АЕРОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕХАНІЗАЦІЇ ТОНКОГО ПРОФІЛЮ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ КУТІВ АТАКИ ПРИ ОБТІКАННІ ПОТОКОМ ІДЕАЛЬНОЇ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ

І.Б. Ковтонюк

В якості органа управління креном запропонований інтерцептор, який розташований на нижній стороні несучої поверхні. Проведений порівняльний аналіз аеродинамічної ефективності різних видів механізації тонкого профілю в широкому діапазоні кутів атаки.

Ключові слова: *профіль крила, механізація профілю, інтерцептор, коефіцієнт тиску.*

AERODYNAMIC EFFICIENCY OF MECHANIZATION OF THIN PROFILE IN A WIDE RANGE OF ANGLES OF ATTACK AT A FLOW OF AN IDEAL INCOMPRESSIBLE FLUID

I.B. Kovtonyuk

As a organ of roll control is offered spoiler on the lower side of the lifting surface. The comparative analysis of aerodynamic efficiency of different types of mechanization of thin profile in a wide range of angles of attack is conducted.

Keywords: *wing profile, mechanization of profile, spoiler, coefficient of pressure.*

УДК 629.7.017.0031

О.Б. Котов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ БОЙОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УДАРНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Розроблена удосконалена методика оцінювання базується на основі методів факторного аналізу та дозволяє з достатнім для практики рівнем точності оцінювати узагальнені показники якості перспективних ударних авіаційних комплексів та тих, що модернізуються. Застосування методики оцінювання коефіцієнтів бойового потенціалу дає змогу більш повно описати функціональну залежність між узагальненим показником якості і визначаючими тактико – технічними характеристиками.

Ключеві слова: *узагальнений показник якості, факторний аналіз, математична модель.*

Вступ

Постановка задачі. В ході розв'язування проблеми оновлення парків бойової авіаційної техніки (БАТ) на практиці виникає важлива задача оцінювання коефіцієнтів бойового потенціалу ($К_{бп}$) перспективних ударних авіаційних комплексів та тих, що модернізуються. На ранніх етапах створення (модернізації) відповідних зразків виникають певні труднощі. Існуючі методичні підходи характеризуються суттєвим обмеженням щодо урахування властивостей перспективного ударного авіаційного комплексу (УАК). В той же час, особливо при проведенні модернізації, практика потребує розширення факторного простору, на якому базуються відповідні математичні моделі для оцінювання $К_{бп}$.

Таким чином, оцінка узагальненого показника якості зразка озброєння та військової техніки (ОВТ) є індикатором напрямку, в рамках якого доцільно створювати (модернізувати) технічні системи, тобто оцінка узагальненого показника якості зразка ОВТ дозволяє визначати перспективу розвитку зразку як об'єкту, який представляє сукупність окремих блоків, вузлів, агрегатів.

Аналіз останніх матеріалів. Для визначення ступеня пристосованості літального апарату (ЛА) до виконання типових бойових завдань використовують $К_{бп}$, який чисельно являє собою відношення необхідних для вирішення покладеного бойового завдання кількостей обраних еталонних засобів до кількості зразків, що оцінюються [1, 2]. Загально прийнято, що оцінювання якісних показників зразків ОВТ у кількісній формі здійснюється з використанням кваліметричних методів оцінювання [3], до складу яких відносять методи експертного оцінювання та методи, побудовані на основі факторного аналізу і математичної статистики. Експертними методами оцінювання встановлено, що комплекс авіаційного озброєння (КАОз) УАК вносить вагомий внесок в узагальнений показник якості ударного тактичного літака [2]. Аналіз існуючих методик визначення $К_{бп}$ [2, 4] показує що вони не в повній мірі враховують тактико-технічні характеристики (ТТХ) КАОз у факторних підпросторах [4], що, в свою чергу, не дозволяє проводити повноцінну оцінку перспективних УАК та тих, що модернізуються на ранніх етапах їх розробки. Особливо коли модернізації піддається КАОз.

Метою даної статті є розробка удосконаленої методики оцінювання узагальнених показників якості перспективних УАК та тих, що модернізуються за рахунок комплексного застосування вже існуючих експертно-аналітичних процедур та методів факторного аналізу.

Результати досліджень

Удосконалення існуючого методичного підходу щодо оцінювання узагальненого показника якості зразків БАТ [4] за рахунок часткової методики оцінювання узагальненого показника якості КАОз УАК в ході формування технічного обрису перспективних (модернізованих) літаків тактичної авіації на етапах порівняльної оцінки їх альтернативних варіантів є важливою задачею військової науки.

На попередньому етапі оцінювання узагальненого показника якості КАОз ударного літака необхідно здійснити аналіз призначення зразка та сукупності бойових завдань, що покладаються або будуть покладатися на БАК. На підставі цього аналізу визначається структура бойового потенціалу літака, якого необхідно оцінити, тобто при розгляді етапів виконання типової бойової задачі за призначенням, визначаються основні групи властивостей, у відповідність яким виставляються складові $К_{бп}$. Після визначення властивостей, що описують бойовий потенціал зразка ОВТ, здійснюється аналіз впливу ТТХ літака на значення узагальненого показника якості КАОз та виявлення основних залежностей показників бойових можливостей КАОз. Далі оцінюється можливість згортання виявлених характеристик у відомі комплекси з метою як найбільше скоротити кількість визначаючих характеристик у факторному підпросторі для побудови математичної моделі узагальненого показника якості КАОз.В результаті проведення вищеназваних заходів в межах складової узагальненого показника якості КАОз УАК визначається факторний підпростір характеристик літака для побудови математичної моделі:

$$\Pi_{КАОз} = f(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, ..., \varphi_n), \qquad (1)$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, ..., \varphi_n$ – відповідні фактори що впливають на остаточний вигляд моделей для оцінювання узагальненого показника якості КАОз при вирішенні завдань по знищенню наземних об'єктів.

Слід зауважити, що доцільно провести процедуру зменшення обсягу факторів, якщо ретельний аналіз зразка ОВТ дозволяє виявити залежність деяких показників бойових властивостей ЛА від одних й тих же технічних характеристик нижчого рівня. При наявності факторного підпростору в межах виділеної групи властивості БАК за призначенням, від значень характеристик в якій буде відшуковуватися вигляд залежності оцінок *i*-ої групи властивості у внеску в узагальнений показник якості КАОз, здійснюється збір та аналіз статистичної інформації. При цьому необхідно, щоб кількість реалізацій відомих ЛА, на базі яких буде будуватися модель, була не менш ніж на одиницю більшою, ніж кількість факторів у складі моделі.

Подальшим етапом оцінки узагальненого показника якості КАОз є використання вже відомих оцінок узагальнених показників якості КАОз для відомих літаків тактичної авіації.

Наявний статистичний матеріал групується у базову вибірку, загальний обсяг якої є достатнім для побудови моделі, та у контрольну вибірку – для верифікації побудованого варіанту моделі за відомими статистичними даними та оцінки її якості.

$$\Pi_{КАОз} = b_0 + \sum_{k=1}^{M} b_k x_k; \qquad (2)$$

$$\Pi_{КАОз} = b_0 + \sum_{k=1}^{K} b_k x_k{}^2 + b_j \prod_{j=1}^{J} x_j; \qquad (3)$$

$$\Pi_{КАОз} = b_0 + \sum_{m=1}^{M} b_m x_m + \sum_{k=1}^{K} b_k x_k^2 + b_j \prod_{j=1}^{J} x_j; \qquad (4)$$

$$\Pi_{КАОз} = \prod_{m=1}^{M} b_o (x_m)^{b_m}, \qquad (5)$$

де $\Pi_{КАОз}$ – узагальнений показник якості КАОз; b_0, b_k, b_m, b_j – невідомі вільні члени та коефіцієнти при відповідних факторах, внесок яких у узагальнений показник якості КАОз ударного літака у знищенні наземних об'єктів необхідно визначити.

Для кожної з обраних форм первинного вигляду моделі для згрупованого у базову вибірку статистичного матеріалу складається система нормальних рівнянь, розв'язок якої визначить невідомі коефіцієнти моделі (див. вирази (3) – (4)). Якщо обрана модель у формі (3) або (4) з нелінійними членами, то відповідні множники характеристик літака у членах поза другим включно та третім відповідно прийvf.nm вигляд додаткових факторів:

$$\Pi_{КАОз} = b_0 + \sum_{k=1}^{M} b_k z_k + bg; \qquad (6)$$

$$\Pi_{КАОз} = b_0 + \sum_{m=1}^{M} b_m x_m + \sum_{k=1}^{M} b_k z_k + bg. \qquad (7)$$

Відповідно змінні мають такий вигляд:

$$z_k = x_k^2;\ g = \prod_{m=1}^{M} x_m;\ \forall i = 1, M \qquad (8)$$

При цьому слід пам'ятати про вимоги до обсягу базової вибірки, що стануть більш жорсткими.

У разі, коли початковий вигляд моделі приймає форму (5), то здійснивши логарифмування обох сторін цього виразу отримаємо:

$$\ln(\Pi_{КАОз}) = \ln(b_0) + \sum_{m=1}^{M} b_m \ln(x_m). \qquad (9)$$

Після цього необхідно здійснити заміну змінних за виглядом (з врахуванням позначень при складанні системи рівнянь):

$$\Pi_{КАОз} = \ln(\Pi_{КАОз});\ b_0 = \ln(b_0);$$
$$x_m = \ln(x_m),\ \forall i = 1, M. \qquad (10)$$

Для визначення значень коефіцієнтів моделі у формі (10) після розв'язку системи нормальних рівнянь у нових позначеннях, необхідно провести зворотну заміну змінних. Отримані попередні варіанти

моделей перевіряються на узгодженість статистичним даним базової та контрольних вибірок:

– середнє квадратичне відхилення,:

$$\sigma_{\varepsilon i} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left(\Pi_{КАОзijреал} - \Pi_{КАОзijрозр}\right)^2}, \quad (11)$$

де $\Pi_{КАОзijреал}, \Pi_{КАОзijрозр}$ – узагальнені показники якості КАОз у виконанні і-го бойового завдання відомої j-ої реалізації у контрольній вибірці обсягом N;

– середнє абсолютне відхилення :

$$E_i = \sqrt{\sigma_{\varepsilon i}}; \quad (12)$$

– максимальна відносна помилка розрахунків:

$$\delta_{max\,i} = \max_{j=1,N}\left(\frac{\Pi_{КАОзijреал} - \Pi_{КАОзijрозр}}{\Pi_{КАОзijреал}}\right). \quad (13)$$

На підставі виставленої системи критеріїв здійснюється висновок про якість моделі.

З всієї сукупності варіантів моделі, що отримані при незмінному її вигляді, визначаються ті, що відповідають найкращим значенням показників якості (12) – (13) за критерієм:

$$E_i = \min_{k=1,K}(E_{ik}); \quad \delta_{max\,i} = \min_{k=1,K}(\delta_{max\,ik}), \quad (14)$$

де k- номер варіанту математичної моделі і-го виду із загальної чисельності K. Для отриманого в такий спосіб вигляду моделі, процедура поступового скорочення базової вибірки на основі аналізу залишкових елементів яка описана в [1] не потребується.

Для остаточного визначення вигляду математичної моделі оцінки узагальненого показника якості КАОз тактичного ЛА проводиться аналіз показників узгодженості та якості отриманих варіантів, на підставі якого з них усіх, за критеріями виду (14) – (15), визначається найкращий та здійснюється висновок щодо адекватності і працездатності побудованої моделі, або необхідності пошуку нових форм її вигляду, якщо якість моделі не задовольняє вимогам до її точності.

При наявності побудованої залежності узагальнених показників якості КАОз від визначаючих бойові можливості літака ТТХ шляхом проведення розрахунків здійснюється оцінка узагальненого показника якості КАОз нового або модернізованого літака у одиницях вимірювання, для яких було побудовано дану математичну модель. Кінцевим етапом побудови математичної моделі є порівняльна оцінка математичної моделі за розробленим методичним підходом з моделями реалізованими у практиці.

Висновок

Розроблена удосконалена методика оцінювання узагальнених показників якості перспективних УАК та тих, що модернізуються за рахунок комплексного застосування вже існуючих експертно-аналітичних процедур та методів факторного аналізу, дозволяє без погіршення точності розрахувати $К_{бп}$. Застосування удосконаленої методики оцінювання узагальненого показника якості УАК в основі якої закладено розширений факторний підпростір за рахунок включення ТТХ КАОз дає змогу більш повно описати функціональну залежність між узагальненим показником якості та визначаючими ТТХ.

Список літератури

1. Леонтьєв О.Б. Побудова математичної моделі показників бойової ефективності вертольоту армійської авіації при вирішенні ним десантних задач / О.Б. Леонтьєв, Ю.І. Миргород, М.М. Момот // Збірник наукових праць ОНДІ ЗСУ. – Х., 2007. – Вип. 1(6). - С. 14-21.

2. Леонтьєв О.Б. Методика оцінки бойового потенціалу ударних авіаційних комплексів при вирішенні ним вогневих задач / О.Б. Леонтьєв, О.М. Компанієць, В.В. Шмаков // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х., 2008. – Вип. 2(17). - С. 20-23.

3. Мавренков О.Є. Оцінювання коефіцієнту бойового потенціалу літального апарату, що модернізується / О.Є. Мавренков // Збірник наукових праць ДНДА. – 2007. – Вип. 3(10). - С. 102-106.

4. Компанієць О.М. Методика оцінювання коефіцієнту бойового потенціалу літаків тактичної авіації / О.М. Компанієць // Збірник наукових праць ЦНДІ НУ. – 2009. – Вип. 3(11). - С. 173-176.

Надійшла до редколегії 5.01.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ БОЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА УДАРНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.Б. Котов

Разработанная усовершенствованная методика оценивания базируется на основе методов факторного анализа и позволяет с достаточным для практики уровнем точности оценивать обобщенные показатели качества перспективных ударных авиационных комплексов и тех, которые модернизируются. Применение методики оценивания коэффициентов боевого потенциала дает возможность более полно описать функциональную зависимость между обобщенным показателем качества и определяющими тактико-техническими характеристиками.

Ключевые слова: *обобщенный показатель качества, факторный анализ, математическая модель.*

METHOD OF BATTLE POTENTIAL EVALUATION OF SHOCK AVIATION COMPLEXES

O.B. Kotov

The improved method of evaluation is based on the basis of methods of factor analysis and allows with a sufficient for practice level exactnesses to estimate the generalized indexes of quality of perspective shock aviation complexes and those which are modernized. Application of method of evaluation of coefficients of battle potential on the extended factor subspace enables more fully to describe functional dependence between the generalized index of quality and determining by technical descriptions.

Keywords: *generalized index of quality, factor analysis, mathematical model.*