

КОЦУРЕНКО Ю.В., провідний науковий співробітник, кандидат військових наук, доцент, старший науковий співробітник

БОГОСЛАВЕЦЬ С.О., начальник науково-дослідного відділу, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

СПОСІБ ОПЕРАТИВНОЇ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ КВАЛІМЕТРІЇ

Розглядається один із можливих способів порівняння якості військових літальних апаратів на основі кількісно-якісної оцінки їх підсумкових характеристик

У процесі прийняття рішень щодо переозброєння військової авіації на нові типи літальних апаратів (ЛА) або щодо модернізації існуючих зразків авіаційної техніки часто постає питання вибору найбільш прийняттого типу нового ЛА або варіанту модернізації серед можливої їх сукупності. При цьому найбільш ґрунтовним способом такого вибору є порівняльна оцінка ефективності бойового застосування обраних ЛА або їх модернізованих варіантів з урахуванням їх вартості¹.

У багатьох джерелах, у тому числі в статтях [1, 2, 3], справедливо стверджується, що одним із основних методів оцінки ефективності бойового застосування військових ЛА є математичне моделювання. При цьому шляхом розрахунку та оптимізації основного показника ефективності під час моделювання можна достатньо ґрунтовно вирішити вказані вище актуальні завдання розвитку авіаційної техніки.

Разом з тим у статті [4] цілком переконливо доводиться, що практичне визначення величин обраних показників ефективності бойового застосування ЛА із використанням математичних моделей пов'язано із суттєвими проблемами, які обумовлені складністю урахування усієї множини тактико-технічних характеристик (ТТХ) ЛА, недостатньою кількістю вихідних даних для створення відповідної оперативно-тактичної обстановки тощо. Тому для вирішення цих проблем у вказаній статті пропонується методика оцінювання одного із показників якості ЛА, а саме – коефіцієнта бойового потенціалу (КБП), на основі методів кваліметрії – науки про кількісну оцінку якості виробів, під якою розуміється сукупність їх властивостей, що обумовлюють їхню придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Погоджуючись з авторами статті, тим не менше слід зауважити, що вказаний підхід передбачає попередню наявність значень КБП вихідних типів ЛА: як для тих, що модернізуються, так і для нових, що обираються для переозброєння. Але, на

¹ У подальшому під порівнянням ЛА розуміється і порівняння варіантів модернізації ЛА

практиці, необхідні значення КБП, особливо для нових типів ЛА, не завжди є у розпорядженні фахівців. Крім того для деяких типів військових ЛА КБП взагалі не використовується, наприклад для учбово-тренувальних, військово-транспортних, розвідувальних та деяких інших.

Виходячи з цього, виникає питання: а чи не є раціональним виконувати порівняльну оцінку ЛА шляхом використання найбільш доступних їх характеристик?

Практика показує, що не маючи у своєму розпорядженні відповідних моделей, фахівці здійснюють подібне співставлення нових типів ЛА одного класу шляхом попарного порівняння їх основних ТТХ, а саме: максимальної швидкості, практичної стелі, тактичного радіусу дії, бойового навантаження і т. д. При цьому, як правило, жоден тип ЛА не має переваги над іншим одразу за усіма обраними характеристиками. Тому фахівці вимушені шукати компромісне рішення щодо підсумкової переваги певного ЛА над іншими – майже інтуїтивно (або експертне), оцінюючи важливість характеристик, що порівнюються.

Якщо кількість ЛА та обраних для порівняння характеристик невелика, то таке експертне співставлення можна вважати не дуже складною задачею. Але у переважній більшості випадків справа стосується одразу декількох ЛА та значного переліку обраних характеристик. У цьому разі визначення підсумкової переваги певного ЛА над іншими без застосування кількісних методів стає практично неможливим.

Таким чином, вирішення поставленої проблеми полягає у визначенні відповідного кількісного методу, за допомогою якого фахівці зможуть оперативно виконувати оптимізацію вибору прийнятного типу ЛА для тих чи інших потреб.

Аналіз такої задачі показує, що вона дійсно може бути вирішена за допомогою вже згаданих методів кваліметрії [4]. Але з метою скорочення переліку необхідних даних до такого, що зазвичай мають у своєму розпорядженні фахівці-експерти, замість КБП доцільно використовувати значення лише доступних показників якості відповідних ЛА. На практиці такими показниками є значення основних ТТХ ЛА, що наводяться у різних витках інформації.

Так, відомо, що об'єктами кваліметрії можуть бути будь-які об'єкти, для яких прийнятне поняття "якість" – сукупність характеристик об'єкта, що належать до його здатності задовольнити встановлені і передбачені потреби [5].

Якість характеризується показниками, які є кількісною характеристикою однієї або декількох властивостей виробу. При цьому одиничний показник якості характеризує одну з властивостей виробу, а комплексний показник – кілька властивостей.

У залежності від властивостей, що характеризуються, стосовно ЛА можна виділити кілька груп показників якості:

показники технічного ефекту (призначення) – аеродинамічні та льотно-технічні характеристики, тягові характеристики або потужності силової установки, авіаційні засоби ураження і їх варіанти, характеристики точності навігаційного комплексу і т. п.;

показники надійності – безвідмовність, призначений ресурс;

показники економного використання ресурсів – економічність силової установки, кількість осіб технічної та льотної експлуатації;

ергономічні показники – параметри кабіни екіпажу, рівень зусиль та їх розподіл на органах керування, розрізнення інформаційного поля кабіни, рівень шумів та вібрацій тощо;

естетичні показники – раціональність аеродинамічної схеми;

екологічні показники – рівень викиду в атмосферу шкідливих речовин, рівень шумів силової установки, умови утилізації;

показники безпеки – міцність конструкції, стійкість та керованість, умови аварійного покидання ЛА екіпажем тощо;

показники завадозахищеності – ефективна площа розсіювання, наявність та характеристики бортової станції активних завад, наявність та характеристики бортових засобів пасивних завад;

показники живучості – наявність дублюючих засобів і приладів системи керування, можливість аварійної посадки з вимкненим двигуном тощо;

показники транспортабельності та інші.

Аналіз переліку наведених показників якості ЛА показує, що принципово усі вони можуть використовуватися при порівняльній оцінці. Але на практиці, як правило, у перелік показників якості ЛА включають, насамперед, найбільш вагомі, а також ті, дані про які є у наявності для усіх зразків ЛА, що порівнюються.

Алгоритм комплексної оцінки і співставлення відповідних ЛА з урахуванням існуючих підходів до оцінки якості виробів за допомогою методів кваліметрії [6] виглядатиме так:

1) Вибір номенклатури одиничних показників якості ЛА (дискретних характеристик ЛА, які є найбільш суттєвими) з доступних джерел інформації.

2) Вибір одиничних базових показників якості ЛА (еталонних або кращих характеристик із переліку для порівняння), що будуть основою для визначення відносних, тобто нормованих до базових, одиничних показників.

3) Визначення відносних одиничних показників якості ЛА.

4) Визначення рангів показників якості (їх вагових коефіцієнтів) методом експертної оцінки.

5) Вибір методу комплексування відносних показників якості, тобто їх об'єднання, здійснюване за тим або іншим принципом.

6) Порівняльна оцінка якостей групи ЛА чи переліку варіантів модернізації одного ЛА.

7) Прийняття остаточного рішення.

Особливість вибору номенклатури одиничних показників якості ЛА полягає у визначенні характеристик ЛА, які є найбільш інформативними, суттєвими. Наприклад, швидкість, практична стеля, тактичний радіус, ефективна площа розсіювання, питоме навантаження на крило, тягоозброєність, бойове навантаження тощо. Причому ці одиничні показники якості ЛА не обов'язково повинні бути кількісними, а можуть бути просто наявними або відсутніми. Наприклад, наявність керування вектором тяги двигунів, наявність станції активних завад і т. п. У цьому випадку цілком доречно присвоювати значення "1" при наявності даного показника на конкретному ЛА, і "0" – у разі його відсутності.

Вибір одиничних базових показників якості ЛА може здійснюватися двома способами: використанням показників якого-небудь конкретного типу ЛА, як це зазвичай робиться стосовно еталонного коефіцієнту бойового потенціалу, або –

застосуванням найкращих значень показників із тих, що будуть порівнюватися. Наприклад, ЛА, що порівнюються, мають такі значення питомого навантаження на крило: 290, 320, 365, 285 кг/м². Відповідно до другого способу за базове значення слід взяти питоме навантаження на крило, яке дорівнює 285 кг/м².

Визначення відносних одиничних показників якості \bar{q}_i здійснюється за формулою:

$$\bar{q}_i = \frac{P_i}{P_{i0}}, \quad (1)$$

або

$$\bar{q}_i = \frac{P_{i0}}{P_i}, \quad (2)$$

де P_i – чисельне значення одиничного i -го показника якості ЛА; P_{i0} – чисельне значення i -го показника якості базового ЛА.

Для забезпечення виконання умови $\bar{q}_i \leq 1$, а значить і зручності подальших розрахунків, формула (1) використовується, коли збільшення P_i призводить до покращення якості ЛА, а (2) – навпаки.

Етап, що включає пункти 1...5 алгоритму називається диференційною оцінкою якості виробу (у даному випадку ЛА) [6].

Визначення рангів показників якості (їх вагових коефіцієнтів) може бути здійснено шляхом експертних оцінок з використанням математичного методу оброблення висловлювань експертів – методу шкальних оцінок [7].

Вибір методу згортання відносних показників якості, тобто їх об'єднання, за однорідними властивостями, є складним питанням.

Оскільки виявити характер взаємозв'язку між різними показниками якості ЛА практично неможливо, то згідно з [6] зазвичай використовують:

а) комплексний середньозважений арифметичний показник (у випадку, якщо для усіх відносних показників якості ЛА справедливо $\bar{q}_i > 0,5$)

$$Q_{ap} = \sum_{i=1}^n (\bar{q}_i \cdot k_{ei}); \quad (3)$$

б) комплексний середньозважений геометричний показник (у випадку, якщо хоча б один показник якості ЛА $\bar{q}_i \leq 0,5$)

$$Q_g = \sum_{i=1}^n \sqrt[n]{(\bar{q}_i \cdot k_{ei})}, \quad (4)$$

де n – число показників якості ЛА, що оцінюються; k_{ei} – коефіцієнт важливості i -го показника якості ЛА.

Необхідною умовою при цьому є $\sum_{i=1}^n k_{ei} = 1$.

Порівняльна оцінка якості групи ЛА здійснюється шляхом визначення тих ЛА, у яких комплексний показник має більше значення, ніж у інших, тобто є оптимальним

$$V_{opt} = \max\{Q_{apj}; Q_{zj}\} \quad j=1, \dots, m, \quad (5)$$

де m – кількість типів ЛА, що порівнюються.

Таким чином, прийняття рішення щодо вибору кращого типу ЛА можливе на підставі порівняльної їх оцінки шляхом, який наведено вище.

Розглянемо на прикладі можливості практичного застосування запропонованого методичного підходу.

Завдання.

Виконати порівняльну оцінку якості легкомоторних літаків для початкового льотного навчання – М-26, Іл-103, Су-49 та Як-152.

Рішення.

Вибираємо із наявних джерел інформації номенклатуру та значення одиничних показників якості указаних літаків, що належать до їх основних ТТХ (табл. 1).

Таблиця 1.

Основні ТТХ легкомоторних літаків М-26, Іл-103, Су-49 та Як-152

№ з/п	Назва характеристики	Тип літака, країна			
		М-26, Польща	Іл-103, Росія	Су-49, Росія	Як-152, Росія
1	2	3	4	5	6
1	Максимальна швидкість, км/год	321	340	500	530
2	Вертикальна швидкість, м/с	6	6	13	14
3	Практична стеля, м	5500	3000	7000	7000
4	Практична дальність, км	1410	800	1500	1000
5	Максимальне експлуатаційне перевантаження, од.	6	6,6	11	9
6	Питоме навантаження на крило, кг/см ²	100	89	106	94
7	Питома потужність двигуна ² , к.с./кг	0,214	0,160	0,277	0,273
8	Питома витрата палива, л/год	36	23	51	45
9	Тип шасі	1	0	1	1
10	Ресурс планера, год	8500	15000	10000	15000

Обираємо за одиничні базові показники якості літаків ті значення ТТХ, які є кращими (в табл. 1 показані напівжирним шрифтом).

Визначаємо відносні одиничні показники якості літаків за формулами (1) або (2) (табл. 2).

² Питому потужність двигуна, як відношення максимальної злітної маси до потужності силової установки, введено для забезпечення можливості оцінки впливу якості двигунів на загальну якість ЛА

Відносні значення основних ТТХ легкомоторних літаків М-26, Іл-103, Су-49 та Як-152

№ з/п	Назва характеристики	Тип літака			
		М-26	Іл-103	Су-49	Як-152
1	Максимальна швидкість	0,61	0,64	0,94	1,0
2	Вертикальна швидкість	0,43	0,43	0,93	1,0
3	Практична стеля	0,79	0,43	1,0	1,0
4	Практична дальність	0,94	0,53	1,0	0,67
5	Максимальне експлуатаційне перевантаження	0,55	0,6	1,0	0,82
6	Питоме навантаження на крило	0,89	1,0	0,84	0,95
7	Питома потужність двигуна	0,77	0,58	1,0	0,99
8	Питома витрата палива	0,64	1,0	0,45	0,51
9	Тип шасі	1,0	0	1,0	1,0
10	Ресурс планера	0,57	1,0	0,67	1,0

Визначаємо вагові коефіцієнти обраних одиничних показників якості вказаних літаків методом експертних оцінок та нормуємо їх до 1 (табл. 3).

Вагові коефіцієнти обраних одиничних показників якості літаків

№ з/п	Назва характеристики	Значення вагового коефіцієнту, долі од.
1	Максимальна швидкість	0,2
2	Вертикальна швидкість	0,07
3	Практична стеля	0,12
4	Практична дальність	0,1
5	Максимальне експлуатаційне перевантаження	0,12
6	Питоме навантаження на крило	0,07
7	Питома потужність двигуна	0,05
8	Питома витрата палива	0,04
9	Тип шасі	0,1
10	Ресурс планера	0,13

Обираємо для згортання відносних показників якості комплексний середньозважений геометричний показник тому, що п'ять відносних показників якості літаків є меншими за 0,5.

Для виконання порівняльної оцінки якості легкомоторних літаків розраховуємо значення відносних показників якості з урахуванням вагових коефіцієнтів та визначаємо значення комплексних середньозважених геометричних показників для кожного літака (табл. 4).

Відносні показники якості легкомоторних літаків за їх ТТХ

№ з/п	Назва характеристики	Тип літака, країна			
		М-26	Іл-103	Су-49	Як-152
1	Максимальна швидкість	0,349	0,358	0,434	0,447
2	Вертикальна швидкість	0,173	0,173	0,255	0,265
3	Практична стеля	0,308	0,227	0,346	0,346
4	Практична дальність	0,307	0,230	0,316	0,259
5	Максимальне експлуатаційне перевантаження	0,257	0,268	0,346	0,314
6	Питоме навантаження на крило	0,250	0,265	0,242	0,258
7	Питома потужність двигуна	0,196	0,170	0,224	0,222
8	Питома витрата палива	0,160	0,200	0,134	0,143
9	Тип шасі	0,316	0,000	0,316	0,316
10	Ресурс планера	0,272	0,361	0,295	0,361
11	Комплексний середньозважений геометричний показник Q_2	2,588	2,252	2,908	2,975

Із даних у табл. 4 видно, що за величиною комплексного середньозваженого геометричного показника Q_2 найбільш якісним за основними ТТХ легкомоторним літаком з тих, що розглядаються, є літак Як-152.

Виходячи з отриманих розрахунків може бути прийняте певне остаточне рішення щодо використання літака Як-152.

Вирішення розглянутого завдання традиційним шляхом експертного оцінювання відповідності обраних учбово-тренувальних літаків існуючим оперативно-тактичним вимогам також показало перевагу літака Як-152 над іншими, але у цьому разі отриманий результат не був достатньо наглядним і строгим. Це підтверджує можливість практичного застосування пропонованого способу порівняння якості ЛА.

Зміст наведеного підходу показує, що він може бути застосований для порівняльної оцінки будь-яких зразків військової техніки або варіантів її модернізації.

Аналіз запропонованої методики порівняльної оцінки показує, що точність отриманих результатів значною мірою залежить від двох основних факторів: кількості наявних одиничних показників якості зразка та об'єктивності визначення вагових коефіцієнтів експертами.

На основі викладеного можна зробити такі висновки:

1. Запропонований методичний підхід дозволяє виконувати порівняльну оцінку різних типів ЛА (варіантів модернізації ЛА) з використанням лише їх основних ТТХ, отримання яких не викликає значних труднощів.

2. Для підвищення достовірності і об'єктивності отриманих даних кількість одиничних показників якості ЛА повинна бути якомога більшою, а експертами для визначення вагових коефіцієнтів цих показників треба запрошувати найбільш кваліфікованих фахівців.

3. Підхід може бути застосовано для порівняльної оцінки будь-яких зразків військової техніки або варіантів її модернізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мавренков О.Є., Міцїтїс А.К. Математична модель оцінки бойової ефективності застосування модернізованих літаків тактичної авіації при діях по наземним цілям // Збірник наукових праць ДНДІА, 2006.–Випуск 2(9).–С. 155-159.
2. Мавренков О.Є., Улізько В.І. Багатокритеріальна оптимізація при виборі оптимальних варіантів модернізації літаків військового призначення // Збірник наукових праць ДНДІА, 2006.–Випуск 2(9).–С. 160-165.
3. Леженін С.І., Чадюк В.О., Хатунцева З.В. Моделювання процесу виконання бойового завдання ударним літаком // Збірник наукових праць ДНДІА, 2007.–Випуск 3(10).–С. 94-101.
4. Мавренков О.Є. До питання оцінювання коефіцієнта бойового потенціалу літального апарату, що модернізується // Збірник наукових праць ДНДІА, 2007.–Випуск 3(10).–С. 102-105.
5. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация. Курс лекций. – М.: Ассоциация авторов и издателей "ТАНДЕМ". Издательство "ЭКМОС", 2000. – 320 с.
6. М. М. Калейчик М.М. Квалиметрия. Учебное пособие для вузов. – М.: МГИУ, 2007. – 200 с.
7. Тараканов К.В. Математика и вооруженная борьба. – М.: Воениздат, 1974. – 240 с.

Надійшла до редакції 31.10.2009