} \cdot N_{pid.f}, \quad (4)$$

де  $T_{np.f}$  – працевтрати на виконання однієї підготовки  $f$ -го виду  $(f = \overline{1, F})$ , чол.-год.;

$N_{pid.f}$  – кількість  $f$ -го виду підготовок БАК до польоту.

Критерій вартості доставки та застосування  $j$ -тої альтернативи по  $i$ -му об'єкту дій  $(k_{ji}^d)$  оцінює витрати палива при виконанні бойового польоту з використанням обраної альтернативи. Кращою являється альтернатива, що має меншу вартість доставки. В якості показника вартості доставки та застосування АЗУ обрані часові розходи палива різно-типних БАК при виконанні польоту з використанням різних варіантів їх профілю.

Критерій вартості варіанту озброєння  $j$ -тої альтернативи для дій по  $i$ -му об'єкту  $(k_{ji}^o)$  оцінює матеріальні та фінансові витрати на виробництво варіанту озброєння. Вартісне озброєння має кращі показники ефективності, але, як правило, обмежену кількість. Перевага надається той альтернативі, що має меншу вартість.

Для вибору найкращого варіанту (альтернативи) необхідно відшукувати компроміс між оцінками різних критеріїв [2, 3]. Особливістю даної задачі вибору являється те, що одночасно розглядаються два простори – простір альтернатив та простір критеріїв, тобто з'являється деяка область змінних  $D$ , де здійснюється пошук найкращого (раціонального) варіанту (рис. 1).

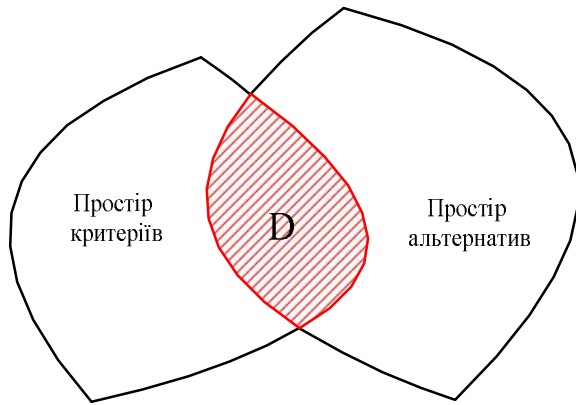


Рис. 1. Область пошуку найкращої альтернативи

В цієї області  $D$  існує велика кількість допустимих значень. Тому знайти раціональну альтернативу не просто. Для вирішення цієї проблеми використовується спосіб усунення багатокритеріальності задачі шляхом об'єднання критеріїв в один за допомогою так званих вагових коефіцієнтів важливості критеріїв. Головний критерій  $k_{\Gamma}$  визначається по формулі [2, 3]:

$$k_{\Gamma} = \sum_{\ell=1}^L k_{\ell} w_{\ell}, \quad (5)$$

де  $k_{\ell}$  – часткові критерії оцінювання альтернатив ( $\ell = \overline{1, L}$ );

$w_{\ell}$  – вагові коефіцієнти важливості критеріїв:

$$\begin{aligned} 0 \leq w_{\ell} \leq 1; \\ \sum_{\ell=1}^L w_{\ell} = 1. \end{aligned} \quad (6)$$

Вагові коефіцієнти важливості кожного критерію формуються на основі умови (6) та визначаються методом експертних оцінок.

Для синтезу оцінок вартості та показників ефективності застосуємо підхід фіксованої ефективності (заданою нормою ураження об'єкту дій) при мінімально можливій вартості альтернативи.

Для пошуку найкращого (раціонального) варіанту потрібного наряду БАК ( $N_{ji}^{m*}$ )  $m$ -го типу з визначеними  $j$ -ми засобами ураження для нане-

сення удару по  $i$ -му об'єкту складемо матрицю потрібних нарядів БАК ( $N_{ji}^m$ ) з визначеними критеріями:

$$N_{ji}^{m*} = \begin{pmatrix} N_{ji}^m & k_{ji}^z & k_{ji}^s & k_{ji}^t & k_{ji}^p & k_{ji}^d & k_{ji}^o \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N_{ji}^m & k_{ji}^z & k_{ji}^s & k_{ji}^t & k_{ji}^p & k_{ji}^d & k_{ji}^o \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Елементи першого стовпчику даної матриці  $N_{ji}^m, \dots, N_{ji}^m$  являються потрібними нарядами БАК  $m$ -го типу з  $j$ -ми засобами ураження та є альтернативами, решта стовпчиків – критеріями об'єкту дій  $Q_i$ , тобто:

$$\{N_{ji}^m\}_{j,m} \in Q_i. \quad (8)$$

Елементи (критерії)  $j$ -го рядку даної матриці  $k_{ji}^z, k_{ji}^s, k_{ji}^t, k_{ji}^p, k_{ji}^d, k_{ji}^o$  характеризують альтернативу  $N_{ji}^m$ . Тобто альтернативи ( $N_{ji}^m$ ) та критерії ( $k_{ji}^z, k_{ji}^s, k_{ji}^t, k_{ji}^p, k_{ji}^d, k_{ji}^o$ ) одночасно є векторами цих змінних ( $\bar{N}_{ji}^m, \bar{k}_{ji}^z, \bar{k}_{ji}^s, \bar{k}_{ji}^t, \bar{k}_{ji}^p, \bar{k}_{ji}^d, \bar{k}_{ji}^o$ ), які знаходяться в деякій області досліджень.

Можна вважати, що вектор-функція потрібного наряду  $m$ -го типу БАК для нанесення удару по  $i$ -му об'єкту ( $Q_i$ ) з  $j$ -м варіантом озброєння є цільовою функцією векторного аргументу його критеріїв:

$$\bar{N}_{ji}^m = \bar{N}_{ji}^m(\bar{k}_{ji}^z, \bar{k}_{ji}^s, \bar{k}_{ji}^t, \bar{k}_{ji}^p, \bar{k}_{ji}^d, \bar{k}_{ji}^o) \rightarrow \min. \quad (9)$$

Виходячи з основної теореми багатокритеріальної теорії корисності [3] та з врахуванням (5) вектор-функція корисності альтернативи має вигляд:

$$\begin{aligned} \bar{N}_{ji}^m = \bar{k}_{ji}^z \cdot \bar{k}_{ji}^s \times \\ \times (\bar{k}_{ji}^t \cdot w^t + \bar{k}_{ji}^p \cdot w^p + \bar{k}_{ji}^d \cdot w^d + \bar{k}_{ji}^o \cdot w^o) \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (10)$$

де  $w^t, w^p, w^d, w^o$  вагові коефіцієнти важливості відповідних критеріїв оцінки альтернативи.

Раціональний варіант потрібного наряду БАК  $m$ -го типу з визначеним  $j$ -м варіантом озброєння для нанесення удару по  $i$ -му об'єкту ( $N_{ji}^{m*}$ ) зводиться до знаходження вектору-функції корисності даної цільової функції, який буде відповідати вимогам найбільш корисної альтернативи:

$$\bar{N}_{ji}^{m*} = \arg \left( \min_{j,m} \bar{N}_{ji}^m \right). \quad (11)$$

Для зручності практичного користування результатами рішення задачі вибору потрібно визна-

чити порядок на множині альтернатив, тобто збудувати ряд (провести ранжирування), який відповідає умовам:

$$\bar{N}_{ji}^{m*} < \dots < \bar{N}_{ji}^m. \quad (12)$$

При наявності такого ряду можна обрати найкращий (раціональний) варіант потрібного наряду БАК зі створеного угруповання різнорідних ударних сил тактичної авіації для ураження наземних (надводних) об'єктів противника.

### Висновки

Методика вибору раціонального варіанту різнорідно-ударних сил угруповання тактичної авіації при виконанні бойових завдань за визначеними ситуаціями дозволяє знайти з множини альтернатив, що різняться між собою типами бойових авіаційних комплексів та варіантами бойової зарядки по кожному об'єкту дій, найкращий наряд по корисності та їх ранжирування.

В основу розробки методики покладено багатокритеріальну теорію корисності, оцінка альтернатив вибору здійснена з врахуванням критерію «ефективність вартість».

Обрані критерії вибору дозволяють визначити можливість використання типів бойових авіаційних комплексів з усіма варіантами АЗУ, синтезувати потрібні наряди різнотипних БАК з різноманітними АЗУ:

за досяжністю (тактичним радіусом), в тому числі з використанням ППБ з усіма профілями польоту;

за часом підготовки до бойового вильоту;  
за трудомісткістю етапу технічної підготовки бойових авіаційних комплексів;  
за кількістю палива, яке витрачається при застосуванні типів бойових авіаційних комплексів;  
за вартістю варіанту АЗУ.

Методика дозволяє більш ефективно використовувати обмежені ресурси різнорідних сил та засобів угруповання тактичної авіації при веденні операцій (бойових дій).

### Список літератури

1. *Боевое применение авиационных средств поражения: учебн.* – М.: Монино, ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1986. – 656 с.
2. Ларичев О.И. *Качественные методы принятия решений* / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М.: Наука, 1996. – 207 с.
3. Ларичев О.И. *Теория и методы принятия решений* / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002. – 392 с.

Надійшла до редколегії 12.10.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Б. Леонт'єв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МЕТОДИКА ВИБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО НАРЯДА РАЗНОРОДНЫХ УДАРНЫХ СИЛ ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ БОЕВЫХ ЗАДАЧ ПО ОПРЕДЕЛЕННЫМ СИТУАЦИЯМ

В.М. Петров

*Статья посвящена разработке методики выбора рационального варианта необходимого наряда боевых авиационных комплексов для поражения наземных (надводных) объектов противника в период планирования боевых действий созданной группировки разнородных сил и средств тактической авиации Воздушных Сил.*

**Ключевые слова:** наряд сил, альтернатива, критерий, боевой авиационный комплекс, рациональный вариант.

### A METHOD OF CHOICE OF RATIONAL DRESS OF HETEROGENEOUSLY SHOCK FORCES OF TACTICAL AVIATION IS AT IMPLEMENTATION OF COMBAT MISSIONS AFTER CERTAIN SITUATIONS

V.M. Petrov

*The article is devoted development of method of choice of rational variant of necessary dress of battle aviation complexes for the defeat of surface objects of opponent in the period of planning of battle actions of groupment of heterogeneous forces and facilities of tactical aviation of Aircrafts.*

**Keywords:** dress of forces, alternative, criterion, battle aviation complex, rational variant.