

УДК 629.73.036

О.В. Єланський

ДП "Івченко-Прогрес", Запоріжжя

## ОЦІНКА ДОСКОНАЛОСТІ АВІАЦІЙНОГО НАВЧАЛЬНО-БОЙОВОГО КОМПЛЕКСУ НА ПОПЕРЕДНІХ ЕТАПАХ ЙОГО ПРОЕКТУВАННЯ АБО ПОДАЛЬШОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

*Розроблено комплексний показник для оцінки досконалості авіаційного навчально-бойового комплексу на різних стадіях життєвого циклу. Даний показник застосований для оцінки навчально-тренувального та навчально-бойового літака на попередніх етапах проектування. В основі показника використовуються льотно-технічні, експлуатаційні та економічні параметри і характеристики ЛА. Обґрунтування досліджуваних величин проводиться за допомогою декількох типових польотних циклів для навчально-тренувального, навчально-бойового або легкого бойового літака. Порівнюються літаки одного призначення з різними двигунами в силовій установці, додатковим обладнанням щодо озброєння та авіоніки.*

**Ключові слова:** літальний апарат, навчально-бойовий літак, легкий бойовий літак, показник, авіаційний двигун, силова установка, параметричний обрис, вартість життєвого циклу авіаційного двигуна, техніко-економічна ефективність, попередній етап проектування.

### Вступ

Як відомо [1 – 3], сучасний авіаційний навчально-бойовий комплекс є складною організаційною і технічною структурою, де ухваленні рішення пов'язані з витратами великих матеріальних і фінансових ресурсів і протягом десятиліть впливають не тільки на економіку, але і на соціально-політичне життя суспільства. Тому одним з важливих завдань при проектуванні або модернізації таких комплексів є забезпечення ухвалення найбільш раціональних рішень з урахуванням великої різноякісної інформації, а також множинності завдань і можливих умов функціонування об'єкту.

Оцінка досконалості авіаційного навчально-бойового комплексу на різних стадіях життєвого циклу (ЖЦ) є актуальною задачею. Специфіка оцінки оптимальної ефективності авіаційного навчально-бойового комплексу полягає в принциповій математичній неоднозначності [4 – 6], яка визначається тим, що ухвалені рішення проектувальника і відповідно показники та критерії раціональності можуть носити багатообразний, часто суперечливий і навіть розпливчатий характер.

Виходячи з того, що критерій оптимальності є ознакою, на підставі якої проводиться порівняльна оцінка можливих рішень (альтернатив) і вибір найкращого, виникає завдання багатокритерійної оптимізації [7 – 10]. Крім того, необхідно враховувати наявність істотних невизначеностей в прогнозуванні техніко-економічних і соціально-політичних ситуацій, а також неточності у використуваніх математичних моделях, що вимагає застосування деякого формалізму в багатоцільових системах [11].

**Постановка завдання.** Сформуємо основні вимоги до якості показників і критеріїв:

1. Оцінка літального апарату (ЛА) дається за наслідками зіставлення комплексу бойових якостей або льотно-технічних даних з двигунами, які порівнюються у складі силовій установці (СУ).

2. Порівнювані двигуни повинні знаходитися в рівних умовах в системі ЛА одного призначення.

3. Показник повинен відображати особливості даної області застосування ЛА.

4. Стійкість до похибок в початкових даних, оскільки початкова інформація не завжди може бути отримана з достатньо високою достовірністю.

5. Сумісним по властивостях з представленнями експертів: допускати інтерпретації, які може оцінити і свідомо з ними погодитися кваліфікована людина в цій області діяльності, яка не є в той же час фахівцем в теорії ухвалення рішень і системному аналізі.

6. Не трудомістким, тобто з мінімальним об'ємом початкових даних і мінімальною кількістю фахівців у підготовці показника.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Світова практика створення навчальних та бойових літаків виробила певне уявлення про оцінку їх технічної досконалості в процесі проектування або модернізації (модифікації). Умовно можна виділити три рівні такої оцінки, що відрізняються глибиною аналізу створюваного літака [2 – 5]:

– оцінка досконалості бойового літака як літального апарату;

– оцінка досконалості бойового літака як авіаційного бойового комплексу;

– комплексна оцінка бойового літака як елемента бойової системи.

Прикладом оцінки літака як літального апарату є система показників технічної досконалості [2, 3, 12], яка включає: щільність компонування –

$\gamma_{\text{ЛА}} = \frac{m_{\text{пуст}}}{V_{\text{ЛА}}}$ , вагову досконалість конструкції –

$q_s = \frac{m_{\text{пл}}}{S_{\text{ом}}}$ , коефіцієнт корисного навантаження літа-

ка –  $k_{\text{ЛА}} = \frac{m_{\text{зл max}}}{m_{\text{пуст}}}$ , відносну масу внутрішнього

палива –  $\bar{m}_{\text{ЛА}} = \frac{m_{\text{п внут}}}{m_{\text{пуст}}}$ , відносний об'єм внутріш-

ніх баків –  $\bar{V}_{\text{п.б.}} = \frac{V_{\text{п.б.}}}{V_{\text{ЛА}}}$ , відносну площу міделя дви-

гуна –  $\bar{S}_{\text{дв}} = \frac{S_{\text{мід дв}}}{S_{\text{мід ЛА}}}$ , злітну тягоозброєність –

$\mu_{\text{зл}} = \frac{P_{\text{зл}}}{m_0}$ , питому масу порожнього літака –

$\bar{\gamma}_{\text{пуст}} = \frac{m_{\text{пуст}}}{S_{\text{пл.пр.}}}$ , питому злітну тягу –  $\bar{P}_s = \frac{P_{\text{зл}}}{S_{\text{мід}}}$ .

В цих показниках основними складовими є параметри:  $m_{\text{пуст}}$  – маса порожнього літака;  $V_{\text{ЛА}}$  – об'єм планера літака;  $m_{\text{пл}}$  – маса планера літака;  $S_{\text{ом}}$  – поверхня літака, що омивається,  $m_{\text{взл max}}$  – максимальна злітна маса,  $m_{\text{п вн}}$  – маса внутрішнього палива,  $V_{\text{п.б.}}$  – об'єм паливних баків,  $S_{\text{мід дв}}$  – сумарна площа міделя двигунів;  $S_{\text{мід ЛА}}$  – площа міделя літака,  $P_{\text{зл}}$  – злітна тяга двигуна;  $m_0$  – нормальна злітна маса літака,  $S_{\text{пл.пр.}}$  – площа планової проекції літака.

Всі вони мають простий фізичний зміст, а для їх обчислення використовуються проектні дані, що характеризують технічний обрис бойового літака. Слід зазначити, що економічні показники мають інший характер визначення і направлені на оцінку фінансової спроможності та доцільності. Прикладом оцінки літака як авіаційного бойового комплексу може бути комплексний критерій або система часткових критеріїв, що поєднує технічні характеристики і функціональні властивості, які визначають бойові можливості літака в процесі його практичного застосування.

**Метою статті** є розробка комплексного показника для оцінки досконалості авіаційного навчально-бойового комплексу на різних стадіях життєвого циклу в умовах виконання різних задач.

### Основна частина досліджень

Як відомо [2, 13], технічні характеристики визначають функціональні властивості ЛА. В окремих випадках оцінка техніко-економічної досконалості навчально-бойового літака може обмежуватися розглядом окремих часткових критеріїв або навіть його функціональних властивостей. У інших випадках для однозначності оцінки можливо використання комплексного критерію, який об'єднує в собі зна-

чення окремих часткових критеріїв. Це, як правило, критерій “вартість – ефективність”, який об'єднує в собі окремі значення критеріїв вартості і тактичних можливостей бойового літака.

З уточненням проектних даних по авіаційному навчально-бойовому комплексу на різних стадіях життєвого циклу, відкривається можливість достатньо детального врахування всіх особливостей експлуатації існуючих навчально-тренувальних та навчально-бойових літаків [14, 15]. Перш за все, це відноситься до порівняльної оцінки ЛА з використанням показників технічної та економічної досконалості. Для цього розглянутий ступінь використання ЛА протягом п'яти польотних завдань:

- політ по колу;
- політ на дальність;
- політ на перехват цілі;
- політ на виконання пілотажу;
- політ на виконання ударної задачі.

Для комплексної оцінки досконалості авіаційного навчально-бойового комплексу розроблено показник досконалості ЛА, методика визначення якого приводиться нижче (табл. 1):

$$P_{\text{ЛА}} = \frac{\sum_{i=1}^m (k_{\text{ПЦ}} \cdot k_{\text{ВЛА}})}{\frac{C_{\text{ЖЦ}}^{\text{Н}}}{C_{\text{ЖЦ}}^{\text{Б}}}},$$

де  $k_{\text{ПЦ}} = \prod_1^s \left( \frac{A^{\text{Н}}}{A^{\text{Б}}} \right)$  – характерний коефіцієнт польотного циклу ЛА;

$A^{\text{Н}}$  – величина параметру або характеристики нового ЛА;

$A^{\text{Б}}$  – величина параметру або характеристики базового ЛА;

$s$  – кількість параметрів або характеристик ЛА;

$m$  – кількість польотних завдань, що виконуються на ЛА;

$k_{\text{ВЛА}} = 0 \dots 1$  – коефіцієнт використання ЛА за ЖЦ при визначеному розподілі частки польотних завдань;

$C_{\text{ЖЦ}}^{\text{Н}}$  – величина затрат на ЖЦ нового ЛА;

$C_{\text{ЖЦ}}^{\text{Б}}$  – величина затрат на ЖЦ базового ЛА.

Для проведення досліджень початковими є конструктивні, вагові, технічні, ресурсні і економічні дані по ЛА та його силовій установці [16 – 18].

Як видно, для розрахунку показника ЛА використовуються технічні і економічні дані. Для прикладу, проведено розрахунок для навчально-тренувального літака типу Л-39 з його послідовною модернізацією. Типовий варіант базового літака і його модернізованої версії з новим двигуном представлений в табл. 1.

Визначення показника ЛА  
з урахуванням його коефіцієнту використання та льотно-технічних характеристик

Базовий варіант ЛА - L-39 (двигун AI-25ТЛ); Новий варіант ЛА - L-39 (двигун AI-222-25)																																			
Основні показники та характеристики ЛА		Польотне завдання																																	
		По кругу		На дальність		Ударна задача						Перехват цілі				Пілотаж																			
Коефіцієнт використання ЛА		0,25		0,15		0,3						0,1				0,2																			
Вартість ЖЦ ЛА, млн. ум. од.		Довжина розбігу, м		Довжина пробігу, м		Час польоту, год.		Швидкопідйомність ЛА початкова, м/с		Швидкість польоту (іст.) на підході до цілі, км/год		Швидкість польоту (іст.) при відході від цілі, км/год		Швидкопідйомність ЛА при відході від цілі, м/с		Тактичний радіус дії, км		Вага ракетно-бомбового навантаження, кг		Довжина розбігу, м		Час польоту, год.		Довжина розбігу, м		Швидкість польоту (іст.) максимальна на Н перехвата, км/год		Швидкопідйомність ЛА середня на ділянці набору висоти, м/с		Перевантаження при бойовому розвороті, од.		Радіус віражу, м		Швидкопідйомність ЛА максимальна, м/с	
Базовий варіант	386,4	497	400	0,568	20	645	715	30	250	250	650	0,4	500	700	20	2	695	28,2																	
Новий варіант	659,35	320	450	0,528	36,45	815	861	54,6	175	250	418	0,35	321	900	36,4	3,2	401,4	51,36																	
Відношення параметрів варіантів	1,70639	1,553	0,888	1,076	1,8225	1,263	1,204	1,82	0,7	1,0	1,555	1,143	1,557	1,286	1,82	1,6	1,731	1,821																	
Характерний коефіцієнт польотного циклу	1,380555556		1,960489779		3,014404342						6,664886515				3,153431076																				
Сума добутків коефіцієнтів – 2,8407; Показник досконалості ЛА – 1,664745																																			

Визначений показник досконалості ЛА для всіх останніх модифікацій представлено в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння варіантів ЛА

№ з/п	Варіант ЛА у порівнянні з базовим	Показник досконалості ЛА
1	L-39 (двигун AI-25ТЛШ)	1,411587
2	L-39 (двигун AI-222-25)	1,664745
3	L-39 (двигун AI-222-25 + збільшені кінцеві баки + підвіски озброєння)	2,326469

## Висновки по дослідженню

За допомогою розробленого показника досконалості можливо оцінити досконалість нового ЛА або його модернізацію з урахуванням економічних і льотно-технічних характеристик, а також коефіцієнту використання літака, що важливо для навчально-тренувальних і навчально-бойових літаків.

**Перспективи подальших досліджень.** У подальших дослідженнях передбачається оцінити літаки типу Як-130, L-15 та інші. Доцільно визначити вплив збільшення кількості озброєння та обладнання ЛА на коефіцієнт використання ЛА.

## Список літератури

1. Системы управления вооружением истребителей: Основы интеллекта многофункционального самолета [Текст] / Л.Е. Баханов, А.Н. Давыдов, В.Н. Корниенко и др.; под ред. Е.А. Федосова. – М.: Машиностроение, 2005. – 400 с.
2. Особенности проектирования легких боевых и учебно-тренировочных самолетов [Текст] / А.Н. Акимов, В.В. Воробьев, О.Ф. Демченко и др.; под ред. Н.Н. Долженкова и В.А. Подобедова. – М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2005. – 368 с.
3. Семенов С.С. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники [Текст] / С.С. Семенов, В.Н. Харчев, А.И. Иоффин. – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
4. Ray Whitford. Design for air combat. / Janes publishing inc., New York, 1987. – 234 P.
5. Mattingly, Jack D. Aircraft engine design / Jack D. Mattingly, William H. Heiser, David T. Pratt. 2nd ed. AIAA education series, 2002. – P. 691.
6. Степанов В.Д. Методология формирования технического облика экспортно ориентированных авиационных комплексов [Текст] / В.Д. Степанов, В.И. Барковский, Г.М. Скопец. – М.: Физматлит, 2008. – 244 с.
7. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, расчет и приложения [Текст] / Р. Штойер; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
8. Павлов П.П. Методика выбора рационального варианта многофункциональной авиационной системы. [Текст] / П.П. Павлов, Р.С. Литвиненко, М.Н. Мубаракшин // Изв. вузов. Авиационная техника. 2008. – № 2. – С. 62-65.
9. Ларичев О.И. Теория и методы поддержки принятия решений [Текст] // О.И. Ларичев: учебн. Изд. 2-е. перераб. и доп. – М.: Логос, 2003. – 392 с.
10. Пиявский С.А. Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов [Текст] // С.А. Пиявский, В.С. Брусов, Е.А. Хвилон. – М.: Машиностроение, 1974. – 106 с.
11. Логинов В.В. Классификационные признаки поколений самолетов-истребителей [Текст] / В.В. Логинов, Е.А. Украинец, А.В. Еланский // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 2(38). – С. 121-130.
12. Долженков Н.Н. Методология проектирования учебно-тренировочных самолетов для подготовки летного состава фронтовой авиации [Текст] // Полет, 2000. – № 8. – С. 24-27.
13. Проектирование самолетов [Текст] / С.М. Егера, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др.; под ред. С.М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
14. Концепція трьохступеневої системи льотної підготовки курсантів Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба [Текст]. – Вінниця. – 2012. – 10 с.
15. Долженков Н.Н. Проектирование семейства модификаций перспективного самолета [Текст] / Н.Н. Долженков, В.А. Подобедов // Полет. – 2004. – № 10. – С. 45-49.
16. Дональд Д. Энциклопедия военной авиации [Текст] / Дэвид Дональд, Йон Лейк; пер. с англ. А. Бердов, И. Мальцев, А. Алексеев. – М.: изд-во "Омега", 2003. – 443 с.
17. Работы ведущих авиационных двигателестроительных компаний по созданию перспективных авиационных двигателей [Текст] / под общ. ред. В.А. Скибина. – М.: ЦИАМ, 2004. – 254 с.
18. Jane's Aero-Engines // Edited by Bill Gunston OBE, FRAeS, March, 2005. – 750 p.

Надійшла до редколегії 20.08.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. Є.О. Українець, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОЦЕНКА СОВЕРШЕНСТВА АВИАЦИОННОГО УЧЕБНО-БОЕВОГО КОМПЛЕКСА НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЛИ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

А.В. Еланский

Разработан комплексный показатель для оценки совершенства авиационного учебно-боевого комплекса на разных стадиях жизненного цикла. Данный показатель применен для оценки учебно-тренировочного и учебно-боевого самолета на предварительных этапах проектирования. В основе показателя используются летно-технические, эксплуатационные и экономические параметры и характеристики ЛА. Обоснование исследуемых величин проводится с помощью нескольких типовых полетных циклов для учебно-тренировочного, учебно-боевого или легкого боевого самолета. Сравниваются самолеты одного назначения с разными двигателями в силовой установке, дополнительным оборудованием относительно вооружения и авионики.

**Ключевые слова:** летательный аппарат, учебно-боевой самолет, легкий боевой самолет, показатель, авиационный двигатель, силовая установка, параметрический облик, стоимость жизненного цикла авиационного двигателя, технико-экономическая эффективность, предварительный этап проектирования.

### EVALUATION OF PERFECTION AN AVIATION COMBAT-TRAINER COMPLEX AT PRELIMINARY STAGES DESIGNING OR SUBSEQUENT MODERNISATION

A.V. Yelansky

The complex indicator is developed for perfection estimation of an aviation combat-trainer complex at different stages of life cycle. This indicator is applied to an estimation of the trainer and combat-trainer aircraft at preliminary design stages. At the heart of an indicator flight, operational and economic parameters and characteristics of aircraft are used. The substantiation of investigated values is conducted by means of several standard flight cycles for a trainer, combat-trainer or light combat aircraft. One appointment planes are compared with different engines at the power plant, additional equipment concerning arms and avionics.

**Keywords:** aircraft, combat trainer aircraft, light combat aircraft, indicator, aero-engine, power plant, parametric architecture, aero-engine life cycle value, technical-and-economic efficiency, preliminary stage of design.