УДК 629.735.45 DOI: 10.30748/nitps.2019.35.10

О.Б. Леонтьєв, В.П. Єрошенко, М.В. Науменко, І.Б. Ковтонюк

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

КВАЛІМЕТРИЧНІ МОДЕЛІ СТУПЕНЮ ПРИДАТНОСТІ НАВЧАЛЬНО-БОЙОВОГО ЛІТАКА ДО ВИКОРИСТАННЯ В БАЗОВІЙ НАВЧАЛЬНІЙ ЛЬОТНІЙ ПІДГОТОВЦІ КУРСАНТІВ

В статті розглянуті математичні залежності узагальнених показників ступеню придатності навчально-бойового літака до виконання задач навчальної льотної підготовки курсантів від значень його визначаючих тактико-технічних характеристик. Побудовано моделі для оцінювання пристосованості літака для навчання виконанню зльоту, освоєння техніки пілотування та посадки окремо при проходженні програм початкової та основної льотної підготовки. Наявність сукупності кваліметричних моделей дозволяє у відносній шкалі вимірювання обраного за еталон літака кількісно оцінювати придатність конкретного типу навчально-бойового літака до використання в якості навчального засобу в льотній підготовці курсантів.

Ключові слова: *властивості, кваліметричні моделі, навчально-бойовий літак, навчальна льотна підготовка, тактико-технічні характеристики, узагальнені показники.*

Вступ

Постановка проблеми. Задача порівняльного оцінювання можливих альтернативних варіантів типів навчально-тренувальних (НТЛ) або навчально-бойових літаків (НБЛ) за ступенем їх придатності для забезпечення навчальної льотної підготовки курсантів має суттєве значення при виборі типажу літаків для заміни існуючого парку авіаційної техніки навчальних авіаційних частин. Вирішення такої задачі передбачає наявність відповідного методичного апарату, який би надавав змоги отримувати кількісні оцінки переваги однієї альтернативи над іншою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На цей час відомо декілька методичних підходів до розв'язування задач порівняльного оцінювання зразків озброєння та військової техніки, зокрема бойової авіаційної техніки, в тому числі й НБЛ, наприклад, [1–11], але їх аналіз виявив відсутність можливості оцінювання зразка, як саме навчального засобу.

Стосовно оцінювання технічної досконалості НБЛ, саме як авіаційного навчально-бойового комплексу, найбільш наближеними для практичного використання є методичні підходи, що викладені в роботах [12–13]. У цих роботах запропоновано використання показника комплексної оцінки техніко-економічної досконалості навчально-бойового літака, який враховує оцінку взаємозв'язку між зміною окремих льотно-технічних характеристик та зміною вартості життєвого циклу силової установки нового (модернізованого) НБЛ в порівнянні з існуючим, так званим, базовим варіантом літака, при різній інтенсивності його використання в ході виконання типових польотних завдань. Але при більш ретельному аналізі даних методичних підходів виявилося, що запропонований показник фактично не відображує ступінь пристосованості НБЛ до виконання задач курсу базової льотної підготовки курсантів. Так, наприклад, обрані тактико-технічні характеристики НБЛ для визначення значень показника його техніко-економічної досконалості не відслідковують їх впливу на зміну придатності літака до забезпечення виконання вправ програм базової навчальної підготовки курсантом. Тому й сам показник, а також запропонована методика визначення його значень не забезпечують зв'язок із ступенем відповідності кінцевої меті функціонування НБЛ, як навчального засобу.

В попередніх роботах авторів на основі аналізу змісту вправ програм курсів базової навчальної льотної підготовки курсантів було запропоновано введення узагальненого відносного показника ступеня придатності НБЛ як навчального засобу та методичний до його визначення [14–15]. За розробленою процедурою було проведено експертне оцінювання важливості визначеної сукупності тактико-технічних характеристик (ТТХ) НБЛ для виконання навчальних вправ та для освоєння певних навичок курсантом при проходженні ним програм курсу навчальної льотної підготовки.

Метою статті є формування кваліметричних моделей ступеню придатності навчально-бойового літака до використання в навчальній льотній підготовці курсантів на основі використання отриманих результатів експертного опитування.

© Леонтьєв О.Б., Єрошенко В.П., Науменко М.В., Ковтонюк І.Б., 2019

Виклад основного матеріалу

Експертне оцінювання вагомості ТТХ НБЛ в ступінь досягнення мети виконання основних груп вправ програм початкової та основної навчальної льотної підготовки курсантів здійснювалося методом порівняльного оцінювання відповідних показників за методом аналізу ієрархій. Для цього, у відповідності до аналізу змісту курсу навчальної льотної підготовки було побудовано ієрархічну структуру прояву властивостей НБЛ та сформовано факторний простір – сукупність ТТХ літака, що визначені значущими при виконанні трьох основних груп навчальних вправ, пов'язаних з навчанням зльоту, посадки та освоєнням техніки пілотування для кожної програми курсу базової навчальної льотної підготовки – початкової та основної. Більш детально це описано в роботах [14–15]. Разом з визначенням вагомості окремих ТТХ НБЛ, експертами визначався вплив зміни даних ТТХ на ступінь придатності літака до виконання відповідних груп вправ. Якщо підвищення значення конкретної ТТХ на думку експерта сприяє покращенню ступеню придатності НБЛ до виконання курсантом відповідної групи навчальних вправ в конкретній програмі курсу, то експерт призначав позитивний показник ступеню цієї ТТХ в кваліметричній моделі. Якщо навпаки, підвищення значення ТТХ погіршує придатність НБЛ, то експерт призначав негативний показник ступеню даній ТТХ для включення в модель.

В якості експертів було відібрано 32 досвідчених льотчиків-інструкторів, що мають великий досвід роботи з льотного навчання курсантів. Збіжність колективної думки експертів оцінювалася за відомими методиками, відносна помилка оцінок не перевищувала в опитуванні 10%, що свідчить про задовільну достовірність отриманих результатів експертного оцінювання.

На рис. 1 наведено вагові коефіцієнти та знаки показників ступеню в кваліметричній моделі визначених ТТХ для забезпечення навчанню курсантів зльоту в ході початкової підготовки характеристик НБЛ. Для побудови кваліметричних моделей використовувалися відносні ТТХ НБЛ, що отримувалися шляхом відношення конкретної характеристики літака, ступінь придатності якого оцінюється на значення відповідної характеристики літака, обраного за еталон.

В моделях відносні характеристики позначені рискою над відповідними їх позначеннями. Побудована за результатами експертного опитування кваліметрична модель, як залежність показника пристосованості НБЛ до навчання курсантів виконанню зльоту при проходженні програм початкової льотної підготовки від значень його відповідних ТТХ буде мати вигляд:

$$K_{почзл} = 0,46\overline{\mu} + 0,17\frac{1}{\overline{v_{відр}}} + 0,07\overline{n_x} + \\ + 0,14\frac{1}{\overline{\alpha_{зл}}} + 0,16\frac{1}{\overline{t_{прсу}}}, \quad (1)$$

де $\overline{\mu}$ – відносна тягова озброєність літака; $\overline{v_{відр}}$ – відносна швидкість відриву; $\overline{n_x}$ – відносне максимальне наявне повздовжнє перевантаження літака; $\overline{\alpha_{зл}}$ – відносний злітний кут атаки; $\overline{t_{прсу}}$ – відносна характеристика прийомістості силової установки літака.

Отримані вагові коефіцієнти дозволяють побудувати пріоритетний ряд, який, за ознакою зростання важливості (зліва направо), описує множину тактико-технічних характеристик НБЛ, що визначають пристосованість літака до навчання курсантів зльоту у початковій льотній підготовці:

$$\{n_x; \alpha_{зл}; t_{прсу}; v_{відр}; \mu\}. \quad (2)$$

Вагові коефіцієнти визначених ТТХ НБЛ, які забезпечують придатність літака до навчання курсантів техніці пілотування при виконанні вправ в ході початкової підготовки, а також показнику ступеню їх включення до складу моделі, наведено на рис. 2. Відповідна кваліметрична модель буде мати вигляд:

$$K_{почтп} = 0,161\overline{\mu} + 0,05\overline{n_x} + 0,126\frac{1}{\overline{t_{прсу}}} + 0,153\overline{K_{\max}} + \\ + 0,143\overline{\alpha_{доп}} + 0,053\overline{\omega_x} + 0,165\overline{n^e_{y\max}} + 0,149\frac{1}{\overline{v_{\min доп}}}, \quad (3)$$

де $\overline{K_{\max}}$ – відносна максимальна аеродинамічна якість планеру літака; $\overline{\alpha_{доп}}$ – відносний максимально допустимий кут атаки літака; $\overline{\omega_x}$ – відносна наявна максимальна кутова швидкість крену; $\overline{n^e_{y\max}}$ – відносне максимальне експлуатаційне нормальне перевантаження літака; $\overline{v_{\min доп}}$ – відносна мінімальна допустима швидкість горизонтального польоту літака.

Пріоритетний ряд характеристик НБЛ, що є визначальними для оцінювання придатності літака до використання при навчанні курсантів техніці пілотування в програмі початкової льотної підготовки, побудований за ознакою зростання важливості факторів, буде мати вигляд:

$$\{\omega_x; n_x; t_{прсу}; \alpha_{доп}; v_{\min доп}; K_{\max}; \mu; n^e_{y\max}\}. \quad (4)$$

Вагові коефіцієнти ТТХ НБЛ та оцінка їх впливу, що обрані в якості визначаючих ступеню придатності літака до навчання курсантів виконанню по-

садки в ході проходження ними програми початкової льотної підготовки, наведені на рис. 3. Кваліметрична модель показника ступеню придатності НБЛ до використання в початковій льотній підготовці курсантів при навчанні виконанню посадки матиме наступний вигляд:

$$K_{почпос} = 0,338\frac{1}{\overline{t_{прсу}}} + 0,071\overline{n^{e}_{y\max}} + 0,185\frac{1}{\overline{v_{\min доп}}} + \\ +0,193\frac{1}{\overline{\alpha_{пос}}} + 0,213\frac{1}{\overline{v_{пос}}}, \quad (5)$$

де $\overline{\alpha_{пос}}$ – відносний посадочний кут атаки літака;

$\overline{v_{пос}}$ – відносна посадочна швидкість літака.

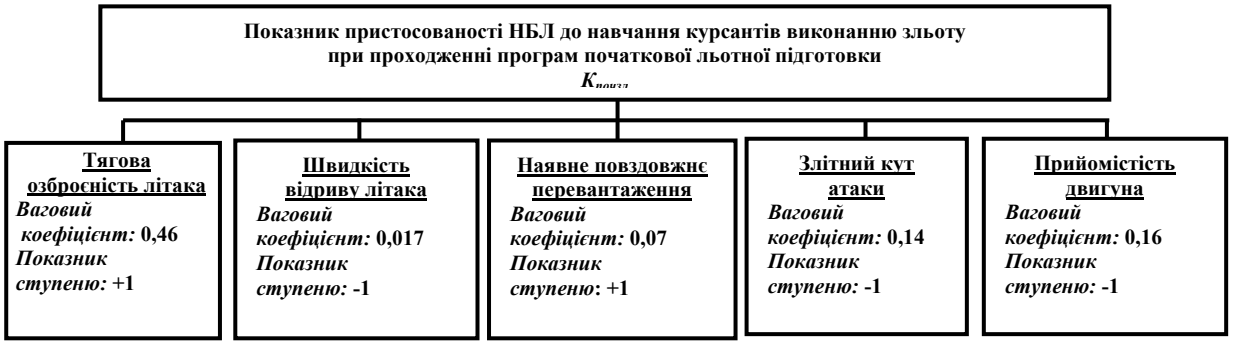

Рис. 1. Вагові коефіцієнти факторів для оцінювання пристосованості НБЛ до навчання курсантів посадці в програмі початкової підготовки

Рис. 2. Вагові коефіцієнти факторів для оцінювання пристосованості НБЛ до навчання курсантів техніці пілотування в програмі початкової підготовки

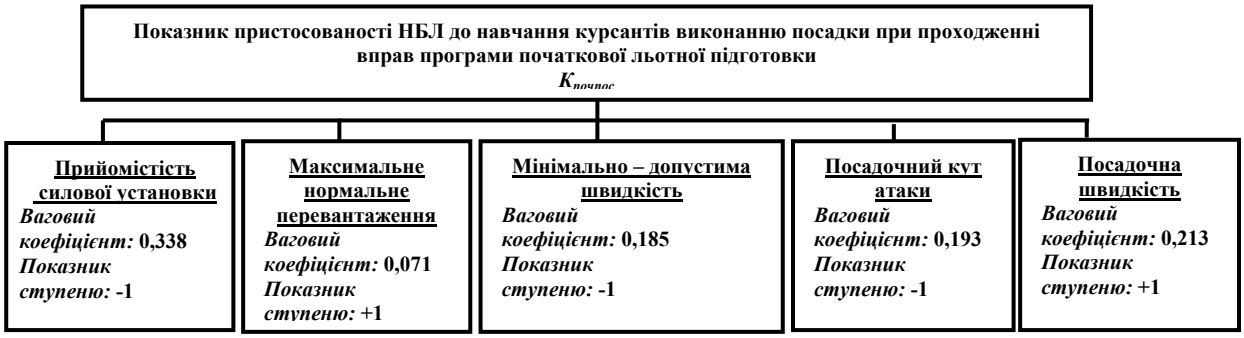

Рис. 3. Вагові коефіцієнти факторів для оцінювання пристосованості НБЛ до навчання курсантів виконанню посадки в програмі початкової підготовки

Пріоритетний ряд характеристик НБЛ, що є визначальними для оцінювання придатності літака до використання при навчанні курсантів виконанню посадки в програмі початкової льотної підготовки, побудований за ознакою зростання важливості факторів, буде мати вигляд:

$$\{n^e_{y\max}; v_{\min доп}; \alpha_{пос}; v_{пос}; t_{прсу}\}. \quad (6)$$

Сумісний аналіз пріоритетних рядів (2; 4) та (6) свідчить, що окремі спільні фактори відповідних моделей (1; 3) та (5) змінюють свою вагомість для забезпечення виконання елементів вправ початкової підготовки. Тому виділити пріоритетний ряд ТТХ НБЛ з наведених рядів, однозначно визначаючий придатність літака для початкової підготовки курсантів, уявляється неможливим. В той же час, при проведенні експертного оцінювання було здійснено визначення вагомості груп вправ (навчанню зльоту, техніці пілотування та посадці) в досягненні цілей початкової підготовки курсантів. Так, для освоєння програми початкової льотної підготовки навчання виконання зльоту курсантом має коефіцієнт вагомості 0,312, освоєння техніки пілотування – коефіцієнт вагомості 0,076, а освоєння виконання посадки – 0,612. Це дозволяє визначити формалізований зв'язок узагальненого показника придатності НБЛ до забезпечення виконання задач початкової льотної підготовки ($K_{поч}$) з визначеною множиною ТТХ літака, який у відносній шкалі вимірювання обраного еталонного НБЛ може бути описаним наступним виразом:

$$\begin{aligned} K_{поч} &= 0,312K_{почзл} + 0,076K_{почтп} + 0,612K_{почпос} = \\ &= 0,155756\overline{\mu} + 0,05304\frac{1}{\overline{v_{відр}}} + 0,02564\overline{n_x} + \\ &+ 0,04368\frac{1}{\overline{\alpha_{зл}}} + 0,266352\frac{1}{\overline{t_{прсу}}} + \\ &+ 0,055992\overline{n^e_{y\max}} + 0,124544\frac{1}{\overline{v_{\min доп}}} + \\ &+ 0,011628\overline{K_{\max}} + 0,010868\overline{\alpha_{доп}} + 0,004028\overline{\omega_x} + \\ &+ 0,118116\frac{1}{\overline{\alpha_{пос}}} + 0,130356\frac{1}{\overline{v_{пос}}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Тоді визначиться й пріоритетний ряд факторів (ТТХ НБЛ), що визначає придатність літака до забезпечення виконання задач початкової підготовки, який при його побудові за ознакою зростання важливості ТТХ, має вигляд:

$$\begin{aligned} &\{\omega_x; \alpha_{доп}; K_{\max}; n_x; \alpha_{зл}; v_{відр}; n^e_{y\max}; \\ &\alpha_{пос}; v_{пос}; v_{\min доп}; t_{прсу}; \mu\}. \end{aligned} \quad (8)$$

На рис. 4 наведені результати визначення вагових коефіцієнтів для залежності ступеню придатності НБЛ щодо забезпечення удосконалення навичок курсантів по виконанню зльоту в ході основної льотної підготовки. Залежність показника ступеню пристосованості НБЛ до забезпечення удосконалення навичок з виконання зльоту в основній підготовці від ТТХ НБЛ, згідно отриманих значень вагових коефіцієнтів, має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} K_{оснзл} &= 0,458\overline{\mu} + 0,138\frac{1}{\overline{v_{відр}}} + 0,09\overline{n_x} + \\ &+ 0,118\frac{1}{\overline{\alpha_{зл}}} + 0,196\frac{1}{\overline{t_{прсу}}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Відповідний пріоритетний ряд ТТХ, побудований за зростанням важливості факторів моделі, має вид:

$$\{n_x; \alpha_{зл}; v_{відр}; t_{прсу}; \mu\}. \quad (10)$$

На відміну від аналогічного ряду для оцінювання ступеню придатності НБЛ до початкової підготовки (2), в даному ряді швидкість відриву літака уступає місце за важливістю прийомістості силової установки. Це пояснюється тим, що на відміну від початкової підготовки, в основній підготовці курсанти виконують вправи вже без інструктора, тому швидкість реакції літака на дачу ручки управління силовою установкою суттєво впливає на можливість своєчасного усунення наслідків допущених помилок. В іншому, ступінь важливості ТТХ НБЛ залишається такою ж.

Значення вагових коефіцієнтів та напрямів впливу на ступінь придатності НБЛ факторів, що визначені для навчання (удосконалення навичок) курсантів з техніки пілотування в основній програмі навчальної льотної підготовки, як результат обробки даних проведеного експертного опитування, наведені на рис. 5. Відповідна кваліметрична модель має наступний вигляд:

$$\begin{aligned} K_{почтп} &= 0,235\overline{\mu} + 0,064\overline{n_x} + 0,11\frac{1}{\overline{t_{прсу}}} + \\ &+ 0,098\overline{K_{\max}} + 0,16\overline{\alpha_{доп}} + 0,05\overline{\omega_x} + \\ &+ 0,168\overline{n^e_{y\max}} + 0,115\frac{1}{\overline{v_{\min доп}}}, \end{aligned} \quad (11)$$

а пріоритетний ряд визначаючих відповідних ТТХ НБЛ представляється у виді:

$$\{\omega_x; n_x; K_{\max}; t_{прсу}; v_{\min доп}; \alpha_{доп}; n^e_{y\max}; \mu\}. \quad (12)$$

В порівнянні з порядком розташування по важливості ТТХ НБЛ аналогічного ряду для відповідної групи вправ програми початкової льотної підготовки (4), для основної льотної підготовки спостерігається декілька інший порядок розташування визначаючих факторів у пріоритетному ряді. Так, наприклад, суттєво зменшена, за думками експертів, значимість максимальної аеродинамічної якості літака. Більшу важливість отримує допустимий кут атаки. Тягова озброєність літака за важливістю перевищує максимальне експлуатаційне нормальне перевантаження.

Це пояснюється підвищенням значимості саме параметрів, що обумовлюють якість та рівень безпеки виконання вправ програми основної підготовки, пов'язаних з виконанням складних фігур пілотажу при освоєнні курсантами елементів бойового маневрування.

Значення отриманих за рахунок обробки результатів експертного опитування вагових коефіцієнтів при факторах, визначаючих ступінь придатності НБЛ до забезпечення удосконалення навичок курсантів у виконанні посадки в ході основної навчальної льотної підготовки, наведено на рис. 6.

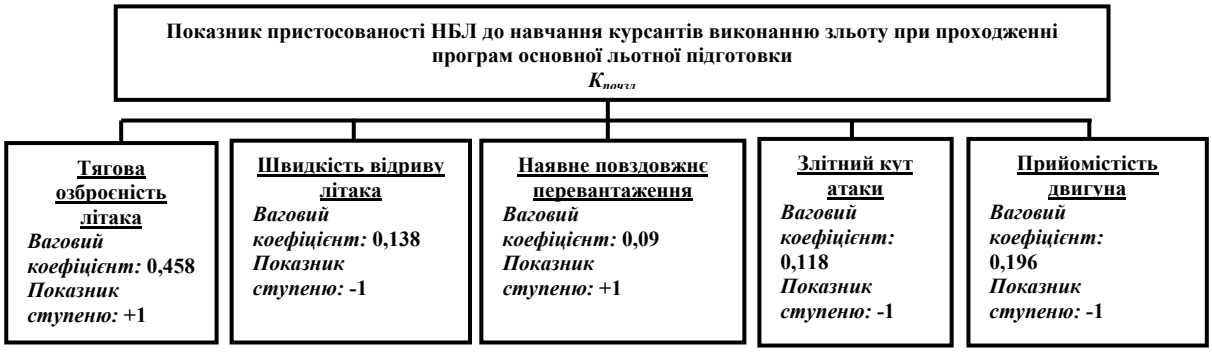

Рис. 4. Вагові коефіцієнти факторів для оцінювання пристосованості НБЛ до навчання курсантів посадці в програмі основної льотної підготовки

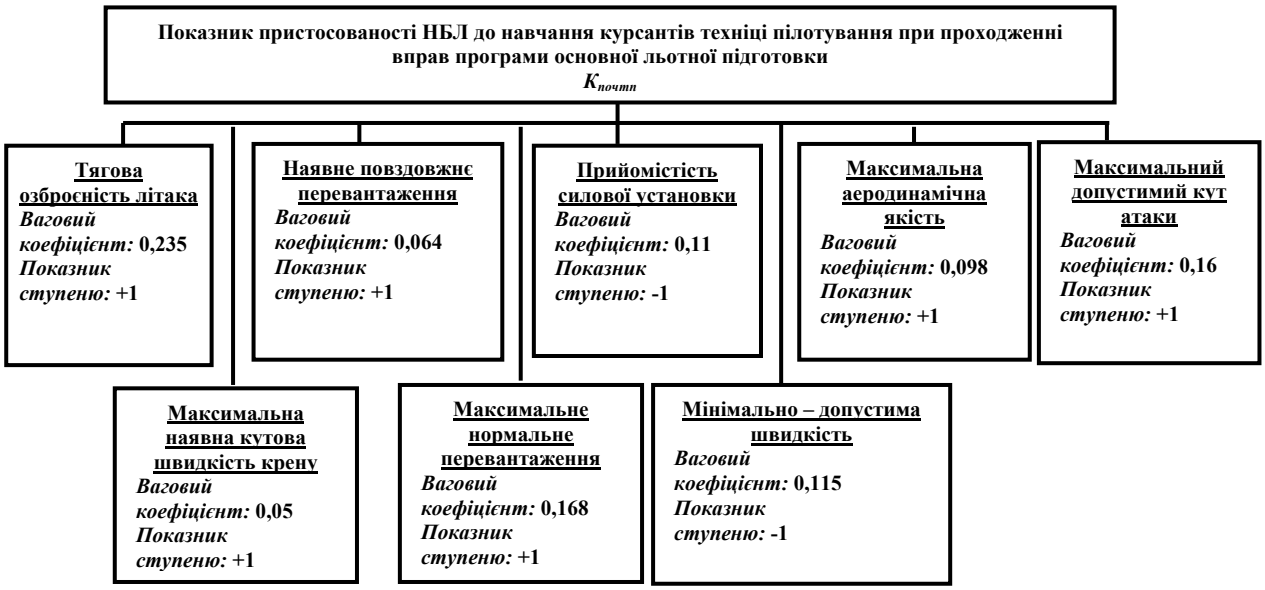

Рис. 5. Вагові коефіцієнти факторів для оцінювання пристосованості НБЛ до навчання курсантів техніці пілотування в програмі основної льотної підготовки

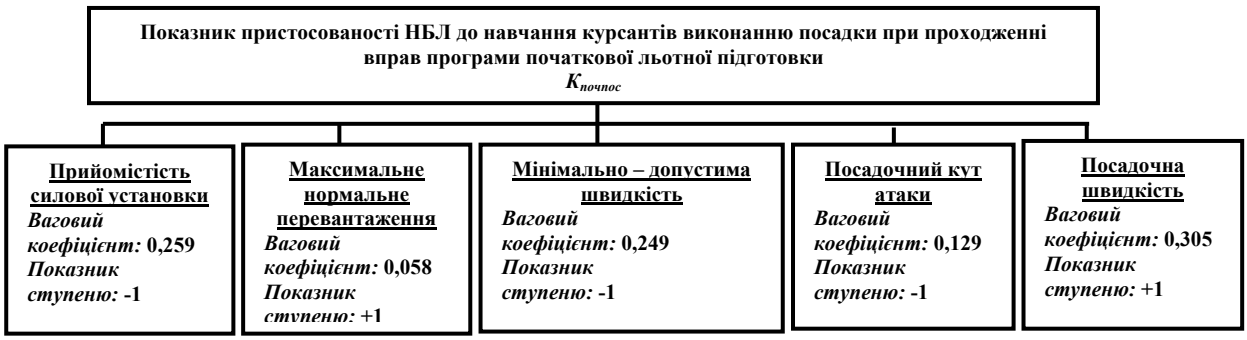

Рис. 6. Вагові коефіцієнти факторів для оцінювання пристосованості НБЛ до навчання курсантів виконанню посадки в програмі основної льотної підготовки

Відповідна кваліметрична модель буде мати вигляд:

$$K_{почпос} = 0,259\frac{1}{t_{прсу}} + 0,058\overline{n^e_{y\max}} + \\ +0,249\frac{1}{v_{\min доп}} + 0,129\frac{1}{\alpha_{пос}} + 0,305\frac{1}{v_{пос}}. \quad (13)$$

Пріоритетний ряд характеристик НБЛ, що є визначальними для оцінювання придатності літака до використання при удосконаленні навичок курсантами по виконанню посадки в програмі основної навчальної льотної підготовки, побудований за ознакою зростання важливості факторів, буде мати вигляд:

$$\{n^e_{y\max}; \alpha_{пос}; v_{\min доп}; t_{прсу}; v_{пос}\}. \quad (14)$$

В порівнянні із аналогічним рядом ТТХ НБЛ для початкової підготовки (6), порядок розміщення факторів в ряді для основної підготовки суттєво відрізняється. Найбільш важливою характеристикою є посадочна швидкість літака, в той час як нормальне експлуатаційне перевантаження займає останнє за важливістю місце, а її внесок в узагальнений показник пристосованості НБЛ для даного елементу навчальної підготовки для літака-еталону становить лише 5,8%.

Враховуючи вагові внески виділених груп вправ в успіх проходження курсантом програми основної льотної підготовки, що оцінені експертами як 0,101 для груп вправ з навчання зльоту, 0,694 – для набуття навичок з техніки пілотування та 0,205 – внесок закріплення навичок курсантом з виконання посадки, зв'язок узагальненого показника придатності НБЛ до забезпечення виконання задач основної льотної підготовки курсантів ($K_{осн}$) з визначеною множиною ТТХ літака буде описуватися наступним виразом:

$$K_{осн} = 0,101K_{оснзл} + 0,694K_{оснтп} + 0,205K_{оснпос} = \\ = 0,209348\overline{\mu} + 0,013938\frac{1}{v_{відр}} + 0,053506\overline{n_x} + \\ +0,011918\frac{1}{\alpha_{зл}} + 0,149231\frac{1}{t_{прсу}} + \\ +0,128482\overline{n^e_{y\max}} + 0,130855\frac{1}{v_{\min доп}} + \\ +0,068012\overline{K_{\max}} + 0,11104\overline{\alpha_{доп}} + \\ +0,0347\overline{\omega_x} + 0,026445\frac{1}{\alpha_{пос}} + 0,062525\frac{1}{v_{пос}}. \quad (15)$$

Відповідний пріоритетний ряд факторів (ТТХ НБЛ), що визначає придатність літака до забезпечення виконання задач основної навчальної льотної підготовки, побудований за ознакою зростання важливості, має вигляд:

$$\{\alpha_{зл}; v_{відр}; \alpha_{пос}; \omega_x; n_x; v_{пос}; K_{\max}; \\ \alpha_{доп}; n^e_{y\max}; v_{\min доп}; t_{прсу}; \mu\}. \quad (16)$$

З метою аналізу отриманих пріоритетних рядів розмістимо їх один під одним:

$\{\omega_x; \alpha_{доп}; K_{\max}; n_x; \alpha_{зл}; v_{відр}; n^e_{y\max}; \alpha_{пос}; v_{пос}; v_{\min доп}; t_{прсу}; \mu\}$ – початкова підготовка;

$\{\alpha_{зл}; v_{відр}; \alpha_{пос}; \omega_x; n_x; v_{пос}; K_{\max}; \alpha_{доп}; n^e_{y\max}; v_{\min доп}; t_{прсу}; \mu\}$ – основна підготовка.

Видно, що співпадають за пріоритетом (за місцем в ряду) лише тільки три характеристики – мінімальна допустима швидкість горизонтального польоту, прийомистість силової установки та тягова озброєність, які мають найбільшу важливість для визначення придатності НБЛ до виконання задач як основної, так й початкової льотної підготовки курсантів.

Таким чином, аналіз розглянутих пріоритетних рядів ТТХ НБЛ, наявність їх відмінностей для аналогічних елементів факторного простору у початковій та у основній програмах навчальної льотної підготовки курсантів, обумовлюють доцільність оцінювання ступеню підготовки НБЛ до забезпечення кожної з названих програм окремо.

Висновки

Побудовані формалізовані залежності забезпечують кількісне оцінювання ступеню пристосованості НБЛ до забезпечення виконання задач навчальної льотної підготовки курсантів у відносній шкалі вимірювання обраного за еталон навчально-тренувального (навчально-бойового) літака та складають основу для розробки удосконаленої методики порівняльного оцінювання різних типів НБЛ. Достовірність побудованих кваліметричних моделей підтверджується обранням апробованих практикою процедур експертного оцінювання за методом аналізу ієрархій та задовільною збіжністю колективної думки групи досвідчених експертів.

Список літератури

1. Нор П.І. Реактивні навчально-тренувальні літаки: покоління; технічні характеристики; порівняльна оцінка / П.І. Нор, Л.Ю. Новосад. – К.: Фітон, 2012. – 160 с.

2. 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.

3. Нор П.І. Методика оцінки технічного рівня зразків озброєння та військової техніки / П.І. Нор, О.М. Горський, А.Г. Павленко // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2012. – № 34. – С. 188-194.

4. Основні технічні показники оцінки ефективності парків озброєння та військової техніки Збройних Сил / В.А. Єфіменко, П.І. Нор, А.Ю. Гупало, О.В. Кучурін // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2012. – № 34. – С. 87-98.

5. Методика оцінки технічного рівня систем озброєння Збройних Сил / В.А. Єфіменко, А.І. Крикуненко, П.І. Нор, О.Д. Мельник // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2010. – № 15(37). – С. 131-146.

6. Кондратюк В.К. Методологія оцінки технічного рівня зразків ОВТ на стадії розробки ТТЗ / В.К. Кондратюк, О.Н. Серебровський, В.О. Смірнов // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 1998. – № 1. – С. 58-68.

7. Сучасний метод бойових потенціалів в прикладних задачах планування розвитку та застосування тактичної авіації: монографія / Б.Й. Семон, О.Б. Леонтьєв, О.Б. Котов та ін. – К.: НАОУ, 2009. – 336 с.

8. Мавренков О.Є. До питання оцінювання коефіцієнта бойового потенціалу літального апарата, що модернізується / О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2007. – № 10. – С. 102-105.

9. Куліков С.П. Методичний підхід до розрахунку порівняльних коефіцієнтів зразків озброєння на основі їхніх ТТХ / С.П. Куліков // Збірник наукових праць ЦНДІ ЗС України. – 2008. – № 2(44). – С. 93-104.

10. Самков О.В. До питання порівняльної оцінки військових літаків / О.В. Самков, О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць КІ ВПС. – 1999. – № 6. – С. 135-140.

11. Леонтьев О.Б. Оцінка бойових можливостей і ефективності бойових авіаційних комплексів при рішенні винищувальних задач / О.Б. Леонтьев, В.О. Туголуков, К.В. Башинський // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – №1(7). – С. 25-28.

12. 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.

13. Єланський О.В. Оцінка досконалості авіаційного навчально-бойового комплексу на попередніх етапах його проектування або подальшої модернізації / О.В. Єланський // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 3(39). – С. 33-36.

14. 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(24). – С. 54-59.

15. 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

References

1. Nor, P.I. and Novosad, L.Yu. (2012), "*Reaktivni navchal'no-trenuval'ni litaki: pokolinnya; tekhnichni harakteristiki; porivnyal'na ocinka*" [*Jet training aircraft: generation; technical characteristics; comparative evaluation*], Fiton, Kyiv, 160 p.

2. Nor, P.I. (2010), "Analiz razvitiya uchebno-trenirovochnyh samoletov s turboreaktivnymi dvigatelyami" [Analysis of the development of training aircraft with turbojet engines], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. (3), pp. 11-19.

3. Nor, P.I., Gorsky, O.M. and Pavlenko, A.G. (2012), "Metodika ocinki tekhnichnogo rivnya zrazkiv ozbroyennya ta vijs'kovoy tekhniki" [Technique of estimation of technical level of armament and military equipment samples], *Collection of Scientific Papers of Central Research Institute of AME Armed Forces of Ukraine*, No. 34, pp. 188-194.

4. Efimenko, V.A., Nor, P.I., Gupalo, A.Y. and Kuchurin, O.V. (2012), "Osnovni tekhnichni pokazniki ocinki efektivnosti parkiv ozbroennya ta vijs'kovoy tekhniki Zbrojnih Sil" [The main technical performance indicators parks of weapons and military equipment of the Armed Forces], *Collection of Scientific Papers of Central Research Institute of AME Armed Forces of Ukraine*, No. 34, pp. 87-98.

5. Efimenko, V.A., Krikunenko, A.I., Nor, P.I. and Miller, O.D. (2010), "Metodika ocinki tekhnichnogo rivnya sistem ozbroennya Zbrojnih Sil" [Methods of assessing the technical level of the Armed Forces weapons systems], *Collection of Scientific Papers of Central Research Institute of AME Armed Forces of Ukraine*, No. 15(37), pp. 131-146.

6. Kondratyuk, V.K., Serebrovsky, O.N. and Smirnov, V.O. (1998), "Metodologiya ocinki tekhnichnogo rivnya zrazkiv OVT na stadiy rozrobki TTZ" [The methodology of evaluation of technical level of weapons and equipment under development TTZ], *Collection of Scientific Papers of Central Research Institute of AME Armed Forces of Ukraine*, No. 1, pp. 58-68.

7. Semon, B.I., Leontiev, O.B. and Cats, O.B. (2009), "*Suchasnij metod bojovih potencialiv v prikladnih zadachah planuvannya rozvitku ta zastosuvannya taktichnoy aviaciy*" [*Modern method of combat potentials in applied tasks of tactical aviation development and application planning*], National Academy of Defense of Ukraine, Kyiv, 336 p.

8. Mavrenkov, O.Ye. (2007), "Do pitannya ocinyuvannya koeficienta bojovogo potencialu lital'nogo aparata, shcho modernizuet'sya" [To the question of evaluation of the combat potential of the aircraft, modernized], *Collection of Scientific Works DNDA*, No. 10, pp. 102-105.

9. Kulikov, S.P. (2008), "Metodichnij pidhid do rozrahunku porivnyal'nih koeficientiv zrazkiv ozbroennya na osnovi yhnih taktiko tekhnichnih harakteristik" [Methodical approach to the calculation of comparative coefficients of weapons samples based on their tactical and technical characteristics], *Collection of Scientific Papers of Central Research Institute of Armed Forces of Ukraine*, No. 2(44), pp. 93-104.

10. Samkov, O.W. and Mavrenkov, O.Ye. (1999), "Do pitannya porivnyal'noy ocinki vijs'kovih litakiv" [On the issue of comparative evaluation of military aircraft], *Collection of Scientific Works of the Kiev Air Force Institute*, No. 6, pp. 135-140.

11. Leontiev, O.B., Tugolukov, V.A. and Bashynskiy, V.K. (2012), "Ocinka bojovih mozhlivostej i efektivnosti bojovih

aviacijnih kompleksiv pri rishenni vinishchuval'nih zadach" [Evaluation of combat capabilities and effectiveness of combat aircraft systems in solving fighter tasks], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(7), pp. 25-28.

12. Loginov, V.V., Elansky, A.V. and Kravchenko, I.F. (2016), "*Metodologicheskie osnovy formirovaniya parametricheskogo oblika silovoj ustanovki perspektivnogo uchebno-boevogo samoleta*" [*Methodological basis for the formation of parametric appearance of the power plant of a promising combat training aircraft*], KNAFU, Kharkiv, 294 p.

13. Elansky, O.V. (2014), "Ocinka doskonalosti aviacijnogo navchal'no-bojovogo kompleksu na poperednih etapah jogo proektuvannya abo podal'shoy modernizaciy" [Assessment of perfection of aviation training and combat complex at the previous stages of its design or further modernization], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 3 (39), pp. 33-36.

14. Alimpiev, A.M., Eroshenko, V.P., Kovtonyuk, I.B. and Leontiev, O.B. (2016), "Obrruntuvannya viboru faktornogo prostoru dlya pobudovi kvalimetrichnoy modeli navchal'no-bojovogo litaka na osnovi analizu kursu navchal'noy l'otnoy pidgotovki kursantiv" [The rationale for the selection of the factor space to build qualimetrics model training and combat aircraft based on the analysis of the course training flight training cadets], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 3(24), pp. 54-59.

15. Alimpiev, A.M., Eroshenko, V.P. and Kovtonyuk, I.B. (2017), "Analiz ta utochnennya faktornogo prostoru dlya pobudovi kvalimetrichnoy modeli navchal'no-bojovogo litaka" [Analysis and refinement of factor space for the construction of a qualimetric model of combat training aircraft], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(50), pp. 7-9.

Надійшла до редколегії 22.03.2019
Схвалена до друку 9.04.2019

Відомості про авторів:

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

Єрошенко Валерій Петрович
заступник начальника з льотної підготовки
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9243-7781

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

Ковтонюк Ігор Борисович
доктор технічних наук професор
начальник кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-7010-3596

Information about the authors:

Oleksiy Leontiev
Doctor of Technical Sciences Professor
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-4003-7759

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

Maryna Naumenko
Candidate of Technical Sciences Senior Research
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-1216-9263

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

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТЕПЕНИ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ УЧЕБНО-БОЕВОГО САМОЛЕТА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В БАЗОВОЙ УЧЕБНОЙ ЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКЕ КУРСАНТОВ

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

В статье рассмотрены математические зависимости обобщенных показателей степени приспособленности учебно-боевого самолета к выполнению задач учебной летной подготовки от его определяющих тактико-технических характеристик, составляющих множество значимых факторов. Построены модели для оценивания приспособленности учебно-боевого самолета для обучения выполнения взлета, освоения техники пилотирования и выполнения посадки отдельно, при прохождении курсантом программ начальной и основной учебной летной подготовки. Наличие совокупности квалиметрических моделей позволяет в относительной шкале измерения количественно оценить пригодность конкретного типа учебно-боевого самолета к использованию в качестве учебного средства в летной подготовке курсантов.

Ключевые слова: *свойства, квалиметрическая модель, учебно-боевой самолет, учебная летная подготовка, тактико-технические характеристики, обобщенный показатель.*

THE QUALIMETRICAL MODELS OF THE PROPERTY OF COMBAT - CAPABLE TRAINER AIRCRAFT AS TECHNICAL VEHICLE FOR BASIS OF FLIGHT TRAINING OF CADETS

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

The process of determination of the property of combat-capable trainer aircraft is object of research. Creation of qualimetrical models of combat-capable trainer aircraft is the purpose of research. The methods of research are include methods of systems analysis, method of analysis of hierarchical structures and method of group experts testing. A number of qualimetrical models of combat-capable trainer aircraft was created for determination of property index of basis of flight training of cadets. The qualimetrical model of combat-capable trainer aircraft is mathematical dependence of date index of property of purpose from dates of performance of aircraft. Index of property of purpose of combat-capable trainer aircraft is a vector. This vector includes two main components: index for prime flight training of cadets and index for basis of flight training of cadets. On the basis of flight training of cadets in air military high school analysis hierarchical data structure of combat-capable trainer aircraft characteristics was constructed. This structure describes the adaptation rate of aircraft to flight instruction solution. The elements of flight instruction solutions was grouping in the three groups for each program of flight training of cadets (prime and basis): training of takeoff, training of pilot missions and training of landing aircraft. Factor-space for qualimetric modeling of aircraft was created by means of detected links of the main characteristics analysis. Data of coefficients of factors of the model was determined after analysis of results of expert testing. A group of expert was included thirty-three pilots – instructors of military aviation school. The results of research was creation the six parts qualimetrical models (training of takeoff, training of pilot missions and training of landing aircraft for every programs of flight training of cadets) and two global qualimetrical models - for every programs of flight training of cadets (prime and basis programs).

Keywords: *property of purpose, qualimetric model, performance of aircraft, training-combat aircraft, flight training, index of property of purpose.*