

УДК. 629.7.017.0031

**БОРОДІН О.Д.**, старший науковий співробітник, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

**ЛАГУТІН С.О.**, старший науковий співробітник

## **МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПРОДУКТИВНОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТА ТРАНСПОРТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНИХ ЛІТАКІВ ДЛЯ ЇХ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ**

*У статті наведено методику та результати оцінювання і порівняльного аналізу варіантів військово-транспортних літаків за показниками їх бойової ефективності.*

*Ключові слова:* військово-транспортний літак, транспортна ефективність, корисне навантаження, продуктивність, потужність.

Реалізація потреби Збройних Сил України у військово-транспортних літаках (далі - ВТЛ) обумовлює необхідність вирішення ряду організаційно-технічних завдань, зокрема оцінювання їх бойової ефективності (далі - БЕФ) у разі визначення варіанта, що найкраще задовольняє поставленим перед ним вимогам, особливо показникам призначення.

Значний обсяг витрат, у порівнянні з льотним експериментом (льотними випробуваннями), та необхідність оцінювання БЕФ літальних апаратів на початкових стадіях їх проектування схиляють до надання переваги у вирішенні зазначеного завдання математичному моделюванню з використанням теоретичних методик [1, 2].

Аналіз науково-методологічного апарату, який використовується для оцінювання БЕФ ВТЛ, свідчить, що на сьогодні відсутні загальноприйняті показники та відповідні математичні підходи щодо їх розрахунку, які б дозволяли оцінювати бойову ефективність та здійснювати порівняльний аналіз наявних чи перспективних альтернативних варіантів транспортних літаків. Здійснення такого аналізу варіантів ВТЛ за даними, наприклад, їх максимальної злітної маси, вантажопідйомності, практичної дальності польоту тощо не надає повного уявлення про переваги одного варіанта над іншим. Потрібний комплексний підхід до вирішення поставленого завдання.

Тому, основною метою даної статті є визначення, відповідно до характеру та особливостей вирішуваних завдань, певних показників БЕФ ВТЛ та розроблення методики їх розрахунку, що дозволяє скласти основу єдиного підходу до оцінювання бойової ефективності варіантів літаків даного типу [1, 2, 3].

Показником оцінювання БЕФ ВТЛ [2, 3] може бути показник, який відповідно до призначення та виконуваних завдань літаками даного типу (перевезення військ та вантажів на певну відстань), характеризує, перш за все, їх транспортну ефективність, тобто досконалість ВТЛ як транспортного засобу.

Така досконалість ВТЛ, як для будь-якого транспортного засобу, може бути оцінена [3] його продуктивністю  $P$ , що вимірюється об'ємом здійснених перевезень

$$P = G_{кн} \cdot L, \quad (1)$$

де  $G_{кн}$  - маса корисного навантаження (вантажопідйомність) ВТЛ;  $L$  - дальність польоту при заданій  $G_{кн}$ .

Даний показник БЕФ має розмірність роботи та істинно оцінює працездатність ВТЛ. Для такого оцінювання та порівняльного аналізу варіантів ВТЛ має розглядатися найбільша продуктивність  $P_m$ , що представляє (рис. 1) найбільше

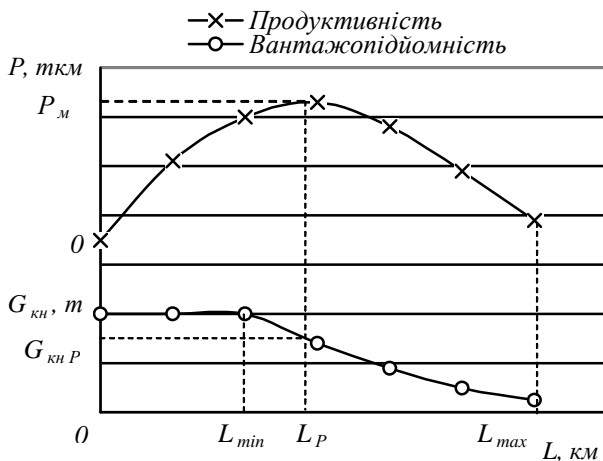


Рис. 1. Характер зміни  $P$  та  $G_{кн}$  по  $L$

значення добутку маси корисного навантаження літака  $G_{кн} = G_{кнP}$  та практичної дальності польоту  $L = L_P$ .

Цей параметр (найбільша продуктивність)  $P_m$ , при його використанні в якості характеристики ВТЛ, є найбільш зручним для порівняння працездатності різних транспортних літаків і, згідно з цим, може бути прийнятий за показник досконалості варіантів ВТЛ при їх оцінюванні та порівнянні.

Відповідна маса корисного навантаження  $G_{кнP}$ , що відповідає максимальній продуктивності ВТЛ  $P_m$ , визначається за формулою [4, 5]

$$G_{кнP} = G_з \left[ e^{-(1-\sqrt{\overline{G}_{сл}})} - \overline{G}_{сл} \right], \quad (2)$$

де  $G_з$  - злітна маса ВТЛ;  $\overline{G}_{сл}$  - відносна маса спорядженого літака

$$\overline{G}_{сл} = G_{сл} / G_з, \quad (3)$$

де  $G_{сл}$  - маса спорядженого літака.

Дальність польоту  $L_P$  визначається за формулою

$$L_P = L_0 \left( 1 - \sqrt{\overline{G}_{сл}} \right), \quad (4)$$

де  $L_0$  - параметр дальності польоту [4, 5], що враховує аеродинамічну якість ВТЛ, тягові (потужнісні) та економічні характеристики двигунів, залежно від їх типу.

Іншим показником БЕФ може бути потужність (повна ефективність) ВТЛ  $E$ , що характеризує працездатність ВТЛ, яка припадає на одиницю часу виконання завдання, тобто характеризує інтенсивність перевезень військ (вантажів), та визначається як відношення максимальної продуктивності до часу виконання поставленого завдання щодо десантування військ (доставки вантажу)  $T_0$

$$E = P_m / T_0. \quad (5)$$

Час  $T_{\partial}$  обчислюється з моменту початку навантаження на аеродромі вихідного району до кінця вивантаження на площадці (аеродромі) призначення (або до моменту приземлення при парашутному десантуванні)

$$T_{\partial} = t_3 + t_n + t_p, \quad (6)$$

де  $t_3$  – час завантаження ВТЛ на аеродромі вихідного району десантування;  $t_n$  – час польоту до району десантування (доставки вантажів);  $t_p$  – час викидання десанту (розвантаження літака) у районі призначення.

Величини  $t_3$  та  $t_p$  (у разі виконання завдань посадочним способом та необхідністю розвантаження літака) визначаються (встановлюються) за досвідом експлуатації літаків певного класу (вантажопідйомності) або нормативними документами.

У разі виконання завдань десантування військ та вантажів парашутним способом час викидання  $t_p$  розраховується за формулою [6]

$$t_p = \frac{H_{\partial}}{v_n} + \frac{i_x (n_n / n_{\partial} - 1)}{V_{\partial}}, \quad (7)$$

де  $v_n$  – вертикальна швидкість зниження парашутиста (вантажу);  $V_{\partial}$  – швидкість літака під час викидання десанту (вантажів);  $i_x$  – лінійний інтервал між парашутистами (вантажами) під час десантування;  $n_n$  – кількість парашутистів (вантажів);  $n_{\partial}$  – кількість потоків десантування;  $H_{\partial}$  – висота десантування.

Час польоту до району десантування (доставки вантажів) визначається за формулою

$$t_n = L_{max} / V, \quad (8)$$

де  $L_{max}$  – максимальна практична дальність польоту ВТЛ (рис. 1);  $V$  – крейсерська швидкість польоту.

Показники  $P_m$  та  $E$  мають зміст для усіх варіантів застосування ВТЛ, а також дозволяють в певній мірі кількісно оцінити основні властивості транспортного літака у разі здійснення порівняльного аналізу та вибору кращого його варіанта з альтернативних. В разі неврахування показника  $P_m$  або  $E$ , неможливо отримати відповідну оцінку транспортного літака як транспортного засобу.

Однак подібна оцінка, яка базується на урахуванні тільки обсягу здійснюваних перевезень варіантами транспортних літаків, є недостатньою. Досконалість ВТЛ, як для будь-якого транспортного засобу, повинна оцінюватися корисним ефектом літака, тобто його транспортним потенціалом, що вимірюється обсягом здійснюваних перевезень, порівняних з повною сумою витрат на забезпечення його основних властивостей, зокрема, конструктивних та льотних. Витратами можна вважати певну масу палива  $G_n$ , яка еквівалентна енергії, що витрачається в польоті. Витратами також можна вважати матеріаломісткість літака, що характеризується масою  $G_{сл}$ .

Згідно з цим, більш об'єктивним для оцінювання ВТЛ, може бути транспортний потенціал  $\Pi_m$ , який можна представити [3] як відношення

максимальної продуктивності  $P_m$  до суми енергетичних  $G_n$  та матеріалоемних витрат  $G_{сл}$  на забезпечення конструктивних і льотних властивостей транспортного літака

$$\Pi_m = \frac{P_m}{G_n + G_{сл}} = \frac{G_{кнР} \cdot L_P}{G_n + G_{сл}}, \quad (9)$$

де  $G_n$  - маса палива, що витрачається транспортним літаком на перевезення військ та вантажів на дальність  $L_{max}$  (рис. 1).

Прикладом апробації вищенаведених положень є результати оцінювання варіантів ВТЛ Ил-76МД, Ан-70 та А-400М за даними їх тактико-технічних характеристик, що наведені у відкритих джерелах [7, 8, 9].

Результати розрахунків показників  $P_m$ ,  $E$  та  $\Pi_m$  (рис. 2...4) свідчать про різний рівень ефективності варіантів ВТЛ, що аналізуються, та обумовлюють наявність за даними [7, 10, 11] різноманітність поглядів фахівців на їх ефективність та, відповідно, досконалість.

Зазначені типи літаків, наприклад Ил-76МД та Ан-70, при приблизно рівних масах максимального корисного навантаження (47...48 т) суттєво відрізняються максимальною злітною масою, заправляємою масою палива та практичною дальністю польоту, що приводить до неоднозначності поглядів на їх ефективність та досконалість. Літак А-400М за аеродинамічною компоновкою є максимально наближеним до Ан-70, але відрізняється більшою злітною масою та меншою масою корисного навантаження (37 т), що теж не дозволяє однозначно судити про їх ефективність та технічну досконалість.

Найбільший рівень ефективності за показником  $P_m$  має ВТЛ Ил-76МД (рис. 2). Порівняно з ним рівень ефективності літака Ан-70 становить 85 %, а літака А-400М – 83 %.

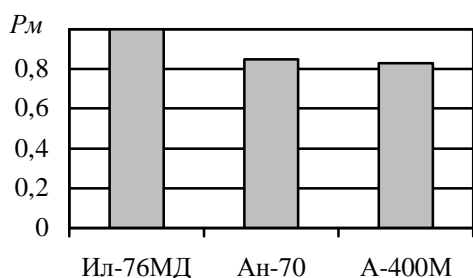


Рис. 2. Продуктивність варіантів ВТЛ

При приблизно рівних масах максимального корисного навантаження (47...48т) ВТЛ Ил-76МД, порівняно з Ан-70, суттєво відрізняється масою палива на борту літака та практичною дальністю польоту. Тому його максимальна продуктивність, інакше працездатність, є вищою.

Перевага ВТЛ Ан-70 за цим показником над літаком типу А-400М пояснюється більшим значенням вантажопідйомності та більш низьким значенням питомої витрати палива двигунів.

За показником потужності ВТЛ  $E$  (рис. 3), що характеризує (5) інтенсивність перевезень військ (вантажів), аналізуємі варіанти літаків майже не відрізняються.

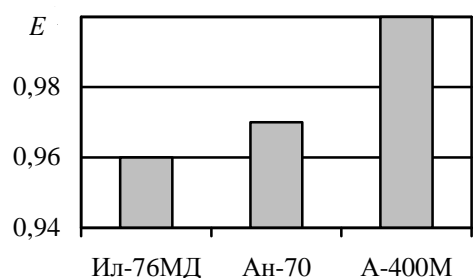


Рис. 3. Потужність варіантів ВТЛ

Деяку перевагу на 3...4%, порівняно з іншими варіантами, має ВТЛ А-400М.

ВТЛ Ил-76МД має більш високий рівень працездатності. Цей літак у даному випадку (5...8) із-за значного запасу палива та практичної дальності польоту (8) має збільшений час

виконання завдання щодо доставки військ та вантажів (6). В підсумку це не відрізняє його потужність від інших варіантів ВТЛ.

За величиною транспортного потенціалу  $\Pi_m$  (рис. 4), який поряд з іншими характеристиками (9) враховує енергетичні  $G_n$  та матеріалоемні витрати  $G_{cl}$  на забезпечення конструктивних і льотних властивостей транспортного літака, має перевагу ВТЛ Ан-70 (на 11 % порівняно з ВТЛ А-400М, на 32 % - Ил-76МД). Це визначається (9), порівняно, наприклад, з Ил-76МД, меншими величинами його максимальної злітної маси та маси палива на борту, при тій же самій вантажопідйомності, а також більш високими значеннями аеродинамічної якості планера, економічності двигунів, коефіцієнта корисної дії повітряних гвинтів тощо.

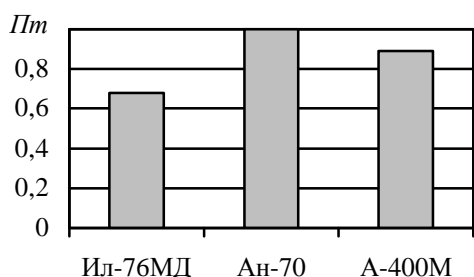


Рис. 4. Транспортний потенціал варіантів ВТЛ

Їхній рівень є таким, що кожна одиниця маси конструкції та маси палива на борту літака Ан-70 використовується за призначенням найбільш ефективно, чим підкреслюється, порівняно з іншими варіантами, досконалість даного типу ВТЛ як транспортного засобу.

Таким чином, при вирішенні практичних питань пов'язаних з визначенням кращого зразка ВТЛ з альтернативних наявних, методика дозволяє провести оцінювання рівня бойової ефективності та більш об'єктивно обрати оптимальний варіант.

У подальшому повстає задача розробки (удосконалення) теорії та обчислювальних процедур визначення оптимального (раціонального) варіанта ВТЛ по комплексу показників якості з певної множини його альтернативних варіантів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гевелинг В.Н. Боевая эффективность летательных аппаратов. Учебник. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1963. – 220 с.
2. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1970. – 500 с.
3. Козловский В.И. К вопросу оценки эффективности пассажирского самолета. // Техника воздушного флота, 1969, № 6. С. 6-11.
4. Белянин А.И. Динамика полета и боевого маневрирования летательных аппаратов. Часть 1. – К.: КВВАИУ, 1978. – 380 с.
5. Силков В.И. Динамика полета летательных аппаратов. Конспект лекций. – К.: КМУГА, 1995. – 424 с.
6. Белоцерковский С.М., Ништ М.И., Пономарев А.Т., Рысев О.В. Исследование парашютов и дельтапланов на ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
7. Балабуев П. Ан-70 – новый этап в развитии транспортной авиации. // Аэрокосмический курьер, № 5, 2000. – С. 12-13.
8. Военная авиация. Кн.1. – Мн.: ООО Попурри, 1999. – 512 с.
9. Военная авиация. Кн.2. – Мн.: ООО Попурри, 1999. – 320 с.

10. Ильин В. Военно-транспортная авиация вчера, сегодня и завтра. // Вестник авиации и космонавтики, № 2-3, 1998. – С. 16-19.
11. Военно-транспортные самолеты пятого поколения. // Вестник авиации и космонавтики, № 2-3, 1998. – С. 20-25.

*Надійшла до редакції 26.10.2011*