

О.М. Добриденко, М.С. Стрела, О.В.Карпенко

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ

У статті наведено погляди авторів щодо вирішення проблематики оптимального вибору системи експлуатації авіаційної техніки в сучасних умовах ведення бойових дій, опираючись на основні визначені критерії, які ці системи характеризують. Наведено основні чинники, що впливають на систему експлуатації літаків під час ведення бойових дій, проаналізовано основні класичні методи багатокритерійної оцінки, розкрито основні теоретичні засади методу ідеальної точки з ваговими коефіцієнтами, проведено розрахунки та надано оптимальний варіант системи експлуатації із низки запропонованих, опираючись на визначальні (що характеризують) параметри.

Ключові слова: система експлуатації авіаційної техніки, експлуатація за технічним станом, багатокритерійна оцінка, оптимальний вибір, метод ідеальної точки.

Вступ

Постановка проблеми. В умовах ведення бойових дій Повітряними Силами Збройних Сил України (далі – ПС) інженерно-технічний склад авіаційних частин повинен виконувати підготовку та ремонт повітряних суден відповідно до діючої системи експлуатації. Проте, воєнні реалії внесли значні корективи в процес як ремонту, так і підготовки повітряних суден до виконання бойових завдань.

Наразі в більшості авіаційних частин інженерно-технічний склад вимушений виконувати експлуатацію повітряних суден за змішаною системою, а саме з поєднанням планово-попереджувальної системи з експлуатацією за технічним станом. Звісно, це суперечить чинним нормативно-технічним документам, проте сучасна війна внесла низку чинників, які значно впливають на систему експлуатації повітряних суден в умовах ведення бойових дій, а саме:

значне загострення проблеми постачання та зберігання запасних частин для повітряних суден за всіма спеціальностями;

стрімке вичерпання ресурсних показників в умовах ведення інтенсивних бойових дій, втрати літаків із запасом ресурсних показників та значна кількість введених до строю літаків, які вичерпали свої призначені та міжремонтні ресурсні показники (“літаки, що продовжені по війні”), які значну кількість (10...15) років не експлуатувались;

загострення проблеми виконання військового та заводського ремонту авіаційної техніки через дефіцит блоків та агрегатів оригінального виробництва.

значне зменшення часу на підготовку повітряних суден до виконання бойових завдань, що обумовлено високою вірогідністю, а часом – і самими обстрілами аеродромів;

зменшення кількості спеціалістів у групах обслуговування як авіаційної техніки, так і аеродромних служб через розосередження авіаційних частин на три, чотири, а іноді і на п'ять інших аеродромів;

значне зменшення кількості спеціального обладнання для підготовки та контролю повітряних суден.

Усі ці чинники призвели до стрімкого запозичення інженерно-технічним складом авіаційних частин ПС деяких аспектів експлуатації за технічним станом (далі – ЕТС) та спроби адаптування їх під ту авіаційну техніку, яка знаходиться на озброєнні частини.

Ця ситуація змусила Командування ПС та наукові установи розглядати альтернативні системи експлуатації авіаційної техніки, які б могли забезпечити систематизацію та формалізацію процесу технічної експлуатації із задовільним рівнем справності та боеготовності.

Проте, процес оптимального вибору системи експлуатації, який є багатокритерійним, має певні складнощі. Наприклад, найбільш класичний і складний вибір між затратами та показниками ефективності.

Для вирішення зазначеного питання необхідно застосувати метод багатокритерійного вибору, що забезпечить оптимальний вибір варіанту експлуатації авіаційної техніки певного типу із заданими критеріями та обмеженнями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій
Проблематика оптимального і багатокритерійного вибору не є новою ані для ПС і промисловості, ані для науки.

Рішення таких задач засновано на знаходженні максимального результату сукупної функції корисності (вектору функції):

$$f^*(a_i) = [f_1(a_1), f_2(a_2), \dots, f_j(a_j), \dots, f_n(a_i)] \rightarrow \max$$

При такій постановці задачі всі критерії прямують до максимуму.

Опираючись на досвід оцінювання систем експлуатації авіаційної техніки, як визначальні критерії обрано такі:

критерій справності, визначається у долях;
критерій технічного використання, визначається у долях;
критерій відносних фінансових затрат, визначається відносною величиною.

Більшість управлінських задач вирішуються в умовах впевненості (коли всі параметри системи визначені) та в умовах невизначеності (коли всі параметри системи невідомі, та будуються гіпотези щодо їх прогнозу). Виходячи з умов даної задачі, можливо виділити те, що всі параметри задачі визначені, що відносить її до умов впевненості.

При вирішенні задачі критеріальної оптимізації в умовах впевненості можливо виділити такі основні методи [1, с. 4...15]:

1. Метод ранжування;
2. Рівномірної оптимальності;
3. Справедливого компромісу;
4. Згортання критеріїв;
5. Метод ідеальної точки;
6. Головного критерію.

Усі ці методи дають змогу виконати раціональний вибір, проте метод ідеальної точки наразі є апробованим в ДНДІА та досить широко застосовується в дослідженнях [2, 3].

Мета статті – визначення оптимального методу вибору системи експлуатації повітряних суден державної авіації в умовах бойових дій із низки запропонованих за визначеними критеріями.

Виклад основного матеріалу

Основна ідея методу ідеальної точки [4] полягає у визначенні відстані досліджуваних варіантів до точки ідеалу в багатовимірному (багатокритерійному) просторі та найбільш оптимальним варіантом вважається той, який має найменшу відстань $D_{a_i}^{\Pi}$ до точки ідеалу в цьому просторі. Зазначена відстань для тривимірного простору вираховується за формулою:

$$D_{a_i}^{\Pi} = \sqrt{(X - f_1(a_i))^2 + (Y - f_2(a_i))^2 + (Z - f_3(a_i))^2}, \quad (1)$$

де $f_1(a_i)$, $f_2(a_i)$, $f_3(a_i)$ – значення параметрів у тривимірному просторі, або ж значення критеріїв f_i , які характеризують певні варіанти вибору a_i , ці значення піддаються природній нормалізації для приведення до безрозмірних (за необхідністю); X, Y, Z – координати “ідеальної” точки.

Відповідно до логіки завдання критерії мають різні вагові коефіцієнти, тому вирішено ввести вагові коефіцієнти та помножити їх на значення критеріїв, причому сума зазначених коефіцієнтів повинна дорівнювати одиниці

$$\alpha + \beta + \gamma = 1,$$

де α, β, γ – вагові коефіцієнти, що надають експерти при опитуванні.

З урахуванням зазначених коефіцієнтів, формула (1) набуває такого вигляду

$$D_{a_i}^{\Pi} = \sqrt{\alpha(X - f_1(a_i))^2 + \beta(Y - f_2(a_i))^2 + \gamma(Z - f_3(a_i))^2} \quad (2)$$

Після визначення методів оптимізації, які будуть застосовані, наступним етапом необхідно створити матрицю альтернатив. Відповідно до умов, на вхід до методичного апарату отримано три альтернативи, а саме:

існуюча система експлуатації (планово-попереджувальна);

система експлуатації, що використовується ДНДІА (експлуатація за технічним станом, за параметром надійності, при супроводженні авіаційної техніки впродовж життєвого циклу);

система експлуатації, що запропонована виробником авіаційної техніки.

Оцінювання запропонованих систем експлуатації відбувається за трьома критеріями, що обрані вище, а саме:

критерій справності;
критерій технічного використання;
фінансові затрати.

Зведена матриця альтернатив із відповідними чисельними значеннями представлена у вигляді таблиці 1.

Зірочкою (*) позначаються вагові коефіцієнти для критеріїв, розраховані за допомогою методу експертної оцінки. Чисельні значення критеріїв для відповідних альтернатив отримані шляхом запиту їх із військових частин (для існуючої системи) та розраховані експертами із використанням відповідної фахової літератури і методу експертів. Показник “+50” у деяких альтернатив для фінансових затрат обґрунтовується як одноразові витрати на перехід до нової системи експлуатації з існуючої. Взагалі, фінансові затрати є досить приблизною кількісною ознакою у своєму абсолютному значенні, при отриманні якої також використовувався метод експертної оцінки.

Таблиця 1

Матриця альтернатив

Альтернатива / Критерії / ваговий коефіцієнт	Існуюча система (планово- попереджувальна)	Використовується ДНДІА (ЕТС, за надійністю)	Запропонована Виробником АТ
Справність / ***	0,9	0,9	0,7
Технічне використання /*****	0,93	0,91	0,99
Фінансові затрати, млн грн/рік /**	180	100 ⁺⁵⁰	210 ⁺⁵⁰

Джерело: розроблено авторами.

Аналізуючи матрицю альтернатив із таблиці 1, можливо зробити висновок, що критерій “Фінансові затрати” має абсолютне значення і є досить приблизним. Саме тому пропонується перейти до відносного значення фінансових затрат

(тобто використати метод природньої нормалізації). Оновлений та остаточний вигляд матриця альтернатив має у таблиці 2.

Таблиця 2

Оновлена матриця альтернатив

Альтернатива / Критерії	Існуюча система (планово- попереджувальна)	Використовується ДНДІА (ЕТС, за надійністю)	запропонована Виробником АТ
Справність ***	0,9	0,9	0,7
Технічне використання *****	0,93	0,91	0,99
Фінансові затрати **	0,4	0,25	0,8

Джерело: розроблено авторами.

Відповідно до формули (2) визначається відстань $D_{a_i}^{\Pi}$ для кожної альтернативи a_i за визначеними критеріями f_i . Приймається, що “ідеальна” точка має кращі граничні значення критеріїв, тобто її координати в нормованому тривимірному критеріальному просторі “Справність – Технічне використання – Фінансові затрати” (або X, Y, Z) становлять (1, 1, 0). Визначення відстаней $D_{a_i}^{\Pi}$ має вигляд:

$$D_{a_1}^{\Pi} = \sqrt{\alpha(1 - f_1(a_1))^2 + \beta(1 - f_2(a_2))^2 + \gamma(0 - f_3(a_3))^2} =$$

$$= \sqrt{0,3(1 - 0,9)^2 + 0,5(1 - 0,93)^2 + 0,2(0 - 0,4)^2} =$$

$$= 0,193520025$$

$$D_{a_2}^{\Pi} = \sqrt{\alpha(1 - f_1(a_2))^2 + \beta(1 - f_2(a_2))^2 + \gamma(0 - f_3(a_2))^2} =$$

$$= \sqrt{0,3(1 - 0,9)^2 + 0,5(1 - 0,91)^2 + 0,2(0 - 0,25)^2} =$$

$$= 0,139521315$$

$$D_{a_3}^{\Pi} =$$

$$\sqrt{\alpha(1 - f_1(a_3))^2 + \beta(1 - f_2(a_3))^2 + \gamma(0 - f_3(a_3))^2} =$$

$$= \sqrt{0,3(1 - 0,7)^2 + 0,5(1 - 0,99)^2 + 0,2(0 - 0,8)^2} =$$

$$= 0,393763889$$

Отже, відповідно до вирішального правила мінімізації відстані $D_{a_i}^{\Pi}$, найменшу відстань має

$$D_{a_i}^{\Pi} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,193520025; 0,139821315; \\ 0,393763889 \end{matrix} \right\} =$$

$$= 0,139821315 = D_{a_2}^{\Pi}$$

- друга альтернатива “Використовується ДНДІА (ЕТС, за надійністю)”, та ця альтернатива вважається раціональним варіантом експлуатації за технічним станом авіаційної техніки державної авіації України. Тривимірний простір можливо зобразити графічно, на рис. 1 схематично зображено проблематику вибору оптимальної альтернативи.

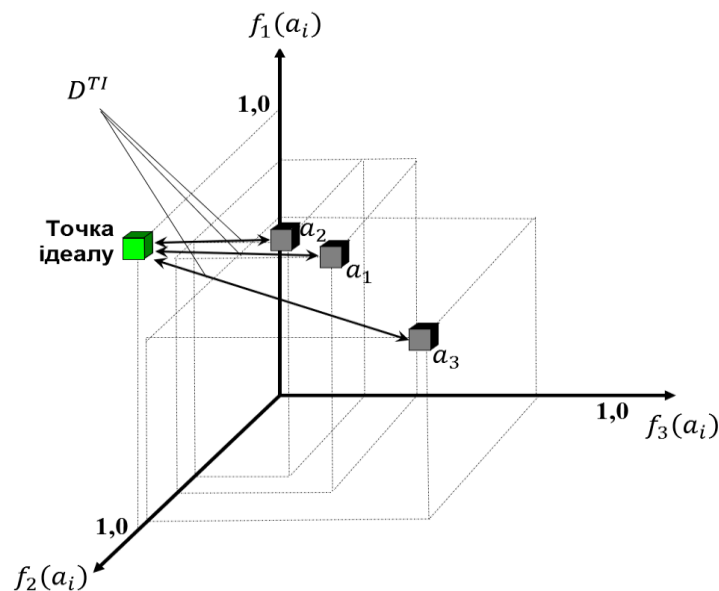


Рис. 1. Графічне зображення вибору оптимальної альтернативи на основі виміру відстаней від альтернатив до точки ідеалу.
Джерело: розроблено авторами.

Висновки

Використання методу “ідеальної точки” об’єктивно надає можливість з більшою точністю визначити оптимальну систему експлуатації із низки запропонованих, використовуючи основні критерії, що їх характеризують. Система, що використовується ДНДІА, наразі є найбільш

раціональним вибором з точки зору затрат та отриманих переваг на відміну від інших систем.

Подальший розвиток розкритої у статті теми можливий у визначенні інших методів, які освітлюють зазначену тему оптимального вибору під іншим кутом зору та в інших умовах.

Список літератури

1. Бражников М.А. Теория менеджмента – Самара: СГТУ, 2016. – 76 с.
2. Мавренков О.Є. Методика оцінювання технічної досконалості авіаційних тренажерних комплексів/Артюшин Л.М., Мірненко В.І., Мавренков О.Є. // 36. наук. праць ДНДІА.– К.: 2016. – Вип. 19. – С. 27–34.
3. Мавренков О.Є. Методичний підхід до оцінювання ефективності ліцензійного виробництва літальних апаратів військового призначення / Артюшин Л.М., Мавренков О.Є., Расьєв К.М. // 36. наук. праць ДНДІА.– К., 2017. – Вип. 20. – С. 11–18.
4. Сегал В.В. Анализ и синтез сложных систем. – К.: ЦЭМИ “Тридента”, 1994. – 369 с.

Надійшла до редколегії 03.10.2023

Схвалена до друку 13.11.2023

Відомості про авторів

Добриденко Олег Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2029-1488>

Стрела Максим Сергійович

доктор філософії
науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4055-1600>

Information about the authors:

Oleg Dobridenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2029-1488>

Maxim Strela

PhD
Researcher Associate
of State Research Institute of Aviation
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4055-1600>

Карпенко Олександр Валерійович

начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9507-3573>

Oleksandr Karpenko

Head of Research Laboratory
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9507-3573>

THE METHOD OF OPTIMAL SELECTION OF THE AIRCRAFT OPERATION SYSTEM OF THE STATE AVIATION IN COMBAT CONDITIONS

O. Dobridenko, M. Strela, O. Karpenko

The article presents the views of the authors regarding the solution to the problem of the optimal choice of the system of operation of aviation equipment in the modern conditions of conducting combat operations, based on the main defined criteria that characterize these systems.

However, it is previously stated that the engineering and technical staff of aviation units must carry out the preparation and repair of aircraft in accordance with the current system of operation. However, military realities made significant adjustments to the process of both repairing and preparing aircraft for combat missions.

In particular, the problems are related to the rapid exhaustion of resource indicators in conditions of intensive hostilities, the loss of aircraft with a reserve of resource indicators and a significant number of aircraft entered into service that have exhausted their assigned and inter-repair resource indicators ("aircraft extended in the war condition"), which significantly number (10...15) years have not been exploited.

The main factors affecting the system of operating aircraft during combat operations are given, the main classical methods of multi-criteria evaluation are analyzed, the main theoretical principles of the ideal point method with weighting coefficients are revealed, calculations are carried out and the optimal version of the system of operation from a number of proposed ones is provided, based on the determinants (their characterizing) parameters.

Keywords: aircraft operation system, operation according to technical condition, multi-criteria assessment, optimal choice, ideal point method.