

УДК 623.746

ЛЕОНТЬЄВ О.Б., провідний науковий співробітник Харківського університету Повітряних Сил, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

НІКІТЧЕНКО В.І., ад'юнкт

ДМИТРІЄВ А.Г., ад'юнкт Харківського університету Повітряних Сил

КОМПАНІЄЦЬ О.М., молодший науковий співробітник Наукового Центру Харківського університету Повітряних Сил, кандидат технічних наук

ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМ ОБЛАДНАННЯМ

Представлено сутність методичного підходу до оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням. Визначено напрями удосконалення методики оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням

Постановка задачі. Сучасний стан парку авіаційних комплексів в Україні відображає динаміку зменшення кількості літаків у разі непроведення заходів щодо оновлення парку авіаційної техніки. Тому в ході розв'язування проблеми оновлення парків авіаційної техніки на практиці виникає важлива задача вибору значень основних показників якості авіаційних комплексів зі спеціальним обладнанням, які в сукупності формують його обрис.

Різноманітність та важливість практичних задач, пов'язаних з необхідністю визначення узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням, задач порівняльної оцінки альтернативних варіантів зразків авіаційної техніки при формуванні обрисів перспективних та модернізованих зразків авіаційних комплексів обумовили різноманітність та у достатньому ступені розвиненість методик щодо оцінювання показників якості [1].

Актуальність задачі, шляхи вирішення. Аналіз і прогноз тенденцій розвитку засобів боротьби визначають важливу роль авіації у військових конфліктах [2]. Для вирішення задач по знищенню об'єктів дії противника в глибині побудови його військ призначені ударні авіаційні комплекси. Аналіз останніх локальних конфліктів на Близькому Сході і Кавказі показує, що застосування авіації для нанесення ударів по об'єктам противника значно впливає на результат всієї операції [3]. Тому визначення узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням нових та модернізованих літаків є актуальною прикладною задачею.

На даний час найбільш достовірні та точні оцінки узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням можуть бути отримані за рахунок застосування натурних та напівнатурних методів моделювання операцій або шляхом узагальнення досвіду та дослідження особливостей реального застосування авіаційних комплексів з використанням моделюючих засобів [4].

Проте при використанні таких методів виникають певні труднощі у відтворенні умов застосування, що пов'язані з наближенням до реальної обстановки. Крім того, оцінки узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням, що отримуються в такий спосіб, суттєво залежать від сценарійності проведених натурних експериментів, на них накладає вплив ступінь підготовленості особового складу, який залучається до участі в експерименті, а також рівень вірності прийняття рішень начальниками всіх ступенів в умовах складної оперативної обстановки при проведенні експериментів. Внаслідок наявності вище перелічених особливостей, натурні та напівнатурні методи використовуються для накопичення та аналізу інформації щодо впливу деяких невивчених чинників на узагальнений показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням.

Мета статті. Метою даної статті є обґрунтування напрямків удосконалення методики оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням шляхом отримання функціонального зв'язку між цим показником та характерними для даного виду авіаційної техніки тактико – технічними характеристиками (ТТХ), що описують його властивості.

Розв'язання задачі. Методи математичного моделювання операцій широко використовуються на практиці. В них у наближеному вигляді відслідковується вплив особливих властивостей зразка авіаційної техніки на результати виконання основних завдань та на досягнення цілі операції в цілому [5]. При таких підходах здійснюється моделювання процесу функціонування авіаційних комплексів на обмеженій кількості найвірогідніших сценаріїв операції при внесенні до складу систем озброєнь військ спочатку еталонних засобів, а потім зразків авіаційної техніки, показники яких необхідно визначити. По вихідних даних чисельного експерименту визначається або зміна результату функціонування авіаційного комплексу при однаковій кількості перших та других засобів в його складі, або шляхом варіації відшуковується необхідна кількість зразків авіаційної техніки, що оцінюються, яка забезпечує досягнення того ж результату, що і застосування комплексу, який умовно озброєно еталонними засобами.

Незважаючи на високу трудовитратність та складність розробки математичних моделей операцій, методи математичного моделювання на сьогодні є найточнішими з усіх методів оцінки узагальненого показника якості авіаційних комплексів зі спеціальним обладнанням. Використання цих методів дозволяє отримувати стійкі значення узагальнених показників якості авіаційних комплексів зі спеціальним обладнанням (з точністю в межах 20...30%), що вважається достатнім для практичного їх використання в ході планування будівництва та застосування [6]. Подальше підвищення точності розрахунків пов'язане із значними труднощами суто технологічного характеру в процесах математичного моделювання операцій, обумовленими, як відомо, значним розширенням розмірності задачі по кількості

визначаючих факторів, що при суттєвому зростанні трудовитратності чисельних експериментів веде до незначного підвищення точності результатів, а іноді й навпаки - до погіршення якості моделей [1]. До суттєвих недоліків такого роду підходів у визначенні узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням слід віднести складність отримання у функціональному вигляді стійких залежностей між узагальненим показником якості авіаційних комплексів зі спеціальним обладнанням та його визначаючими ТТХ без проведення трудовитратних та складних для обробки і аналізу результатів багатопараметричних досліджень, що обмежує можливості поширеного використання методів моделювання операцій на етапах обґрунтування концептуального технічного обрису перспективних або модернізованих зразків авіаційної техніки. Крім того, для отримання на моделях операцій відносно надійних результатів потребується також надмірно вичерпна інформація про зразок авіаційної техніки, який оцінюється, надання якої можливо лише на більш пізніх стадіях створення зразка. Труднощі аналогічного характеру у практичному використанні методів математичного моделювання операцій спостерігаються й у випадку необхідності оцінки узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням засобів збройної боротьби вірогідного противника, точне встановлення багатьох характеристик його авіаційного комплексу є проблематичним.

Указані недоліки методів математичного моделювання операцій та пов'язані з ними обмеження галузей їх практичного використання обумовили появу так званих кваліметричних методів [7]. Дана група методів дозволяє без особливих матеріальних та часових витрат провести оцінку якісних показників зразків авіаційної техніки. Оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням із застосуванням зазначеної групи методів полягає в отриманні функціонального зв'язку між цим показником конкретного виду авіаційного комплексу та характерними для даного виду авіаційних комплексів ТТХ.

Одним із найрозвинутіших кваліметричних методів оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням є сучасні методи математичної статистики та математичні методи факторного аналізу, що базуються на використанні уже здійснених, в будь-який спосіб, такого роду оцінок.

Другим напрямком у кваліметричних методах оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням слід вважати методи експертного оцінювання, удосконалення яких триває й сьогодні. Основною метою застосування методів експертних оцінок при визначенні узагальнених показників якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням є встановлення питомого внеску заздалегідь обраних факторів у значення показника, з наступним згортанням виважених факторів у математичну модель того або іншого виду (як правило лінійних або скорочених квадратичних чи мультиплікативних форм). Серед найсучасніших експертних методів отримання моделей узагальнених показників якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням слід відмітити відому методику "Джосім", в якій для визначення факторного підпростору моделей пропонується здійснити декомпозицію зразка авіаційної техніки як складної системи на ряд функціонально пов'язаних підсистем, наприклад, підсистеми вогневої

(ударної) потужності, управління, рухомості, захищеності (живучості), кожна з яких також функціонально формується сукупністю множин власних параметрів. Таким чином, декомпозований зразок авіаційної техніки оцінюється в межах відповідних властивостей на кожному з рівнів отриманої ієрархічної структури з послідовним згортанням оцінок у комплексні оцінки - вектори характеристик рівнів, які наприкінці також згортаються у вектор. За узагальнений показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням приймається норма вектору, що отримується при останньому згортанні та при введеній метриці даного векторного підпростору. Суттєвим недоліком такого підходу є відсутність чіткого фізичного змісту міри узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням зразка, що оцінюється, та пов'язана з цим придатність методики лише для оцінки зразків авіаційної техніки в межах одного конкретного класу для порівняння між собою взагалі, без прив'язки до процесу бойового функціонування угруповань, які даними зразками будуть оснащуватися.

Існуючі приклади вказують на необхідність доопрацювання експертних методів побудови залежностей узагальнених показників якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням зразка від їх визначаючих властивостей або ТТХ у напрямку забезпечення системної цілісності оцінок, що отримуються.

При визначенні узагальнених показників якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням, які знаходяться на різних ступенях ієрархії, вибирають раціональний тип моделі і математичний апарат який використовується, щоб по можливості скоротити обсяг розрахунків і обмежити залежність результатів, які отримуються, від невизначеності вихідних даних про об'єкти дії. Для правильного узгодження кінцевих і проміжних результатів розрахунків використовують однакові дисциплінуючі умови в області всієї структури моделі.

Отже, розглядається декомпозиція узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням, яка приведена на рис. 1.

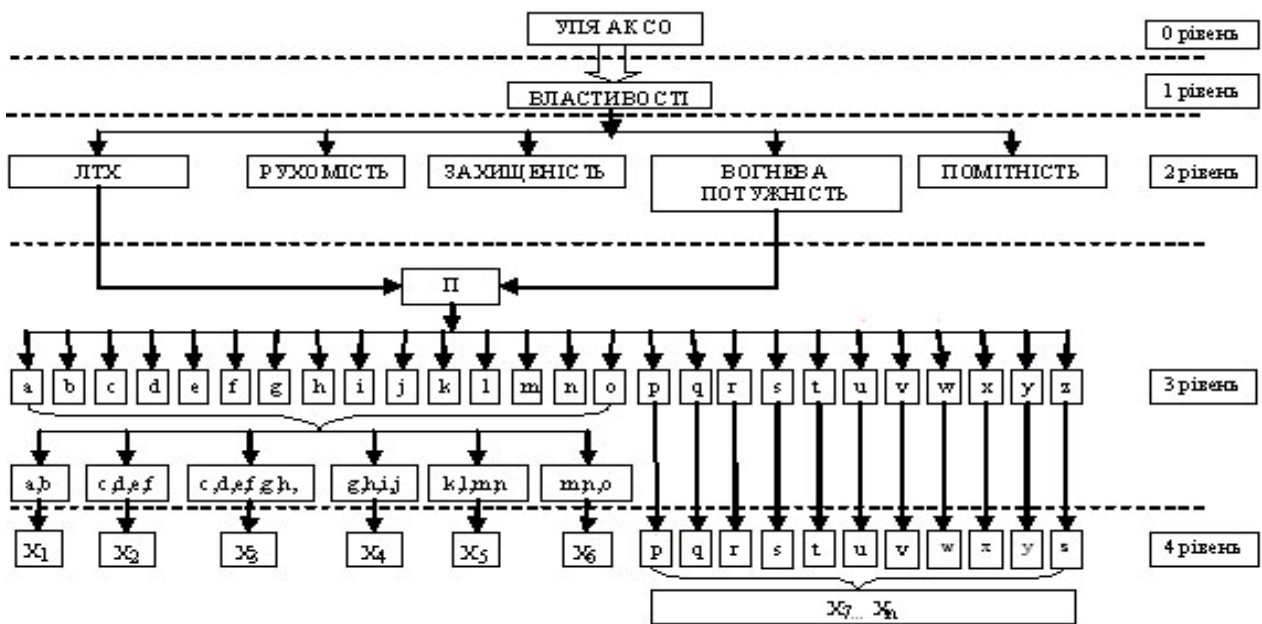


Рис.1. Дерево властивостей

Схематично «дерево властивостей» показує структуру узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням (УПЯ АК СО) при вирішенні задач авіаційного комплексу, де на нижчих рівнях ієрархії групи властивостей виражаються через фактори, які впливають на хід виконання завдання.

Групи властивостей авіаційного комплексу для вирішення задач, розбито на наступні групи характеристик: 1) льотно – технічні характеристики – (Π_1); 2) рухомість - (Π_2); 3) захищеність - (Π_3); 4) вогнева потужність - (Π_4); 5) помітність - (Π_5) [8].

Узагальнений показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням (Π^*) є сума всіх складових властивостей:

$$\Pi^* = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3 + \Pi_4 + \Pi_5. \quad (1)$$

Відповідні групи властивостей авіаційного комплексу дозволяють виявити залежність деяких показників можливостей літального апарату від одних й тих же технічних характеристик нижчого рівня.

В результаті проведеного аналізу «дерева властивостей» є можливість зменшити обсяг факторів, від яких слід відшукувати залежність узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням у вирішенні завдань за умови задоволення іншими малозначущими показниками сучасним загальним технічним вимогам до літаків.

Визначення узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням показує, що його величина залежить від великого числа факторів, які характеризують бойові властивості відповідного літака і засобів його забезпечення. До таких параметрів відносяться: величина бойового навантаження літака, номенклатура і ефективність застосування засобів ураження, швидкісні, маневрені характеристики, характеристики бортового обладнання, засобів оборони і інші. Врахувати окремі параметри в рамках єдиної методики, яка дозволяє отримати оцінку бойової ефективності комплексу, інколи не представляється можливим. Тому доцільно попередньо встановити ступінь їх впливу на узагальнений показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням (група властивості „вогнева потужність”), визначити обмежену кількість точок факторного простору в залежності від заданого діапазону умов застосування спеціального обладнання, а потім використати отримані оцінки при визначенні узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням.

Залежність вкладу групи вогневої потужності в узагальнений показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням (Π_4) при вирішенні задачі, від визначаючих ТТХ цієї групи, що безпосередньо визначають його властивості, свідчить про функціональний зв'язок між ними:

$$\Pi_4 = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2)$$

де $x_1, x_2 \dots x_n$ - відповідні показники, які характеризують множину характеристик, що називаються частковими узагальненими показниками і

використовуються для оцінки і аналізу вогневої потужності, а також для визначення і розрахунку сумарного узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням.

Представимо дану функцію у наближеному аналітичному вигляді, тобто підібрав деяку функцію, яка буде близька до даної і добре визначається. Близькість отримують додаванням в апроксимуючу функцію вільних членів і відповідним їх обранням.

Вигляд математичної моделі складової групи властивості вогневої потужності в узагальненій показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням, проводиться за ітераційною процедурою шляхом визначення форми з розроблених альтернатив:

$$P_4 = b_0 + \sum_{k=1}^K b_k x_k; \quad (3)$$

$$P_4 = b_0 + \sum_{k=1}^K b_k x_k^2 + b_j \prod_{j=1}^J x_j; \quad (4)$$

$$P_4 = b_0 + \sum_{m=1}^M b_m x_m + \sum_{k=1}^K b_k x_k^2 + b_j \prod_{j=1}^J x_j; \quad (5)$$

$$P_4 = \prod_{m=1}^M b_o (x_m)^{b_m}, \quad (6)$$

де b_0 - невідомий вільний член; b_k , b_m , b_j - невідомі коефіцієнти при відповідних факторах, внесок яких в узагальнений показник якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням необхідно визначити; M , K , J - повне число реалізацій; x_k , x_m , x_j - показники які характеризують множину характеристик.

Ускладнення математичної моделі не завжди призводить до отримання точних значень показника, який розраховується. В якості зовнішніх критеріїв для визначення придатності варіанту моделі були обрані середньоквадратичне відхилення, пов'язане з ним середнє абсолютне відхилення та максимальне значення відносної помилки на інтервалі інтерполяції, що визначалися на базі змішаної контрольної вибірки, до складу якої включалися відомі реалізації бойових літаків. Це було обумовлено як пасивним характером чисельного експерименту по побудові моделей, так й суттєвою обмеженістю обсягу наявних реалізацій, що заважало використанню відомих комплексних критеріїв перевірки узгодженості моделей [9].

Після оцінки якісних показників отриманих моделей визначилися реалізації, що відповідають максимальному відхиленню від гіперплощини регресії, які виключалися з базової вибірки у першу чергу за відомою процедурою аналізу залишкових елементів.

Скорочення базових вибірок відбувалося поступово до досягнення остаточної спроможної вибірки значення обсягу реалізацій в ній при незмінній структурі факторного підпростору.

З отриманих варіантів математичних моделей визначалися найкращі по узгодженості із статистичними даними за ознакою:

$$E_i = \min_{k=1,m}(E_{ik}); \quad (7)$$

$$\delta_{\max i} = \min_{k=1,m}(\delta_{\max ik}), \quad (8)$$

де E_i - абсолютне середнє відхилення на інтервалі інтерполяції; $\delta_{\max i}$ - максимальна відносна помилка розрахунків на інтервалі інтерполяції; k - номер варіанту математичної моделі i -ого виду, із загальної чисельності m , отриманих при незмінному обсягу факторів.

Перевірка працездатності математичних моделей для оцінки якості авіаційних комплексів зі спеціальним обладнанням, яку отримано у запропонований спосіб показує, що за допомогою указаних моделей можливо з точністю до 20,8% відносної похибки оперативно здійснювати розрахунки узагальненого показника якості цих комплексів. Абсолютне середнє відхилення на інтервалі інтерполяції складає $E=3,02$.

Висновки.

1. Стан літаків авіації потребує вирішення практичної задачі щодо оновлення парку авіаційної техніки, що, в свою чергу, актуалізує задачу науково-обґрунтованого оцінювання властивостей перспективних та модернізованих ЛА на етапах визначення їх технічного обрису.

2. Удосконалена методика оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням в ході формування технічного обрису, на етапах порівняльної оцінки альтернативних варіантів зразків авіаційної техніки, грає ключову роль для обґрунтування напрямків розробки перспективних та модернізації існуючих літаків тактичної авіації.

3. Відомі методичні підходи до оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням є недосконалими в ході формування технічного обрису перспективних і модернізованих тактичних літаків, а саме: обмежують кількість визначальних ТТХ в математичній моделі, що не в повній мірі дозволяє провести відповідну оцінку.

4. Шляхами удосконалення існуючих методичних підходів до оцінювання узагальненого показника якості авіаційного комплексу зі спеціальним обладнанням, є комплексне застосування експертних методів і методів факторного аналізу, для усунення впливу негативних наслідків поодинокого застосування цих груп методів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Компанієць О.М.* Методика оцінювання коефіцієнта бойового потенціалу літаків тактичної авіації / *О.М. Компанієць* // Система управління, навігація та зв'язок. – 2009. – вип. 3(11). – С. 173 – 177.
2. Бойове застосування авіації в сучасних операціях. – К.: НАОУ, 2007. – 148 с.

3. Joint operation playing // Joint publication 5-0. – Joint – chaffs of staff, 2006. – 216p.
4. *Харченко О.В.* До питання обґрунтування раціонального типажу парку ЛА військового призначення / *О.В. Харченко, О.Є. Мавренков* // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2008. - № 4(11). - С. 6 – 40.
5. *Леженін С.І.* Моделювання процесу виконання бойового завдання ударного літака / *С.І. Леженін, В.О. Чадюк, З.В. Хатунцева* // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2007. - № 3(10). - С. 94 – 101.
6. *Квашин А.В.* / Основы теории и методологии планирования строительства ВС РФ: Военно-теоретический труд. *Квашин А.В.* – М.: Воентехиздат, 2002. – 232 с.
7. *Азгальдов Г.Г.* Количественная оценка качества продукции. Основы квалиметрии. / *Азгальдов Г.Г.* – Москва: Знание, 1986 год. – 256 с.
8. *Леонтьев О.Б.* Методика оцінки бойового потенціалу ударних авіаційних комплексів при вирішенні ним вогневих задач / *О.Б.Леонтьев, О.М.Компанієць, В.В.Шмаков* // Збірник наукових праць ХУПС. – 2008. -№2(17). – С 20-23.
9. *Леонтьев О.Б., Миргород Ю.І., Момот М.М.* Побудова математичної моделі показників бойової ефективності вертольоту армійської авіації при вирішенні ним десантних задач / *О.Б.Леонтьев, Ю.І.Миргород, М.М.Момот* // Збірник наукових праць об'єднаного наукового-дослідного інституту збройних сил. – 2007. - №1(6). – С.14-21.

Надійшла до редакції 29.10.2010