

УДК 629.735.33.017.1

doi: 10.32620/akt.2021.3.01

А. З. ДВЕЙРІН¹, В. І. РЯБКОВ², Л. В. КАПІТАНОВА², К. В. МАЙОРОВА²¹ Державне підприємство «Антонов», Україна² Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МОДИФІКАЦІЙ ЛІТАКІВ ТРАНСПОРТНОЇ КАТЕГОРІЇ ЗА ЧАСТКОВИМИ ТА ІНТЕГРАЛЬНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЕФЕКТИВНОСТІ

Предметом вивчення в статті є метод для оцінювання ефективності модифікацій літаків транспортної категорії за частковими та інтегральними показниками, серед яких є маркетингова вартість рейсу та собівартість літако-годин авіап перевезень, за сумами яких забезпечується взаємозв'язок економічних показників і параметрів, що застосовуються при проектуванні. Метою є збільшення ефективності модифікацій літаків транспортної категорії відносно базових. Завдання: розробити моделі оцінювання модифікаційних змін за інтегральними вартісними показниками; провести порівняльне оцінювання різних модифікацій літака транспортної категорії за частковими та інтегральними вартісними показниками. Використовуваними методами є: аналіз та синтез дослідних показників, математичні підходи для їх оцінювання на основі розв'язання систем рівнянь. Отримані такі результати. Згідно аналізу та синтезу встановлено недоліки наведених часткових показників вартісної ефективності. Показано, що найбільш загальним економічним показником створення літака є вартість його життєвого циклу (ЖЦ), що включає до себе витрати на всіх етапах розробки, виробництва і експлуатації. Оптимізація модифікацій за цим показником дає максимальний економічний ефект. З урахуванням цієї обставини для оцінювання вартісної ефективності модифікацій літаків транспортної категорії розроблені моделі, які дозволяють визначити вартість ЖЦ модифікацій при варіантній зміні параметрів, що модифікуються, таких, як злітна маса, рейсова продуктивність, заявлений ресурс і ін., які закладаються до модифікації на етапі прийняття концептуальних рішень при її створенні. Прийнято, що зміна злітної маси пов'язана зі збільшенням вантажу, що перевозиться, а зміна рейсової продуктивності – зі збільшенням дальності від 2000 до 4000 км. На основі математичних підходів для оцінювання існуючих часткових та нововведених інтегральних показників проаналізовано п'ять можливих модифікацій легкого транспортного літака, в яких змінювали такі параметри, як злітна маса та рейсова продуктивність. Встановлено явну неадекватність в оцінюванні ефективності розроблених варіантів за частковими та інтегральними показниками їх ефективності. Висновки. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: розроблено метод оцінювання сумарних витрат за ЖЦ модифікацій літаків транспортної категорії з урахуванням характерних параметрів модифікації: рейсової продуктивності у вигляді характеристики «вантаж - дальність»; заявленого ресурсу модифікації, а також часткових критеріїв, таких як: вартості літако-години авіап перевезень; собівартості перевезення 1 тонни вантажу на 1 кілометр; повних витрат на один рейс літака транспортної категорії. Запропонований метод істотно розширив інформацію, на основі якої може прийматися рішення щодо конкурентоспроможності різних модифікацій.

Ключові слова: модифікації літака; порівняльна оцінка ефективності; приватний і інтегральний вартісний показники.

Вступ

Створення модифікацій літаків транспортної категорії набуло широкого поширення як у провідних авіабудівних фірмах США, Англії, Франції [1-4], так й у вітчизняному авіабудуванні, а саме на Державному підприємстві «Антонов». Це створило здорову конкуренцію на ринку авіаційного бізнесу в світі та сформувало основний вектор його розвитку. На сьогодні модифікації літаків істотно стимулюють прогресуючу вартість літака, бо вартість

розробки модифікації загалом не перевищує 15...30% від вартості розробки базового літака [5, 6]. З урахуванням цього сучасне успішне функціонування авіаційного бізнесу не можливо без експлуатації модифікованих базових літаків, які створюються як зміна одного або декількох із п'яти ознак змін: функціонального призначення, області використання, льотно-технічних характеристик, рівня вдосконалення технічного рішення або його агрегату, економічної ефективності [7].

Ефективність тієї чи іншої модифікації літака

транспортної категорії оцінюється переважно за економічними показниками, що в сукупності дають єдиний економічний ефект від реалізації модифікації. На сьогодні в оцінюванні ефективності таких літаків транспортної категорії поширення набули часткові показники, такі як: маркетингова вартість рейсу та собівартість літако-годин авіаперевезень і т.п., за сумами яких забезпечується взаємозв'язок економічних показників і параметрів, що застосовуються при проектуванні.

Прикладом цього може бути наведені методи оцінювання економічного ефекту в статті [8], де одними із головних обраних чинників, що забезпечують економічний ефект та ефективність, є підвищення якості, статичної міцності та довговічності конструкції, зниження маси конструкції літака від впровадження нової технології замість базової, яка застосовується на підприємствах галузі, та від впровадження нових конструктивних і технологічних рішень конструкції літака.

Провідний економіст Державного підприємства «Антонов» Ю. Г. Андрієнко відзначав, що «при критичному використанні існуючих методів прийняття рішень за частковими критеріями виявилися властиві їм істотні недоліки, які не дозволяють реалізувати високі та дуже різноманітні вимоги до розроблених зразків авіаційної техніки без значного удосконалення існуючих підходів.

Згадані недоліки виникають в тій ланці прийняття рішень, яка пов'язана з оцінюванням ефективності попередньо сформованих варіантів і вибором найбільш ефективного з них».

До недоліків наведених часткових показників вартісної ефективності слід віднести те, що вони:

- не враховують збільшення витрат при виконанні науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР) щодо зниження витрат в експлуатації;
- не відображають ефект збільшення витрат при необхідності підвищення ресурсу агрегатів і вузлів, що забезпечує зниження амортизаційних відрахувань,
- не враховують зниження витрат на скорочення льотних випробувань і використання уніфікованих конструктивів при виробництві модифікацій;
- використовуються тільки при повірочних оцінках, коли можливість впливу на вартість життєвого циклу (ЖЦ) відсутня.

З наведеного випливає, що не мінімізація витрат на кожному з етапів ЖЦ визначає оптимальну вартісну оцінку, оскільки, наприклад,

збільшення витрат на етапі проектування може істотно знизити експлуатаційні витрати і, тим самим, витрати за весь ЖЦ, або зменшити працевитрати на етапі виробництва модифікації і тим самим знизити вартість літака, як одну зі складових вартості ЖЦ.

Слід зазначити, що суттєвою актуальною ознакою запропонованих сучасних моделей та методів оцінювання ефективності модифікацій літаків має бути адаптованість їх застосувань в системах САПР авіаційного виробництва не залежно від програми випуску виробу, які дозволять створювати прогнози рентабельності від впровадження удосконалених рішень технології виробництва та/або нових конструктивних і технологічних рішень конструкції літака, а також висвітлити мінімізацію витрат.

1. Постановка задач досліджень

Для порівняльної оцінки модифікацій літаків транспортної категорії за частковими та інтегральними показниками ефективності слід вирішити наступні завдання:

- розробити моделі оцінювання модифікаційних змін за інтегральними вартісними показниками;
- провести порівняльне оцінювання різних модифікацій літака транспортної категорії за частковими та інтегральними вартісними показниками.

2. Моделі вартісної оцінки модифікацій за інтегральними показниками

Найбільш загальним економічним показником створення літака є вартість його ЖЦ, що складається з витрат на всіх етапах розробки, виробництва і експлуатації [9]. Оптимізація його параметрів за цим показником дає максимальний економічний ефект.

Для оцінювання рівня ефективності модифікацій на етапі їх розробки пропонується використовувати сукупності взаємозв'язків вже відомих показників (рис. 1), таких, як:

- рейсова продуктивність і маркетингова вартість рейсу;
- собівартість літако-години та заявлений ресурс модифікації в льотних годинах.

У цих сумах найбільш повно забезпечується взаємозв'язок економічних показників і параметрів, змінних при проектуванні [10].

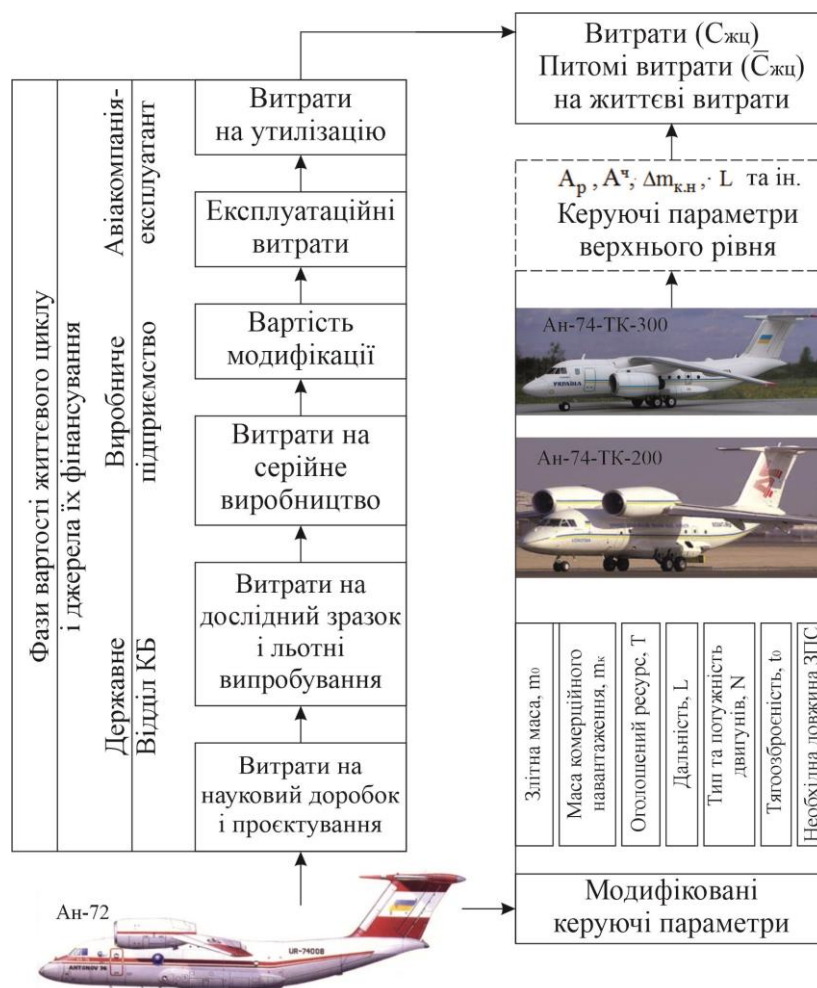


Рис. 1. Схема методу оцінки витрат за життєвий цикл модифікацій шляхом зміни технічних параметрів

Як уже зазначалося, головною потребою розробки модифікацій є змінювання їх характеристик «вантаж-дальність», тобто рейсової працездатності ($\Delta m_{к.н.}$, L) [11]. З урахуванням цього вартість витрат за життєвий цикл ідентифікується в вираз

$$C_{жц}^ч = A_p(m_{к.н.} \cdot L)N_p, \quad (1)$$

де A_p – собівартість рейсу;

N_p – кількість рейсів за весь період експлуатації;

$m_{к.н.}$, L – комерційне навантаження і дальність її перевезення.

Іншою формою ідентифікації вартості життєвого циклу модифікацій (умова 1) є її запис через заявлений ресурс

$$C_{жц}^ч = A^ч(m_{к.н.} \cdot L)T_p, \quad (2)$$

де $A^ч$ – наведені часові витрати, що припадають на одну годину польоту;

T_p – амортизаційний термін служби літака в льотних годинах.

Якщо ж амортизаційний термін заданий в календарному часі, то

$$C_{жц}^ч = A^ч(m_{к.н.} \cdot L)P_p T_p, \quad (3)$$

де P_p – річний наліт літака в годинах;

T_p – календарний термін служби в роках.

В обидві основні залежності для визначення вартості життєвого циклу (1) і (2) входить важливий вартісний параметр $A^ч$ – наведені часові витрати.

У загальному випадку вираз для прямих експлуатаційних витрат щодо планера літака запишемо в наступному вигляді:

$$A^ч = 1,4(A_{амл} + A_{тол} + A_{пмм}), \quad (4)$$

де $A_{амл}$ – часові витрати на амортизацію літака;

$A_{тол}$ – годинні витрати на технічне обслуговування планера літака;

$A_{пмм}$ – витрати на паливно–мастильні матеріали;

1,4 – коефіцієнт, що враховує витрати на амортизацію і технічне обслуговування при непродуктивному нальоті годин.

При підрахунку параметра P_T у визначенні тонно–кілометра авіаперевезень слід скористатися статистичними залежностями [12, 13], що дозволяють диференціювати наліт щодо дальності польоту літака L , що важливо при порівняльному економічному оцінюванні різноманітних варіантів модифікацій.

У зазначених роботах [12, 13] річний наліт годин рекомендується визначати за співвідношеннями, пов'язаним з параметром дальності вантажу, що перевозиться:

– для середньомагістрального літака:

$$P_T = 455 \ln(L_p) - 1884; \quad (5)$$

– для близькомагістрального літака:

$$P_T = 455 \ln(L_p) - 280; \quad (6)$$

– для регіональних літаків:

$$P_T = 455 \ln(L_p) - 1687. \quad (7)$$

Розрахункова дальність (L_p) в цих залежностях розглядається як середньозважена дальність перевезень на рік.

Вирази (1) – (3) дозволяють визначити вартість життєвого циклу модифікацій літаків транспортної категорії при варіантній зміні параметрів, що модифікуються, таких, як злітна маса, рейсова продуктивність, заявлений ресурс і ін., які закладаються до літака ще на етапі прийняття концептуальних рішень щодо його вигляду і технічних параметрів (див. рис. 1), тобто вирази (1)–(4) є основою при вартісному оцінюванні модифікацій літаків транспортної категорії на етапі їх розробки.

Тестованість застосування цього методу здійснена для модифікацій легкого транспортного літака. Специфіка літаків такого типу полягає в тому, що для них детермінованими є злітна маса в межах 6 ... 7 тисяч кілограм і дальність перевезення в діапазоні 2 ... 4 тисячі кілометрів.

У п'яти розглянутих модифікаціях транспортного літака змінювалися такі параметри,

як злітна маса та рейсова продуктивність. Зміна злітної маси пов'язана зі збільшенням вантажу, що перевозиться, зміна рейсової продуктивності – зі збільшенням дальності від 2000 до 4000 км (табл. 1).

Таблиця 1

Значення основних параметрів базового транспортного літака та його модифікацій

Параметри модифікації	Злітна маса, кг	Маса комерційного навантаження, кг	Дальність польоту, км
Базовий літак	6360	1200	2000
Перша модифікація	6898	1200	3000
Друга модифікація	7470	1200	4000
Третя модифікація	5760	2400	1990
Четверта модифікація	6260	2400	1620
П'ята модифікація	7200	2640	2000

3. Порівняльна оцінка модифікацій за частковими та інтегральними вартісними показниками

Як уже зазначалося, в даний час вартісне оцінювання такого сімейства літаків здійснюється за частковими показниками їх ефективності [14, 15]: собівартості перевезення однієї тонни вантажу на один кілометр, а експлуатаційні витрати, що припадають на одну годину польоту – $A^ч$.

Аналіз значень, наведених на рис. 2, свідчить, що часові витрати першої і другої модифікацій приблизно рівні і трохи нижчі, ніж у базового літака, тоді як третя, четверта і п'ята модифікації за цим параметром набагато вище, ніж базовий варіант.

Співставлення вартісних показників, наведених на рис. 2, не дає однозначної відповіді щодо економічної доцільності того чи іншого варіанту модифікації.

Більш чітку відповідь можна отримати, якщо розглядати ці модифікації за величиною вартості їх життєвого циклу, як інтегральної економічної характеристики (рис. 3). З даних, наведених на рис. 3, виходить, що вартість життєвого циклу є сумарним параметром повних витрат, що здійснюються при проектуванні, виробництві та в період експлуатації літака.

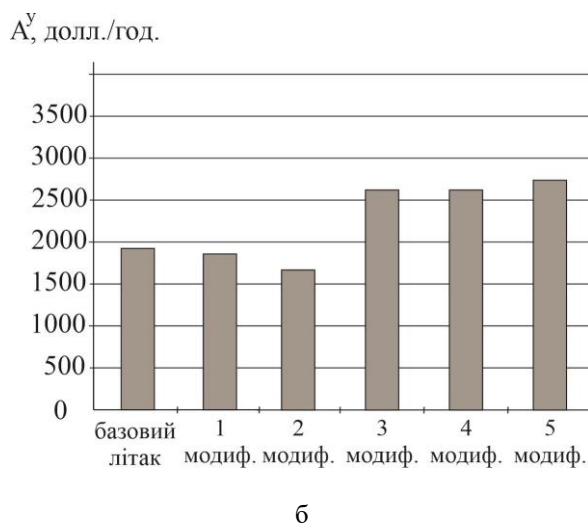
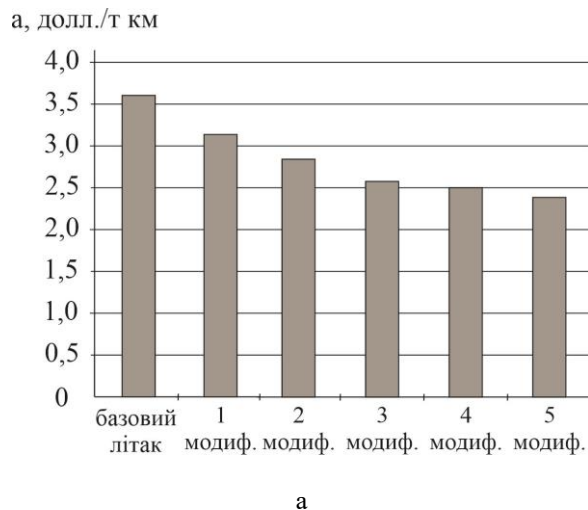


Рис. 2. Часткові показники вартісної ефективності модифікацій адміністративного літака:
а – собівартість перевезення однієї тонни вантажу на один кілометр;
б – витрати, що припадають на одну годину польоту

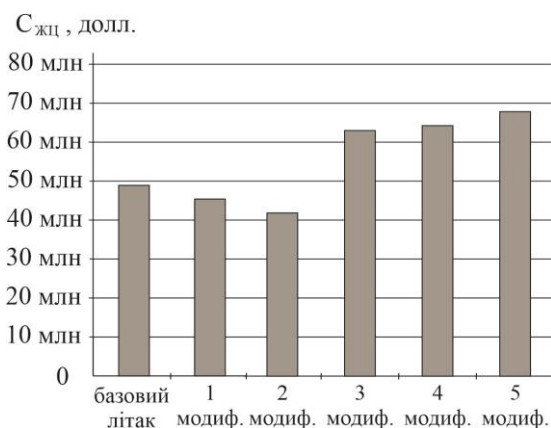


Рис. 3. Вартість життєвого циклу модифікацій транспортного літака ($C_{жц}^ч$) при календарному ресурсі 25000 льотних годин

Чисельно витрати за весь життєвий цикл в кілька разів перевершують вартість літака, а технічні параметри, що приймаються в передескізному проектуванні істотно змінюють цей економічний показник.

Визначення вартості життєвого циклу дозволяє кількісно оцінити не тільки абсолютний, а й відносний розмір цього параметра для кожної з розглянутих модифікацій в залежності, наприклад, від кількості виконуваних рейсів (рис. 4).

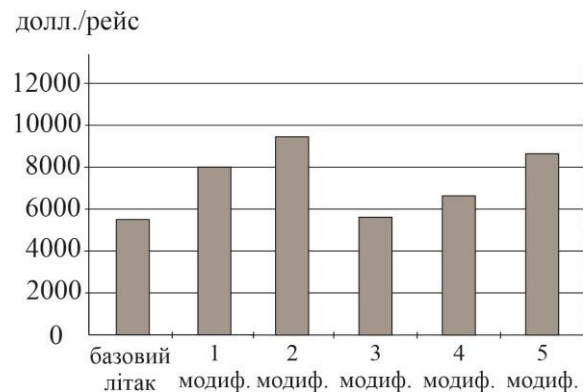


Рис. 4. Відносна величина вартості життєвого циклу, яка припадає на один рейс модифікацій легкого транспортного літака

Співставляючи всі наведені на рис. 2, 3 і 4 вартісні показники модифікацій легкого транспортного літака, необхідно відзначити наступне:

1. Всі вони зумовлюють конкурентоспроможність розглянутих модифікацій, як на ринку літаків, так і на ринку авіаперевезень.

2. Дані, наведені на рис. 2, тобто величини витрат, що припадають на перевезення однієї тонни вантажу на один кілометр, і часові витрати – показники, що давно використовуються в оцінюванні ефективності літаків, проте, вони не дають остаточної відповіді щодо ефективності модифікації.

3. На рисунках 3 і 4 наведено вартісні показники, отримані на основі розробленого методу, з яких випливає:

– абсолютні витрати за життєвий цикл мінімальні у другій модифікації (див. рис. 2, б), тоді як собівартість перевезення однієї тонни вантажу на один кілометр мінімальна у п'ятій модифікації (див. рис. 2, а);

– витрати на один рейс (див. рис. 4) дуже важливі для адміністративного літака, оскільки зумовлюють сумарні витрати на його використання. За цим показником перевага належить третій модифікації.

Висновки

Представлена порівняльна оцінка п'яти модифікацій літака транспортної категорії за частковими та інтегральними показниками ефективності:

1. На новій науковій основі розроблено метод оцінювання сумарних витрат за ЖЦ модифікацій літаків транспортної категорії з урахуванням характерних параметрів модифікації:

- рейсової продуктивності у вигляді характеристики «вантаж - дальність»;
 - заявленого ресурсу модифікації,
- а також відомих і таких, що виправдали себе часткових критеріїв:
- вартості літако-години авіаперевезень;
 - собівартості перевезення 1 тонни вантажу на 1 кілометр;
 - повних витрат на один рейс літака транспортної категорії.

2. Оскільки у визначення повних витрат за ЖЦ увійшли найбільш важливі параметри, що визначають конкурентоспроможність модифікації, такі, як рейсовий продуктивність, заявлений ресурс і часткові вартісні показники, сумарні витрати за життєвий цикл слід визнати інтегральним вартісним показником, що відображає всі витрати, пов'язані з реалізацією всіх фаз життєвого циклу.

3. Запропонований метод, орієнтований на етап розробки модифікацій, коли є реальна можливість вплинути на повні витрати за життєвий цикл і, тим самим, забезпечити найбільш високу вартісну ефективність новостворюваної модифікації.

Цей метод істотно розширив інформацію, на основі якої, може прийматися рішення щодо конкурентоспроможності конкретних модифікацій.

Література

1. *Quarterly reports 2018, 2020, 2021. Leonardo. Results and reports. [Electronic resource]. URL: <https://www.leonardocompany.com/en/investors/results-and-reports>. (accessed: 20.03.2021).*

2. *Nigel, Dennis. Comparative Analysis of Regional Airline Industry in Europe and North America and Some Insight into Current Developments [Text] / Dennis Nigel, Smyth Austin, Stevens Ken // Transportation research record: journal of the transportation research board. – 2008. – Vol. 2052, Iss. 1. – P. 118-125. DOI: 10.3141/2052-14.*

3. *Alonso, J. J. Aircraft design optimization [Text] / J. J. Alonso, P. LeGresley, V. Pereyra // Mathematics and Computers in Simulation. – 2009. – Vol. 79, Iss. 6. – P. 1948-1958.*

4. *3.2bn passengers used air transport in 2014 [Electronic resource]. URL: <https://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/business/3-2bn-passengers-used-air-transport-in-2014-341250> (accessed 20.03.2021).*

5. *Hill, O. J. Aircraft modifications: assessing the current state of air force aircraft modifications and the implications for future military capability [Electronic resource] : Doctoral Thesis : Aerospace Engineering // Pardee RAND Graduate School. Santa Monica, 2007. – 157 p. URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a462766.pdf> (accessed: 20.03.2021).*

6. *Майорова, К. В. Стан і проблеми вітчизняного бізнесу на ринку авіаперевезень в сучасних нестабільних умовах [Текст] / К. В. Майорова, В. Ю. Серебряннікова // Міжнародна науково-практична конференція “Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering” ICTM-2020 : тези доп. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. С. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – С. 63 – 66.*

7. *Майорова, К. В. Новий концептуальний підхід до класифікації модифікацій повітряних суден транспортної категорії [Текст] / К. В. Майорова, В. Ю. Серебряннікова // Наука, технології, інновації. – 2021. – №1 (17). – С. 73-79. DOI: 10.35668/2520-6524-2021-1-07.*

8. *Vorobiov, Iu. Development of methods for assessing the economic effect of using a complex impulse technologies and equipment for aggregate assembly structure of the aircraft [Text] / Iu. Vorobiov, K. Maiorova // Technology audit and production reserves. – 2020. – Vol. 5, No. 4(55). – P. 13-22. DOI: 10.15587/2706-5448.2020.215691.*

9. *Андрієнко, Ю. Г. Временная межведомственная методика оценки сравнительной эффективности перспективных самолетов гражданской авиации [Текст] / Ю. Г. Андрієнко, А. В. Мирошников. – М. : Воздушный транспорт, 1984. – 203 с.*

10. *Бабенко, Ю. В. Экономические причины разработки самолетных модификаций [Текст] / Ю. В. Бабенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии : Сб. науч. тр. – Х. : НАКУ, 2003. – Вып. 19. – С. 142-148.*

11. *Технико-экономическое обоснование конструкций самолетов и двигателей [Текст] : учеб. пособие / А. И. Бабушкин, В. А. Пильщиков, В. А. Резчик и др. – Х. : Издательство ХАИ, 2000. – 51 с.*

12. *Бадягин, А. А. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации [Текст] / А. А. Бадягин, Е. А. Овруцкий. – М. : Машиностроение, 1964. – 295 с.*

13. *Володин, С. В. Управление фазами жизненного цикла проектов в наукоемкой области [Текст] / С. В. Володин // Вестник ВГУ. Сер. Экономика и управление. – М., 2013. – № 2. – С. 40 – 46.*

14. Дружинин, Е. А. Оцінка вартості проектів складних технічних систем на початкових етапах розробки [Текст] / Є. А. Дружинин, О. С. Яшина // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ». – 2002. – № 3. – С. 87–91.

15. Кобилянський, О. І. Деякі економічні характеристики літаків [Текст] / О. І. Кобилянський, В. М. Желдоченко. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2001. – 22 с.

References

1. *Quarterly reports 2018, 2020, 2021. Leonardo. Results and reports.* Available at: URL: <https://www.leonardocompany.com/en/investors/results-and-reports> (accessed: 20.03.2021).

2. Nigel, Dennis., Austin, Smyth., Ken, Stevens. Comparative Analysis of Regional Airline Industry in Europe and North America and Some Insight into Current Developments. *Transportation research record: journal of the transportation research board*, 2008, vol. 2052, iss. 1, pp. 118-125. DOI: 10.3141/2052-14.

3. Alonso, J. J., LeGresley, P., Pereyra, V. Aircraft design optimization. *Mathematics and Computers in Simulation*, 2009, vol. 79, iss. 6, pp. 1948-1958.

4. *3.2bn passengers used air transport in 2014.* Available at: <https://www.ghanaweb.com/GhanaHomePage/business/3-2bn-passengers-used-air-transport-in-2014-341250> (accessed 20.03.2021).

5. Hill, O. J. *Aircraft modifications: assessing the current state of air force aircraft modifications and the implications for future military capability.* Doctoral Thesis : Aerospace Engineering, 2007. 157 p. Available at: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a462766.pdf> (accessed 20.03.2021).

6. Maiorova, K. V., Serebryannikova, V. Yu. Stan i problemy vitchyznyanoho biznesu na rynku aviaperevezen' v suchasnykh nestabil'nykh umovakh [The state and problems of domestic business in the air transportation market in today's unstable conditions]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya "Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering" ICTM-2020 [Proc. of the Sci. and Pract. Conf. "Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering" ICTM-2020].* Kharkiv, 2020, pp. 63-66.

7. Maiorova, K. V., Serebryannikova, V. Yu. Novyy kontseptual'nyy pidkhid do klasyfikatsiyi modyfikatsiy povitryanykh suden transportnoyi katehoriyi [A new conceptual approach to the classification of transport aircraft modifications].

Nauka, tekhnolohiyi, innovatsiyi – Science, Technologies, Innovations, 2021, no. 1 (17), pp. 73-79. DOI: 10.35668/2520-6524-2021-1-07.

8. Vorobiov, Iu., Maiorova, K. Development of methods for assessing the economic effect of using a complex impulse technologies and equipment for aggregate assembly structure of the aircraft. *Technology audit and production reserves*, 2020, vol. 5, no. 4(55), pp. 13-22. DOI: 10.15587/2706-5448.2020.215691.

9. Andrienko, Yu. G., Miroshnikov A. V. *Vremennaya mezhvedomstvennaya metodika otsenki sravnitel'noi effektivnosti perspektivnykh samoletov grazhdanskoj aviatsii* [Interim interdepartmental methodology for assessing the comparative efficiency of promising civil aircraft]. Moscow, Vozdushnyi transport Publ., 1984. 203 p.

10. Babenko, Yu. V. Ekonomicheskie prichiny razrabotki samoletnykh modifikatsii [Economic reasons for the development of aircraft modifications]. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii : Sb. nauch. tr. – Open information and computer integrated technologies : Coll. scientific. tr.* Kharkov, NAKU Publ., 2003, iss. 19, pp. 142-148.

11. Babushkin, A. I., Pilschikov, V. A., Rezchik, V. A. et al. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie konstruksii samoletov i dvigatelei* [Feasibility study of aircraft and engine designs]. Kharkov, Izdatelstvo KhAI Publ., 2000. 51 p.

12. Badyagin, A. A., Ovrutskiy, E. A. *Proektirovanie passazhirskikh samoletov s uchetom ekonomiki ekspluatatsii* [Design of passenger aircraft taking into account operating economics]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1964. 264 p.

13. Volodin, S. V. Upravlenie fazami zhiznennogo tsikla proektov v naukoemkoi oblasti [Management of the phases of the life cycle of projects in the knowledge-intensive area]. *Vestnik VGU. Ser. Ekonomika i upravlenie – VSU Bulletin. Ser. Economics and Management*, Moscow, 2013, iss. 2, pp. 40-46.

14. Druzhynyn, Ye. A., Yashyna, O. S. Otsinka vartosti proektiv skladnykh tekhnichnykh system na pochatkovykh etapakh rozrobky [Estimation of cost of projects of difficult technical systems at initial stages of development]. *Visnyk Nats. tekhn. un-tu „KhPI” – Visnyk Nat. tech. he - that "KhPI"*, Kharkiv, 2002, iss. 3, pp. 87-91.

15. Kobylianskyi, O. I., Zheldochenko, V. M. *Deyaki ekonomichni kharakterystyky litakiv* [Some economic characteristics of aircraft]. Kharkiv, Nats. aerokosm. u-t «KhAI» Publ., 2001. 22 p.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОДИФИКАЦИЙ САМОЛЕТОВ ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ ПО ЧАСТНЫМ И ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ЭФФЕКТИВНОСТИ

А. З. Двейрин, В. И. Рябков, Л. В. Капитанова, Е. В. Майорова

Предметом изучения в статье является метод для оценки эффективности модификаций самолетов транспортной категории по частным и интегральными показателями, среди которых маркетинговая стоимость рейса и себестоимость самолето-часов авиаперевозок, по суммам которых обеспечивается взаимосвязь экономических показателей и параметров, применяемых при проектировании. Целью является повышение эффективности модификаций самолетов транспортной категории относительно базовых. Задача: разработать модели оценки модификационных изменений по интегральным оценочным показателям; провести сравнительную оценку различных модификаций самолета транспортной категории по частным и интегральным оценочным показателям. Используемыми методами являются: анализ и синтез исследуемых показателей, математические подходы для их оценки на основе решения систем уравнений. Получены следующие результаты. Анализ и синтез установили недостатки приведенных частных показателей стоимостной эффективности. Показано, что наиболее общим экономическим показателем создания самолета является стоимость его жизненного цикла (ЖЦ), что включает в себя затраты на всех этапах разработки, производства и эксплуатации. Оптимизация модификаций по этому показателю дает максимальный экономический эффект. С учетом этого обстоятельства, для оценки стоимостной эффективности модификаций самолетов транспортной категории разработаны модели, которые позволяют определить стоимость ЖЦ модификаций при вариантном изменении параметров, которые модифицируются, таких, как: взлетная масса, рейсовая производительность, заявленный ресурс и др., которые закладываются в модификации на этапе принятия концептуальных решений при ее создании. Принято, что изменение взлетной массы связана с увеличением груза, а изменение рейсовой производительности – с увеличением дальности от 2000 до 4000 км. На основе математических подходов к оценке существующих частных и введенных интегральных показателей проанализированы пять возможных модификаций легкого транспортного самолета, в которых меняли параметры взлетной массы и рейсовой производительности. Установлено явную неадекватность в оценке эффективности разработанных вариантов по частным и интегральными показателями их эффективности. Выводы. Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: разработан метод оценки суммарных затрат на ЖЦ модификаций самолетов транспортной категории с учетом характерных параметров модификации: рейсовой производительности в виде характеристики «груз - дальность»; заявленного ресурса модификации, а также частных критериев, таких как: стоимости самолето-часы авиаперевозок; себестоимости перевозки 1 тонны груза на 1 километр; полных затрат на один рейс самолета транспортной категории. Предложенный метод существенно расширил информацию, на основе которой может приниматься решение о конкурентоспособности различных модификаций.

Ключевые слова: модификации самолета; сравнительная оценка эффективности; частный и интегральный стоимостной показатели.

COMPARATIVE EVALUATION OF THE TRANSPORT CATEGORY AIRCRAFT MODIFICATIONS ON PRIVATE AND INTEGRAL EFFICIENCY INDICATORS

A. Dveyrin, V. Riabkov, L. Kapitanova, K. Maiorova

The subject of the article is a method for evaluating the effectiveness of modifications of transport category aircraft by partial and integrated indicators, including the marketing cost of the flight and the cost of aircraft hours of air transportation, the amounts of which provide the relationship of economic indicators and parameters used in the design. The aim is to increase the efficiency of modifications of transport category aircraft relative to the basic ones. Objectives: to develop models for estimating modification changes according to integrated cost indicators; to carry out a comparative assessment of different modifications of the transport category aircraft in terms of partial and integrated cost indicators. The methods used are analysis and synthesis of research indicators, mathematical approaches for their evaluation based on the solution of systems of equations. The following results were obtained. According to the analysis and synthesis, the shortcomings of the above partial cost-effectiveness indicators were identified, Optimization of modifications on this indicator gives the maximum economic effect. Taking into account this circumstance, to assess the cost-effectiveness of modifications of transport aircraft, models have been developed that allow determining the cost of LC modifications with a variant change of the modified parameters, such as takeoff mass, flight performance, declared resource, etc., which are laid before modification. making conceptual decisions when creating it. Five modifications of a light transport aircraft are considered, in which such parameters as take-off mass and flight performance were changed. It is accepted that the change in takeoff mass is associated with an increase in the transported cargo, and the change in flight performance - with an increase in range from 2000 to 4000 km. Based on mathematical approaches for estimating existing partial and newly introduced integrated indicators, these five possible modifications of light transport aircraft are analyzed. There is a clear inadequacy in

assessing the effectiveness of the developed options for partial and integrated indicators of their effectiveness. Conclusions. The scientific novelty of the obtained results is as follows: a method for estimating the total cost of LC modifications of transport category aircraft, taking into account the characteristic parameters of the modification: flight performance in the form of the characteristic "cargo - range"; the declared resource of modification, and also partial criteria, such as cost of air-hour of air transportation; the cost of transportation of 1 ton of cargo per 1 kilometer; full cost per flight of a transport category aircraft. The proposed method has significantly expanded the information based on which decisions can be made on the competitiveness of various modifications.

Keywords: aircraft modifications; comparative efficiency assessment; private and integrated cost indicators.

Двейрін Олександр Захарович – канд. техн. наук, генеральний директор з проектування, Державне підприємство «Антонов», Київ, Україна.

Рябков Віктор Іванович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри проектування літаків і вертольотів, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Капіганова Людмила Валеріївна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри проектування літаків і вертольотів, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Майорова Катерина Володимирівна – канд. техн. наук, доцент кафедри технології виробництва літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Oleksandr Dveyrin – PhD, general director for designing, Antonov Company, Kyiv, Ukraine, e-mail: dveirin@antonov.com.

Victor Riabkov – Doctor of Sciences in Technology, Professor, Professor Of Design Aircrafts and Helicopters Department, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine, e-mail: v.riabkov@khai.edu, ORCID: 0000-0001-6512-052X, <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=n-3ntzMAAAAJ>.

Liudmyla Kapitanova – PhD, Associate Professor, Associate Professor of Design Aircrafts and Helicopters Department, National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”, Kharkiv, Ukraine, e-mail: l.kapitanova@khai.edu, ORCID: 0000-0003-3878-6734, <https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=C1H94VAAAAAJ>.

Kateryna Maiorova – PhD, Associate Professor of Technology of Aircrafts Manufacturing Department, National Aerospace University “Kharkiv aviation institute”, Kharkiv, Ukraine, e-mail: kate.majorova@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3949-0791, <https://scholar.google.com.ua/citations?user=eWrLDVQAAAAAJ&hl=uk>.