

# Теоретичні основи розробки та експлуатації систем озброєння

УДК 629.735.45

DOI: 10.30748/soivt.2019.57.07

А.М. Алімпієв<sup>1</sup>, В.П. Єрошенко<sup>2</sup>, О.Б. Леонтєєв<sup>2</sup>, І.Б. Ковтонюк<sup>2</sup>, М.В. Науменко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

<sup>2</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНЮВАННЯ ВАГОМОСТІ ОКРЕМИХ ТАКТИКО-ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАВЧАЛЬНО-БОЙОВИХ ЛІТАКІВ МЕТОДОМ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

*Наводяться результати обробки матеріалів експертного оцінювання визначених тактико-технічних показників навчально-бойового літака щодо їх вагомості у ступені пристосованості зразка до вирішення завдань забезпечення базової навчальної льотної підготовки курсантів. Описана методика та умови проведення експертного опитування. Приведені дані, що підтверджують достовірність отриманих оцінок. Проведено аналіз отриманих результатів.*

**Ключові слова:** анкета, ваговий внесок, експертне оцінювання, навчально-бойовий літак, навчальна льотна підготовка, тактико-технічні показники.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Літаки типу Л-39, в тому числі їх вітчизняні модернізовані варіанти типу Л-39М та Л-39М1, складають основу парку навчально-бойових літаків (НБЛ) навчальних авіаційних частин. Саме ці літаки забезпечують проведення базової навчальної льотної підготовки курсантів. В той же час, терміни служби цих літаків підходять до свого завершення, що обумовлює виникнення гострої прикладної проблеми вибору типу НБЛ на заміну існуючому. Для вирішення задач вибору типу літака вимагається наявність відповідного науково-методичного апарату, за допомогою якого можна було б кількісно визначити ступінь придатності конкретного зразка авіаційної техніки до використання в якості навчального засобу для підготовки курсантів – льотчиків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На цей час відомо декілька методичних підходів до розв'язування такого роду задач. Одні методи розглядають зразки техніки, як ізольовані технічні об'єкти та використовують або найпростіший метод порівняння НБЛ по визначеній групі їх тактико-технічних характеристик (наприклад [1–2]). В інших методах вводяться деякі узагальнені показники властивостей зразка, наприклад, коефіцієнт науково-технічного або військово-технічного рівня [3–6], комплексний показник техніко-економічної досконалості навчального літака [7]. В роботі [8]

було запропоновано введення узагальненого показника ступеню пристосованості НБЛ до забезпечення виконання задач навчальної льотної підготовки, який би у відносній шкалі вимірювання обраного за еталон НБЛ дозволяв би оцінювати навчальні властивості літака. На основі аналізу сутності навчальної льотної підготовки курсантів, викладеною за узагальненням світового досвіду в [9] та чинних курсів навчальної льотної підготовки [10–11], в попередніх роботах авторів [8; 12] було обґрунтовано вибір сукупності тактико-технічних показників літака, яка описує його навчальні властивості. Передбачається, що показник ступеню пристосованості НБЛ до вирішення всього спектру задач навчальної льотної підготовки курсантів є функцією невідомого виду від значень тактико-технічних характеристик (ТТХ) літака, яку можливо наближено представити у вигляді, наприклад, адитивної згортки виважених тактико-технічних показників. Пошук такого роду згортки (кваліметричної моделі) вимагає визначення значень вагових коефіцієнтів при відповідних показниках [3; 6].

**Мета статті** полягає в отриманні оцінок вагомості визначених тактико-технічних показників навчально-бойового літака в ступені пристосованості зразка для використання в якості навчального засобу у базовій навчальній льотній підготовці курсантів.

## Виклад основного матеріалу

Для безпосереднього визначення значень вагових коефіцієнтів кваліметричної моделі навчальних властивостей НБЛ шляхом проведення експертного оцінювання, найбільш доцільним уявляється застосування відомого, добре апробованого практикою, методу аналізу ієрархій (МАІ) [3; 6; 13–15]. Основою цього методу є структуризація задачі шляхом побудови багаторівневої ієрархії, що об'єднує усі фактори, які тією чи іншою мірою є важливими для вирішення задачі, та які порівнюються між собою за допомогою спеціальних процедур. У результаті стає можливим отримання числових оцінок інтенсивності взаємовпливу елементів ієрархії, на основі яких проводиться оцінювання ступеня впливу окремих факторів відносно головної цілі.

Ранжирування ТТХ ЛА, що аналізується, є однією з основних процедур, яку необхідно

виконати при вирішенні задачі щодо пристосованості ЛА до виконання завдань льотної підготовки курсантів.

Оскільки безпосереднє (пряме) отримання якісних експертних оцінок великої сукупності показників у вигляді ряду їх рангів є неможливим, то в таких випадках доводиться звертатися до більш прийнятних для системи мислення людини процедур, наприклад, до процедур попарного порівняння властивостей за важливістю їх внеску в узагальнений показник рівня пристосованості ЛА до виконання задач льотної підготовки курсантів, і подавати експертні оцінки у вигляді матриць парних порівнянь.

Згідно розробленої методики задача оцінювання ступеню пристосованості НБЛ до вирішення задач базової навчальної льотної підготовки курсантів представляється у вигляді ієрархічної структури (рис. 1).



Рис. 1. Ієрархічна структура факторів, що обумовлюють ступінь пристосованості НБЛ до забезпечення вирішення задач базової навчальної льотної підготовки курсантів

На першому етапі проводиться попарне порівняння важливості програм Курсу навчальної льотної підготовки курсантів (КНЛП) [11]. Визначається ваговий внесок кожної з програм (початкової та основної) в успішне проходження окремо взятим курсантом всього КНЛП. Для цього здійснюється експертне оцінювання ваги кожної

програми ( $\alpha_1$  та  $\alpha_2$ ) шляхом попарного порівняння.

На другому етапі для кожної з програм підготовки курсантів проводиться попарне порівняння важливості основних складових вправ за кожною з програм підготовки та визначається ваговий внесок основних складових вправ програми. При цьому, всі навчальні вправи групуються в три

основні групи: навчання виконання зльоту, освоєння техніки пілотування та навчання виконанню посадок.

На третьому етапі виконується оцінювання вагових внесків (відносних коефіцієнтів вагомості) визначеного переліку ТТХ НБЛ для кожного з названих складових елементів вправ [12]. Попарні порівняння цих ТТХ здійснюються по відношенню до їх впливу на підготовку курсантів за окремими напрямками. Матриця для порівняльної важливості ТТХ НБЛ (матриця парних порівнянь) складається кожним експертом щодо їх впливу на виконання окремих елементів у межах кожної з програм льотної підготовки курсантів. Результати парних порівнянь окремих показників на кожному рівні ієрархії переводяться в числа (в елементи матриці парних порівнянь) за допомогою спеціальної таблиці (числової шкали відносної вагомості) та представляються матрицею парних порівнянь  $(Z_{ik})$ ,  $i, k = 1 \dots n$ , де  $n$  – кількість даних показників.

При попарному порівнянні показників для визначеності розглядається перевага першого показника  $F_i$  в парі  $(F_i, F_k)$  над іншим її показником  $F_k$   $(F_i, F_k)$  – умовне позначення показників, які порівнюються для кожного з етапів проведення експертного оцінювання).

При обчисленні вагових коефіцієнтів окремих факторів на кожному з рівнів ієрархії перевіряється узгодженість думок кожного експерта, що виконав попарні порівняння окремих факторів. Показники узагальненої думки, в загальному випадку, можуть бути отримані різними способами [13]: як середнє арифметичне за оцінками окремих показників усіма експертами; як сума рангів оцінок; як середнє геометричне. Найбільш розповсюдженим є спосіб отримання середнього арифметичного, що обумовлено відносною простотою обчислення. Однак, за думкою Т. Сааті, отримання середнього геометричного є єдиним способом, що може об'єднати усі судження, але у цьому випадку доцільно побудувати групові матриці для кожного з етапів оцінювання [14].

На основі індивідуальних матриць парних порівнянь кожного експерта для кожного етапу проведення оцінювання ступеня пристосованості НБЛ до вирішення задач навчальної льотної підготовки курсантів формується групова матриця. Індивідуальні оцінки експертів на кожному з етапів оцінювання, які були представлені матрицями парних порівнянь  $(Z_{ik}^j)$ ,  $j = 1 \dots m$ ,  $m$  – кількість експертів, є основою для формування групових матриць для кожного з етапів, де елементи групових матриць визначаються шляхом обчислення середнього геометричного:

$$Z_{ik} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m Z_{ik}^j}. \quad (1)$$

Результати експертного оцінювання, представлені у вигляді матриці парних порівнянь  $(Z_{ik})$ , піддаються обробці з метою отримання вектору вагових коефіцієнтів (вектору пріоритетів) порівнюваних факторів, що відображають відносний внесок кожного з них в ступінь пристосованості НБЛ до вирішення задач навчальної льотної підготовки курсантів.

З математичної точки зору ця задача зводиться до знаходження головного власного вектору матриці парних порівнянь, який після нормалізації стає вектором вагових коефіцієнтів [14–15]. Достатньо добре наближення дає спосіб, коли компоненти головного власного вектору обчислюються як середнє геометричне значення в кожному рядку матриці:

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n Z_{ik}}, \quad i = 1 \dots n. \quad (2)$$

Вагові коефіцієнти  $\alpha_i$  визначаються як нормовані значення компонентів головного власного вектору:

$$\alpha_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^n V_i}, \quad i = 1 \dots n. \quad (3)$$

Для оцінювання узгодженості думок експертів при проведенні групового експертного оцінювання може бути використано такі показники, як:

– коефіцієнт варіації оцінок, отриманих кожним з порівнювальних об'єктів, що характеризує варіабельність, яка розраховується у вигляді відношення середнього квадратичного відхилення до середнього арифметичного значення оцінки порівнювального об'єкта;

– коефіцієнт конкордації, який відображає ступінь узгодженості думок експертів про відносну важливість сукупності усіх запропонованих для оцінки об'єктів;

– відношення узгодженості.

Слід зазначити, що коефіцієнт варіації розраховується на основі експертних оцінок, представлених у вигляді балів або часток, тоді як розрахунок коефіцієнта конкордації проводиться на основі експертних оцінок у вигляді рангів.

Для оцінювання узгодженості думок експертів при реалізації обробки експертних даних за допомогою МАІ найбільш показовим та достовірним є показник відношення узгодженості [14].

Для розрахунку міри узгодженості експертних оцінок, які одержано методом парних порівнянь у

рамках застосування методу аналізу ієрархій, відношення узгодженості має вигляд:

$$T = \frac{L}{R}, \quad (4)$$

де  $L$  – індекс узгодженості;  $R$  – середнє значення індексу узгодженості, яке розраховане для квадратної  $n$ -мірної позитивної зворотно-симетричної матриці з випадковими елементами (табл. 1).

Таблиця 1

Середнє значення індексу узгодженості для випадкових матриць різного порядку

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$R$	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54

При абсолютній узгодженості зворотно-симетричної матриці її максимальне власне значення  $\lambda_{max}$  і розмір  $n$  збігаються ( $\lambda_{max} = n$ ). В іншому випадку  $\lambda_{max} > n$ , тобто завжди  $\lambda_{max} \geq n$ . Міра неузгодження думок експертів оцінюється індексом узгодженості, що розраховується за формулою:

$$L = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (5)$$

Наближене значення  $\lambda_{max}$  для оцінки відношення узгодженості можна розрахувати за виразом:

$$\lambda_{max} = \mu^m \alpha, \quad (6)$$

де  $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$  – вектор-стовбець вагових коефіцієнтів;

$\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)$  – вектор-стовбець, компоненти якого визначаються за формулою:

$$\mu_k = \sum_{i=1}^n Z_{ik}, k = 1, \dots, n. \quad (7)$$

Якщо  $T \leq 0,1$ , то ступінь узгодженості думок експертів вважається прийнятним.

Розглянута методика є системним і комплексним підходом до визначення вагових коефіцієнтів факторів, що мають вплив на рівень пристосованості НБЛ до вирішення задач навчальної льотної підготовки курсантів.

Системність підходу полягає в представленні задачі оцінювання у вигляді ієрархічної структури, яка складається із взаємозв'язаних її компонентів, що розподіляються за відповідними рівнями ієрархії. Комплексність підходу зводиться до сукупного врахування всіх ТТХ НБЛ і факторів, найсуттєвіших для показника пристосованості НБЛ

до вирішення задач навчальної льотної підготовки курсантів, а також використання такого комплексного показника, що характеризує НБЛ у якості навчального літака. Такий показник відображає в кількісній формі залежність рівня пристосованості НБЛ до підготовки курсантів від всіх найсуттєвіших ТТХ ЛА, а також дозволяє оцінювати вплив кожного окремого показника або їх сукупності на значення узагальненого показника пристосованості НБЛ до виконання задач базової навчальної льотної підготовки курсантів.

З метою проведення експертного опитування за викладеною вище методикою та з використанням розроблених анкет було сформовано експертну групу в кількості 32 осіб.

До числа експертів було включено авіаційних фахівців, що мають досвід льотно-інструкторської роботи у навчальних авіаційних частинах, який пов'язаний безпосередньо з льотним навчанням курсантів.

До складу групи залучалися фахівці: льотно-методичного відділу Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба; керівний склад та науково-педагогічні працівники льотно-факультету ХНУПС, що мають досвід льотно-інструкторської роботи з курсантами; льотчики-інструктори навчальної авіаційної бригади в/ч А4104; заступники командирів повітряних командувань з авіації – начальники авіації і старші інспектори-льотчики повітряних командувань; керівний склад бригади тактичної авіації в/ч А1349; керівний склад бригади тактичної авіації в/ч А1789.

Якісний склад експертної групи характеризується наступними показниками досвідченості експертів: льотчиків-інструкторів першого класу з інструкторським нальотом у межах 600-1000 годин – 5 осіб; льотчиків-інструкторів першого класу з інструкторським нальотом у межах до 600 годин – 5 осіб; льотчиків-інструкторів другого класу з інструкторським нальотом в межах 600-1000 годин – 5 осіб.

Результати обробки анкет на першому та другому етапах (визначення вагомості програм КНЛП та груп вправ в кожній з програм) наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Відносні коефіцієнти вагомості програм та груп вправ курсу навчальної льотної підготовки курсантів

1 етап: визначення вагомості програм навчальної льотної підготовки				
	Вектор пріоритетів (коефіцієнт важливості)	$\lambda_{max}$	$L$	$T$
Програма початкової підготовки	0,750	2	0	0

Закінчення табл. 2

Програма основної підготовки	0,250			
2 етап: визначення вагомості груп навчальних вправ				
ПРОГРАМА ПОЧАТКОВОЇ ПІДГОТОВКИ	Вектор пріоритетів (коефіцієнт важливості)	$\lambda_{\max}$	$L$	$T$
виконання зльоту	0,312	3,12	0,057	0,098
техніка пілотування	0,076			
посадка	0,612			
ПРОГРАМА ОСНОВНОЇ ПІДГОТОВКИ	Вектор пріоритетів (коефіцієнт важливості)	$\lambda_{\max}$	$L$	$T$
виконання зльоту	0,101	3,04	0,019	0,033
техніка пілотування	0,694			
посадка	0,205			

З отриманих даних видно, що початкова льотна навчальна підготовка має суттєво вищу важливість відносно основної льотної підготовки. Навчання виконанню посадки та зльоту літака в початковій підготовці значно важливіші, ніж освоєння техніки пілотування, тоді як в основній підготовці, важливішим є отримання та удосконалення навичок техніки пілотування, а потім вже закріплення навичок посадки та зльоту.

В табл. 3 наведені результати обробки експертних оцінок при попарному порівнянні важливості визначених тактико-технічних показників НБЛ по кожній групі вправ та у кожній з програм КНЛП (див. рис. 1).

Таблиця 3

Відносні коефіцієнти вагомості визначеного переліку ТТХ НБЛ щодо їх впливу на ступінь пристосованості ЛА до вирішення задач навчальної льотної підготовки курсантів (3-й етап)

Фактори	Вектор пріоритетів (коефіцієнт важливості)	$\lambda_{\max}$	$L$	$T$
<b>ПРОГРАМА ПОЧАТКОВОЇ ПІДГОТОВКИ</b>				
<b>НАВЧАННЯ ВИКОНАННЮ ЗЛЬОТУ</b>				
максимальна тягова озброєність НБЛ ( $\mu_{\max}$ )	0,458	5,02	0,004	0,004
максимальне наявне поздовжнє перевантаження ( $n_{x \max}$ )	0,087			
прийомистість силової установки ( $\tau_{\text{дв}}$ )	0,160			
швидкість відриву ( $v_{\text{відр}}$ )	0,165			
злітний кут атаки ( $\alpha_{\text{зл}}$ )	0,130			
<b>НАВЧАННЯ ТЕХНІЦІ ПІЛОТУВАННЯ</b>				
максимальна тягова озброєність НБЛ ( $\mu_{\max}$ )	0,161	8,36	0,051	0,036
прийомистість силової установки ( $\tau_{\text{дв}}$ )	0,126			
допустимий кут атаки ( $\alpha_{\text{доп}}$ )	0,143			
максимальне наявне поздовжнє перевантаження ( $n_{x \max}$ )	0,050			
максимальна аеродинамічна якість ( $K_{\max}$ )	0,153			
максимальне нормальне перевантаження ( $n_{y \max}$ )	0,165			
максимальна наявна кутова швидкості крену ( $\omega_{x \max}$ )	0,053			
мінімальна допустима швидкість горизонтального польоту ( $v_{\text{мін доп}}$ )	0,149			
<b>НАВЧАННЯ ВИКОНАННЮ ПОСАДКИ</b>				
мінімальна допустима швидкість горизонтального польоту ( $v_{\text{мін доп}}$ )	0,185	5,44	0,109	0,097
максимальне нормальне перевантаження ( $n_{y \max}$ )	0,071			
прийомистість силової установки ( $\tau_{\text{дв}}$ )	0,337			
посадочний кут атаки ( $\alpha_{\text{пос}}$ )	0,193			
посадочна швидкість ( $v_{\text{пос}}$ )	0,213			
<b>ПРОГРАМА ОСНОВНОЇ ПІДГОТОВКИ</b>				
<b>НАВЧАННЯ ВИКОНАННЮ ЗЛЬОТУ</b>				
максимальна тягова озброєність НБЛ ( $\mu_{\max}$ )	0,464	5,12	0,028	0,025
максимальне наявне поздовжнє перевантаження ( $n_{x \max}$ )	0,085			
прийомистість силової установки ( $\tau_{\text{дв}}$ )	0,196			
швидкість відриву ( $v_{\text{відр}}$ )	0,138			
злітний кут атаки ( $\alpha_{\text{зл}}$ )	0,118			
<b>НАВЧАННЯ ТЕХНІЦІ ПІЛОТУВАННЯ</b>				
максимальна тягова озброєність НБЛ ( $\mu_{\max}$ )	0,235	8,51	0,072	0,051
прийомистість силової установки ( $\tau_{\text{дв}}$ )	0,110			
допустимий кут атаки ( $\alpha_{\text{доп}}$ )	0,160			
максимальне наявне поздовжнє перевантаження ( $n_{x \max}$ )	0,064			
максимальна аеродинамічна якість ( $K_{\max}$ )	0,099			
максимальне нормальне перевантаження ( $n_{y \max}$ )	0,168			
максимальна наявна кутова швидкості крену ( $\omega_{x \max}$ )	0,050			
мінімальна допустима швидкість горизонтального польоту ( $v_{\text{мін доп}}$ )	0,115			
<b>НАВЧАННЯ ВИКОНАННЮ ПОСАДКИ</b>				
мінімальна допустима швидкість горизонтального польоту ( $v_{\text{мін доп}}$ )	0,249	5,18	0,045	0,04
максимальне нормальне перевантаження ( $n_{y \max}$ )	0,058			

Закінчення табл. 3

прийомистість силової установки ( $\tau_{дв}$ )	0,259	5,18	0,045	0,04
посадочний кут атаки ( $\alpha_{пос}$ )	0,129			
посадочна швидкість ( $v_{пос}$ )	0,306			

Визначені вагові коефіцієнти утворюють базу для побудови відповідних залежностей коефіцієнту ступеню пристосованості НБЛ до забезпечення виконання курсантами кожної групи вправ в кожній програмі КНЛП від ТТХ літака.

Отримані значення відношення узгодженості  $T$ , які наведені у табл. 2 та в табл. 3, мають значення менші 0,1. Це свідчить про задовільну узгодженість групової матриці парних порівнянь, та підтверджує достовірність отриманих результатів.

## Висновки

На основі застосування розробленої методики експертного оцінювання отримані чисельні

значення оцінок вагомості визначених тактико-технічних показників навчально-бойового літака, що характеризують відносний внесок кожного показника в ступінь пристосованості зразка до виконання всього спектру задач базової навчальної льотної підготовки курсантів. Достовірність отриманих результатів підтверджується задовільним рівнем узгодженості думок досвідчених експертів.

Отримані значення вагомості тактико-технічних показників навчально-бойового літака можуть бути використаними в якості вагових коефіцієнтів у відповідних кваліметричних моделях навчальних властивостей зразків названого виду бойової авіаційної техніки.

## Список літератури

1. Нор П.І. Анализ развития учебно-тренировочных самолетов с турбореактивными двигателями / П.І. Нор // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – № 1(3). – С. 11-19.
2. Нор П.І. Реактивні навчально-тренувальні літаки: покоління; технічні характеристики; порівняльна оцінка / П.І. Нор, Л.Ю. Новосад. – К.: Фітон, 2012. – 160 с.
3. Системная методология планирования развития, предпроектных исследований и внешнего проектирования вооружения и военной техники: монография / Б.А. Демидов, М.И. Луханин, А.Ф. Величко, М.В. Науменко; под ред. Б.А. Демидова. – К.: “Стілос”, 2011. – 464 с.
4. Нор П.І. Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки / П.І. Нор, О.М. Горський, А.Г. Павленко // Зб. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2012. – № 34. – С. 188-194.
5. Методика оцінки технічного рівня систем озброєння Збройних Сил / В.А. Єфіменко, А.І. Крикуненко, П.І. Нор, О.Д. Мельник // Зб. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2010. – № 15(37). – С. 131-146.
6. Азгальдов Г.Г. Количественная оценка качества продукции - квалиметрия. – М.: Знание, 1986. – 365 с.
7. Логинов В.В. Методологические основы формирования параметрического облика силовой установки перспективного учебно-боевого самолета: монография / В.В. Логинов, А.В. Еланский, И.Ф. Кравченко. – Х.: ХУВС им. И. Кожедуба, 2016. – 294 с.
8. Обґрунтування вибору факторного простору для побудови кваліметричної моделі навчально-бойового літака на основі аналізу курсу навчальної льотної підготовки курсантів / А.М. Алімпієв, В.П. Єрошенко, І.Б. Ковтонюк, О.Б. Леонтьєв // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 3(2). – С. 54-59.
9. Інноваційний розвиток вищої військової освіти України: досвід, тенденції, перспективи, особливості підготовки військових льотчиків: монографія / В.В. Сідаш, А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов, С.В. Залкін, С.О. Сідченко, К.І. Хударковський. – Х.: Цифрова друкарня № 1, 2012. – 456 с.
10. Курс наземної і льотної підготовки курсантів на літаку Л-39 (КНЛП Л39 – 2004). – Х.: ХІ ВПС, 2004. – 184 с.
11. Курс бойової підготовки на навчально-тренувальному літаку Л-39. – Х. ХУПС, 2014. – 243 с.
12. Алімпієв А.М. Аналіз та уточнення факторного простору для побудови кваліметричної моделі навчально-бойового літака / А.М. Алімпієв, В.П. Єрошенко, І.Б. Ковтонюк // Системи озброєння і військова техніка. – 2017. – № 2(50). – С. 7-9.
13. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании / Г.М. Добров, Ю.В. Ершов, Е.И. Левин, Л.П. Смирнов. – К.: Наукова думка, 1974. – 160 с.
14. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
15. Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация / А.С. Рыков. – М.: “МИСИС”, 2005. – 352 с.

## References

1. Nor, P.I. (2010), “Analisis razvitiya uchebno-trenirovochnykh samoliotov s turboreaktivnymi dvigatelyami” [Analysis of the development of training aircraft with turbojet engines], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(3), pp. 11-19.
2. Nor, P.I. and Novosad, L.U. (2012), “Reaktivny navchalno-trenualni litaky: pokolinnya, technichni charakteristiki, porivnyalna otsinka” [*Jet training planes: generation, performance, comparative evaluation*], Fiton, Kyiv, 160 p.
3. Demidov, B.A., Luchanin, M.I., Velichko, A.F. and Naumenko, M.V. (2011), “Sistemnaya metodologiya planirovaniya razvitiya, predproektnykh issledovaniy i vneshnego proektirovaniya vooruzheniya i voennoi techniki” [*System methodology of development planning, pre-project research and external design of weapons and military equipment*], “Stilos”, Kyiv, 464 p.
4. Nor, P.I., Gorsky, O.M. and Pavlenko, A.G. (2012), “Metodika otsinki technichnogo rinvnya zrazkiv ozbroennya ta

viyskovoï techniki” [Methodology for assessing the technical level of weapons and military equipment samples], *Scientific Works of CNDI OVT of the Armed Forces of Ukraine*, No. 34, pp. 188-194.

5. Efimenko, V.A., Krykunenko, A.I., Nor, P.I. and Melnik, O.D. (2010), “Metodika otsinki technichnogo rivnya zrazkiv ozbroennya ta viyskovoï techniki” [Methodology for assessing the technical level of the Armed Forces Arms systems], *Scientific Works of CNDI OVT of the Armed Forces of Ukraine*, No. 15(37), pp. 131-146.

6. Azgaldov, G.G. (1986), “Kolichestvennaya otsenka kachestva produktsii – kvalimetriya” [Quantitative assessment of product quality – qualimetry], Knowledge, Moscow, 365 p.

7. Loginov, V.V., Elanski, A.V. and Kravchenko, I.F. (2016), “Metodologicheskie osnovy formirovaniya parametriceskogo oblika silovoi ustanovki perspektivnogo uchebno-boyovogo samolyota” [Methodological basis for the formation of the parametric appearance of the power plant promising training and combat aircraft], KNAFU, Kharkiv, 294 p.

8. Alimpiev, A.M., Yeroshenko, V.P., Leontyev, O.B. and Kovtonyuk, I.B. (2016), “Obgruntuvannya vyboru factornogo prostoru dlya pobudovy kvalimetrichnoi modeli navchalno - boyovogo litaka na osnovi analizu kursu navchalnoi liotnoi pidgotovki kursantiv” [Justification of factor-space selection for qualimetric modelling of combat-capable trainer aircraft on the basis of flight instruction training session analysis], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 3(2), pp. 54-59.

9. Sidash, V.V., Alimpiev, A.M., Pievtsov, H.V., Zalkin, S.V., Sidchenko, S.O. and Khudarkovskyi, K.I. (2012), “Innovatsyiniyi rozvitok vyshoi viyskovoï osvity Ukrainy: dosvid, tendentsii, perspektivy, osoblyvosti pidgotovki viyskovykh liotchikiv” [Innovative development of higher military education in Ukraine: experience, trends, prospects, peculiarities of training military pilots], Tsifrova drukarnya №1, Kharkiv, 456 p.

10. Air Forces of the Armed Forces of Ukraine (2004), “Kurs nazemnoi i liotnoi pidgotovki kursantiv na litaku JI-39 (KNLP JI-39 – 2004)” [Course of ground and flight training of cadets on an airplane JI-39 (CGFT JI39 - 2004)], KNAFU, Kharkiv, 184 p.

11. Air Forces of the Armed Forces of Ukraine (2014), “Kurs boyovoy pidgotovki na navchalno-trenuvalnomu litaky JI-39” [The course of combat training on the training airplane JI-39], KNAFU, Kharkiv, 243 p.

12. Alimpiev, A.M., Yeroshenko, V.P. and Kovtonyuk, I.B. (2017), “Analiz ta utochnennya factornogo prostoru dlya pobudovy kvalimetrichnoi modeli navchalno-boyovogo litaka” [Factor space analysis and improvement for qualimetric modeling of the training-combat aircraft], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. (50), pp. 7-9.

13. Dobrov, G.M., Ershov, U.V., Levin, E.I. and Smirnov, L.P. (1974), “Ekspertnye otsenki v nauchno-technicheskoy prognozirovani” [Expert estimates in scientific and technical forecasting], Naukova dumka, Kyiv, 160 p.

14. Saati, T. (1993), “Prinyatie reshenyi. Method analiza ierarchy” [Making decisions. Hierarchy analysis method], Radio i sviaz, Moscow, 320 p.

15. Rykov, A.S. (2005), “Modeli i metody sistemnogo analiza: prinyatie reshenyi i optimizatsiya” [Models and methods of system analysis: decision making and optimization], “MISIS”, Moscow, 352 p.

Надійшла до редколегії 30.01.2019

Схвалена до друку 5.03.2019

#### **Відомості про авторів:**

##### **Алімпієв Андрій Миколайович**

кандидат технічних наук  
Командування Повітряних Сил  
Збройних Сил України,  
Вінниця, Україна  
<https://orcid.org/0000-0003-1390-7456>

##### **Єрошенко Валерій Петрович**

заступник начальника  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-9243-7781>

##### **Леонт'єв Олексій Борисович**

доктор технічних наук професор  
головний науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<http://orcid.org/0000-0003-4003-7759>

##### **Ковтонюк Ігор Борисович**

доктор технічних наук професор  
начальник кафедри  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,  
Харків, Україна  
<http://orcid.org/0000-0002-7010-3596>

#### **Information about the authors:**

##### **Andrey Alimpiev**

Candidate of Technical Sciences  
Command of the Air Forces  
of the Armed Forces of Ukraine,  
Vinnytsia, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0003-1390-7456>

##### **Valery Yeroshenko**

Deputy Head  
of Ivan Kozhedub  
Kharkiv National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-9243-7781>

##### **Oleksii Leontiev**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
Chief Scientist  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University.  
Kharkiv, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0003-4003-7759>

##### **Igor Kovtonyuk**

Doctor of Technical Sciences Professor  
Head of the Department  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University,  
Kharkiv, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0002-7010-3596>

**Науменко Марина Володимирівна**  
кандидат технічних наук  
старший науковий співробітник  
провідний науковий співробітник  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба  
Харків, Україна  
<http://orcid.org/0000-0002-1216-9263>

**Marina Naumenko**  
Candidate of Technical Sciences  
Senior Researcher  
Lead Researcher  
of Ivan Kozhedub Kharkiv  
National Air Force University  
Kharkiv, Ukraine  
<http://orcid.org/0000-0002-1216-9263>

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАЧИМОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УЧЕБНО-БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ**

А.Н. Алимпиев, В.П. Ерошенко, А.Б. Леонтьев, И.Б. Ковтонюк, М.В. Науменко

*Приведены результаты обработки материалов экспертного оценивания отдельных тактико-технических показателей учебно-боевого самолета на предмет их значимости в степени приспособленности образца к решению задач обеспечения базовой учебной летной подготовки курсантов. Описана методика и условия проведения экспертного оценивания. Приведены данные, подтверждающие достоверность полученных оценок. Проведен анализ полученных результатов.*

**Ключевые слова:** анкета, весовой коэффициент, экспертное оценивание, учебно-боевой самолет, учебная летная подготовка, тактико-технические показатели

### **RESULTS OF EVALUATING THE SIGNIFICANCE OF SEPARATE PERFORMANCE OF TRAINING-COMBAT AIRPLANES BY THE EXPERT EVALUATION METHOD**

A. Alimpiev, V. Yeroshenko, O. Leontyev, I. Kovtonyuk, M. Naumenko

*The results of processing the materials of expert evaluation of separate performance of the training-combat airplane as to their importance in the degree of suitability of the sample to the tasks of providing basic flight training of the cadets are presented. The technique and conditions of carrying out expert evaluation are described. The considered technique is a system and complex approach to determining weight coefficients of factors that have an impact on the level of suitability of a training-combat airplane to the decision of the tasks of flight training of cadets. The system approach is to represent the evaluation task in the form of a hierarchical structure, which consists of its interrelated components, which are distributed according to the corresponding levels of the hierarchy. The complexity of the approach is to take into account in aggregate all the performances of the training-combat airplane and the factors that are most significant for the index of fitness of the training-combat airplane to solve the tasks of the flight training of the cadets, as well as the use of such a complex index that characterizes the training-combat airplane as a training airplane. Based on the application of the developed expert assessment methodology, numerical values of the estimates of the weight of certain performances of the training-combat airplane, which characterize the relative contribution of each indicator to the degree of suitability of the sample to the implementation of the whole range of tasks of the basic flight training of the cadets, are obtained. The reliability of the results is confirmed by the satisfactory level of consistency of evaluations of experienced experts. The analysis of the obtained results is carried out. The obtained values of the importance of the performance of the training-combat airplane can be used as weight coefficients in the corresponding qualimetric models of educational properties of samples of this type of combat aircraft.*

**Keywords:** questionnaire, weight coefficient, expert evaluation, training-combat airplane, flight training, performance