

Олег Борисович Анінко
Андрій Володимирович Приймак
Юрій Іванович Миргород
Олексій Борисович Котов
Олексій Вікторович Вовк

НОВИЙ ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОКАЗНИК ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Постановка проблеми

Синтез літака ставить вимоги до об'єднання розрахунків геометричних параметрів, аеродинаміки, характеристик силової установки, льотних даних, величин маси і вартості в єдину методику. Це потребує, у свою чергу, вивчення взаємозв'язку і форм їх конкретного прояву для перерахованих показників. Наявність таких функцій та виявлення закономірностей приводить до теоретично обґрунтованих методик і, в кінцевому результаті, наукового прогнозування значень показників. Слід підкреслити, що потреба в розробці проектних методів визначення вагових та інших конструктивних параметрів літака виникла практично разом з першими літаками. У наш час актуальність завдань виявлення взаємозв'язків і закономірностей між характеристиками літака та його конструктивними параметрами ще більш зросла, що обумовлено:

швидкою зміною поколінь зразків техніки, зокрема – авіаційної;

розширенням кола завдань і підвищенням вимог до економічності;

перерозподілом співвідношення часу етапів розробки та налагоджування виробництва й експлуатації в бік скорочення останнього.

Усе це потребує скорочення витрат часу і ресурсів на розробку, одним зі шляхів досягнення чого є застосування простих укрупнених співвідношень на ранніх етапах проектування [1]. Для їх виведення можуть застосовуватися методи статистики і ретроспективного аналізу, при цьому число параметрів, які враховуються, порівняно не велике – 1...4, проте за своєю значущістю – це, як правило, визначальні показники, такі як сумарні значення злітної маси, планера, потужності силової установки та інші. При цьому слід враховувати той факт, що поява літаків, які відрізняються за своїми властивостями від літаків попередніх поколінь, приводить до певних змін у залежностях, що пов'язують їх параметри і функції [2].

Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Одним із поширених класів ЛА є пасажирські

і транспортні. З урахуванням їх функціонального призначення було визнано доцільним розробити інтегральний показник, який би пов'язував вагові показники, оперативність і потужність силової установки.

Вагові показники. Для їх оцінки використано рівняння існування [1] у вигляді

$$M_{\text{ЛА}} + M_{\text{ГР}} = M_{\text{ВТС}}, \quad (1)$$

яке після приведення до безрозмірного вигляду

$$\frac{M_{\text{ЛА}}}{M_{\text{ВТС}}} + \frac{M_{\text{ГР}}}{M_{\text{ВТС}}} = 1, \quad (2)$$

переписали у вигляді

$$1 - \frac{M_{\text{ГР}}}{M_{\text{ВТС}}} = \frac{M_{\text{ЛА}}}{M_{\text{ВТС}}}, \quad (3)$$

де $M_{\text{ВТС}}$, $M_{\text{ГР}}$, $M_{\text{ЛА}}$ – маси військово-транспортної системи типу літак або вертоліт, вантажу і літального апарата без корисного (сплачуваного) навантаження.

Таким чином, вираз (3) характеризує частку вантажу (основне призначення) в масі літака. Чим більша частка вантажу, тим більше відношення $\frac{M_{\text{ГР}}}{M_{\text{ВТС}}}$ і менше чисельне значення виразу (3).

Оперативність оцінювалася з урахуванням того, що різні транспортні і пасажирські літаки мають різну дальність польоту. Тому оперативність оцінювали величиною відношень

$$\frac{D_{100}}{V_{\text{КР}}}, \quad (4)$$

де $D_{100}=100\text{км}$, а $V_{\text{КР}}$ – швидкість на крейсерському режимі польоту, $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

Таким чином (4) являє собою час польоту на дальність 100км із крейсерською швидкістю $V_{\text{КР}}$. Звичайно, що чим цей час менше, тим вище оперативність.

Потужність силової установки брали за довідковими даними встановленої потужності двигунів з урахуванням їх числа.

У результаті вираз для інтегрального показника літальних апаратів транспортного призначення має вигляд

$$NP_{BTC} = \left(1 - \frac{M_{ГР}}{M_{BTC}}\right) \cdot \frac{D_{100}}{V_{КР}} \cdot N_{ДВ} \quad (5)$$

Аналіз виразу (5) показує, що за своїм фізичним змістом він являє собою роботу з переміщення деякої маси.

Звідси стає зрозумілим і критеріальне значення (5), яке полягає в тому, що чим менше чисельне значення NP_{BTC} , тим менша робота витрачається на переміщення вантажу, а значить, і транспортна система краща.

Для визначення числових значень інтегрального показника NP_{BTC} використовувався метод ретроспективного аналізу.

Літаки транспортні і пасажирські. Згідно з параметрами, що входять у вираз (5), із [3] були взяті необхідні дані, які використані для отримання числових значень NP_{BTC} . Ці дані і результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Аналіз даних таблиці 1 поє, що, не зважаючи на конструктивні відмінності, масові показники,

показник оперативності $\left(\frac{D_{100}}{V_{КР}}\right)$ і NP_{BTC} варіюються, але в цілком визначених діапазонах.

Так
$$0,161 \leq \frac{M_{ГР}}{M_{BTC}} \leq 0,303;$$

$$0,11 \leq \frac{D_{100}}{V_{КР}} \leq 0,244;$$

$$516 \leq NP_{BTC} \leq 1771.$$

Літаки. Враховуючи практичний інтерес для ранніх етапів проектування транспортного (пасажирського) літака, з використанням даних таблиці 1 були побудовані залежності $NP_{BTC} = f(M_{BTC})$; $NP_{BTC} = \phi(N_{ДВ})$;

$$NP_{BTC} = F1(M_{ГР}) \quad \text{та} \quad NP_{BTC} = F2\left(\frac{M_{ГР}}{M_{BTC}}\right).$$

Графіки цих функцій представлені на рис. 1 та 2, а їх вирази такі:

$$NP_{BTC} = 443,16e^{M_{BTC} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}; \quad (6)$$

$$NP_{BTC} = 356e^{8 \cdot N \cdot 10^{-5}}; \quad (7)$$

$$NP_{BTC} = 436,23e^{M_{ГР} \cdot 10^{-6}}; \quad (8)$$

$$NP_{BTC} = 247,2 \left(\frac{M_{BTC}}{M_{ГР}}\right)^{0,633}. \quad (9)$$

Залежності (6) – (9) можуть використовуватися як для порівняння варіантів проробки вигляду перспективного літака (пряма задача), так і для визначення укрупнених проектних параметрів для заданого значення або діапазону NP_{BTC} .

Вертольоти. Для вертольотів використовувався аналогічний підхід і дані [4]. Результати розрахунків і дані для них наведені в таблиці 2.

Графіки функцій $NP_{BTC}(M_{BTC})$ и $NP_{BTC}(M_{ГР})$ для вертольотів наведені на рис. 3, а їх вирази мають такий вигляд

$$NP_{BTC} = 0,2147 \cdot M_{BTC}^{0,8955}; \quad (10)$$

$$NP_{BTC} = 2,6162 \cdot M_{ГР}^{0,87351}.$$

Таблиця 1

Результати розрахунку інтегральних показників літальних апаратів транспортного призначення

ЛА	M_{BTC} , кг	$V_{КР}$, $\frac{км}{ч}$	$N_{ДВ}$, кВт	$M_{ГР}$	$\frac{M_{ГР}}{M_{BTC}}$	$\frac{D_{100}}{V_{КР}}$	NP_{BTC}
1	2	3	4	5	6	7	8
SE-210 Франція	46 000 (58 000- 1971)	785 (870)	5 071 6 450	10 000 17 600	0,217 0,303	0,127 0,115	504,26 516,9
Боїнг-707- 320	151 320	885	8 452	24 450	0,161	0,113	809,8
Боїнг-727- 200	76 658	730	6 228	17 885	0,233	0,137	654,4
Боїнг-737- 200	52 390	852	6 450	15 410	0,294	0,117	532,8
Боїнг-747- 100	322 050	907	20 885	74 030	0,229	0,110	1 771,2
БАК-1-11- 475	41 730	800	5 583	9 650	0,231	0,125	536,6
Дуглас ДС-9-50 (1975)	54 885	841	7 117	15 270	0,278	0,119	611,4
ІЛ-76МД	170 000	750	4x	48 000	0,282	0,133	

Результати розрахунку інтегральних показників вертольотів

ЛА	$M_{ВТС}$, кг	$\frac{V_{кр.}}{ч}$	$N_{ДВ}$, кВт	$M_{ГР}$	$\frac{M_{ГР}}{M_{ВТС}}$	$\frac{D_{100}}{V_{кр}}$	$NP_{ВТС}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Мі-6	39 700	200	8195кВт 11 000л. с.	12 000	0,302	0,5	2 860
Мі-6А	40 500	250	11 000л. с.	12 000	0,296	0,4	2 307
Мі-10	43 700	180	11 000л. с.	15 000	0,343	0,55	2 961
Мі-10К	38 000	228	11 000л. с. (8 500кВт)	11 800	0,310	0,438	2 746
Мі-26Т	49 500	255	16 986 22 800л. с.	20 000	0,404	0,392	3 968
ЕН-10 (Великобританія)	14 600	278	3X1724кВт= 5 172	3 120	0,213	0,36	1 465
Сі Кінгн. МК4	9 752	226	2 476	3 629	0,372	0,442	687

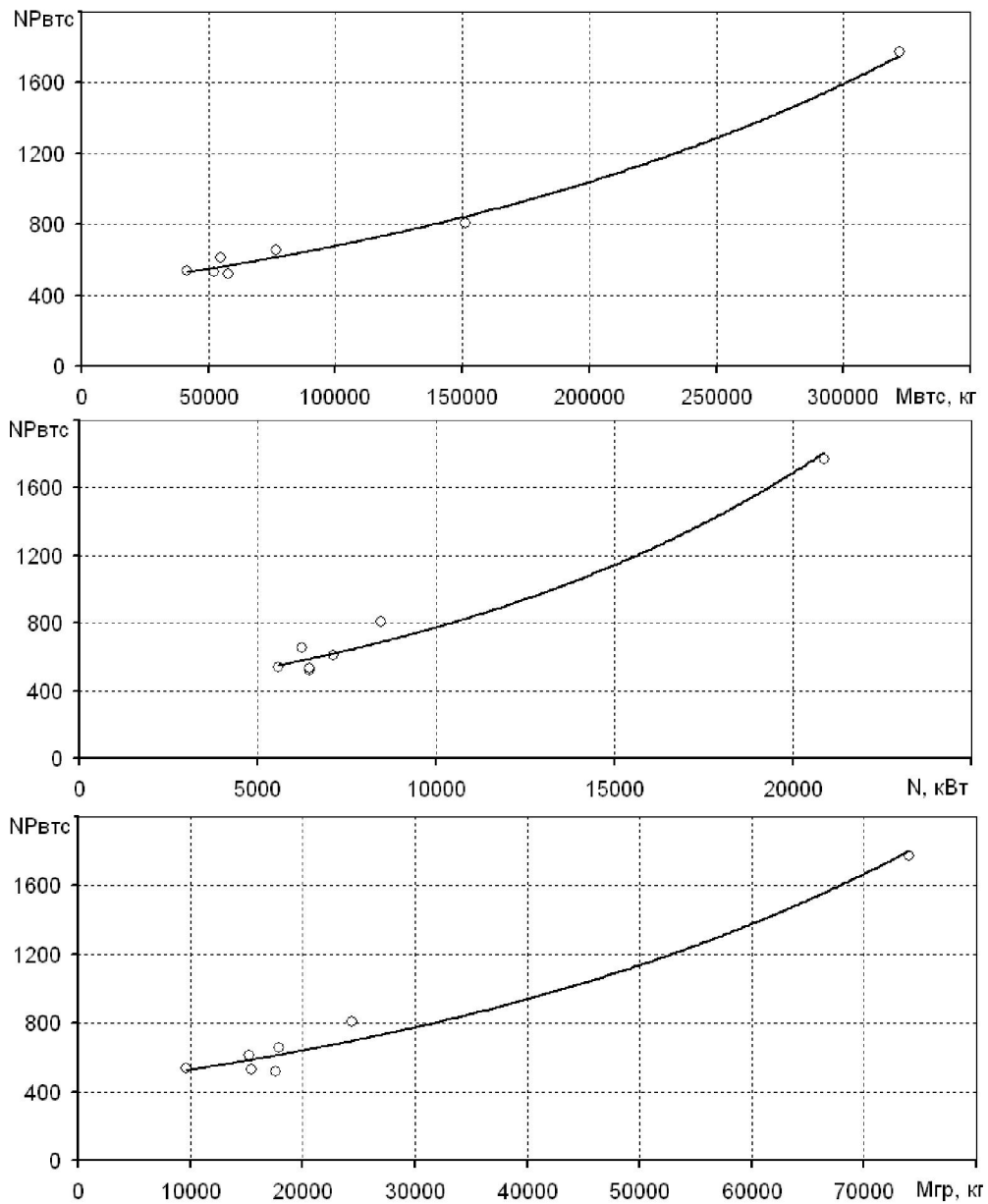


Рис.1. Залежності інтегрального показника $NP_{ВТС}$ від масових характеристик та потужності силової установки транспортних літаків

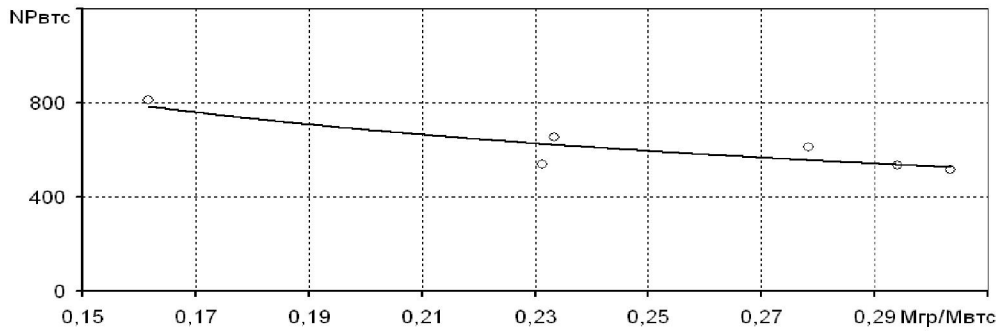


Рис.2. Залежність інтегрального показника NP_{VTC} від відносної маси вантажу, що перевозиться транспортним літаком

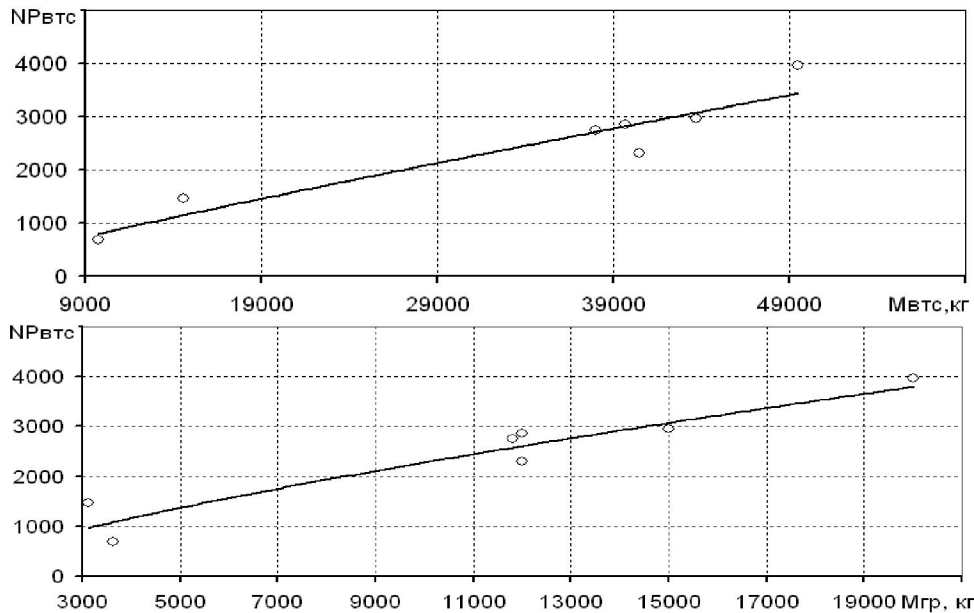


Рис.3. Залежності інтегрального показника NP_{VTC} від масових характеристик транспортних вертольотів

Слід підкреслити, що для вертольотів характерний свій діапазон варіювання показників. Так

$$0,213 \leq \frac{M_{гр}}{M_{вТС}} \leq 0,404; \quad 0,36 \leq \frac{D_{100}}{V_{кр}} \leq 0,55;$$

$$687 \leq NP_{VTC} \leq 3968.$$

Висновки

Наприкінці зазначимо, що достовірність

числових оцінок як початкових даних, так і обчислюваних за ними значень NP_{VTC} визначається точністю статистичних показників джерел [3] і [4]. Таким чином, згідно з [5] для зведених показників точність становить 3-5%, а для початкових 10-20%, що пояснюється взаємопоглинанням початкових помилок у сумарному показнику.

Література

1. Шейнин В. М. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов / В. М. Шейнин, В. И. Козловский – М. : Машиностроение, в 2-х т., 1977г. 2. Дмитриев В. Г., Володин В. В., Белкин В. Н., Соколов В. П. Об использовании относительных критериев оценки совершенства самолетов при создании истребителя 5-го поколения / В. Г. Дмитриев, В. В. Володин, В. Н. Белкин, В. П. Соколов – Полет. – 2007. –

№9. –С. 3-9. 3. Статистические данные зарубежных пассажирских самолетов. (По данным иностранной печати) / Обзор. ЦАГИ им. Жуковского. – 1981. – № 601. – 240с. 4. Статистические данные зарубежных вертолетов. (По данным иностранной печати). // Обзор. ЦАГИ им. Жуковского. – 1981. – № 601. – 240 с. 5. Суслов И. П. Теория статистических показателей / И. П. Суслов – М. : Статистика, 1975г.

В статті приведена актуальність задачі виявлення взаємозв'язків і закономірностей між характеристиками самолета і його конструктивними параметрами, приведений новий інтегральний показник для летальних апаратів транспортного призначення.

Ключевые слова: інтегральний показник, визначаючі показники, оперативність і потужність силової установки.

The article describes the relevance of the identify relationships and patterns task between the aircraft characteristics and its design parameters is given a new integrated indicator for the transport aircraft.

Key words: integrated indicator, defining indicators, efficiency and capacity of the power plant.