

УДК 629.138.6.001

Ю. В. БАБЕНКО, А. В. МАТВИЙЧУК

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков

ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАЦИЙ САМОЛЕТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПО ИНТЕГРАЛЬНЫМ СТОИМОСТНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В отечественном самолетостроении создана и эксплуатируется целая гамма модификаций самолетов различного назначения: региональных транспортных, ближне- и среднемагистральных пассажирских, тяжелых транспортных. Оценку их эффективности предложено производить по интегральному показателю стоимости жизненного цикла и критерию удельных затрат за жизненный цикл. При этом установлено, что стоимость жизненного цикла в разы превышает стоимость самолета, а по критерию удельных затрат за жизненный цикл наиболее эффективными выступают ближне- и среднемагистральные модификации пассажирского самолета Ан-148-100.

Ключевые слова: модификации самолетов транспортной категории, критерий удельных затрат за жизненный цикл, сравнительная оценка

Введение

Отечественная авиационная наука и практика занимают ведущие позиции в создании высокоэкономичных модификаций самолетов на основе их базовых вариантов [1, 2].

Среди отечественных самолетов наиболее эффективным оказался Ан-24. Пятидесятидвухместный пассажирский самолет Ан-24 создан в 1959 году для авиалиний малой и средней протяженности. Хорошие летно-технические характеристики, надежность конструкции, возможность базирования на грунтовых аэродромах, экономичность и простота технического обслуживания обеспечили самолету признание у нас в стране и за рубежом. Свыше 45 лет осуществляется эксплуатация самолета более чем в 23 странах. Ресурс самолета доведен до 50000 летных часов и 35000 посадок, что соответствует уровню мировых показателей. На базе самолета Ан-24 разработано около 40 модификаций. Среди них Ан-24Т, Ан-24ТР, Ан-30, Ан-30М.

Кроме того, самолет Ан-24 послужил базой для разработки таких известных самолетов как Ан-26, Ан-32 и Ан-32Б.

При практически неизменной площади крыла $S \approx 75 \text{ м}^2$ у всех модификаций существенно возросла коммерческая нагрузка (табл. 1). Эффективными явились и модификации самолета Ан-74 (табл. 2). В 2001 году на Харьковском государственном авиационном производственном предприятии (ХГАПП) при участии АНТК «Антонов», ОАО «Мотор Сич» (Запорожье) и ЗМКБ «Прогресс» создана принципиально новая модификация – транспортный самолет Ан-74ТК-300.

Гамму модификаций ГП «Антонов» разрабатывает и на основе базового самолета Ан-148 [2].

Создание модификаций идет, в первую очередь, по пути изменения предназначения самолета при небольшом диапазоне изменения величины коммерческой нагрузки и при существенном изменении дальности её перевозки. Таким образом, региональный базовый самолет при разработке модификаций превратился в ближнемагистральные Ан-148-100 и Ан-148-200 и среднемагистральные Ан-158 и Ан-178.

Таблица 1
Некоторые параметры региональных самолетов
Ан-24, Ан-26, Ан-30 и Ан-32

Некоторые параметры самолетов	Ан-24	Ан-26	Ан-30	Ан-32
Максимальная взлетная масса, кг	21800	24000	23000	27000
Максимальная коммерческая нагрузка, кг	5500	5500	-	6700

Модификационное развитие получает и тяжелый транспортный самолет Ан-124 в виде модификаций Ан-124-100 и других моделей.

Итак, в отечественном (как и в мировом) самолетостроении разработаны и успешно эксплуатируются различные модификации самолетов различного назначения.

Таблица 2

Основные модификации самолета Ан-74

Модификации самолета Ан-74	Ан-74-200 – легкий транспортный самолет	Ан-74Т-100/200А – грузовые самолеты	Ан-74ТК-100/200 – грузопассажирские конвертируемые самолеты	Ан-74Д – деловой самолет	Ан-74 VIP – перспективный административный самолет	Ан-74Т-300/ТК300 – модификации с двигателями под крылом на пилонах
Назначение Модификаций	– грузоподъемность 7,5 т; – выполнение специальных полетов в Арктике и Антарктиде; – совместная перевозка грузов и пассажиров	– грузоподъемность 10 т; – увеличенная по длине грузовая кабина	– грузоподъемность 10 т или 52 пасс.; – совместная перевозка грузов и пассажиров; – конвертация «грузовой / пассажирский вариант» за 2 часа	– перевозка 12 пассажиров в комфортных условиях; – трехсалонная компоновка	– высокий уровень комфорта; – возможность перевозки автомобиля или группы сопровождающих	– грузоподъемность 10 т или 52 пасс.; – уменьшенный удельный расход топлива; – повышенная крейсерская скорость и дальность; – сокращенная длина ВПП
Двигатели: – тип – тяга, кгс	Д-36-2А/3А 2х6500	Д-36-3А 2х6500	Д-36-3А 2х6500	Д-36-2А 2х6500	Д-36-3А 2х6500	Д-36-4А 2х6500
Грузоподъемность, т	7,5	–	10	–	до 2,3 в грузовом отсеке	10
Пассажировместимость, чел.	10	–	52	12 (или по требованию заказчика)	9 – 29	52
Крейсерская скорость, км/ч	580...700	580...700	580...700	580...700	580...700	600...725
Высота полета, м	10100	10100	10100	10100	10100	10100
Дальность, км: – с макс. нагрузкой – с пассажирами – с макс. топливом, груз/т	1650/2300 – 4400(0,8/2,5)	1450 – 4370(3,5)	950 2750 4250(1,8)	– 3950 (12 пасс.) 4400 (8 пасс.)	– 3300 (9пасс.+23т) 4400 (8 пасс.)	2130/1450/3600 5050(3,6)/5050(2,5)
Потребная длина ВПП, м	1800/2050	2050	2050	1800	2050	1900

С учетом этого обстоятельства неизбежно возникает задача оценки их эффективности на единой методической основе.

Постановка задачи

Предложить и апробировать модель оценки эффективности различных модификаций самолетов различного назначения на единой методической базе, позволяющей сравнивать модификации не только одного самолета, но и самолетов различного назначения.

Решение поставленной задачи

В настоящее время стоимостная оценка эффективности самолетов транспортной категории ведется по общепринятым у авиаперевозчиков частным показателям – стоимости самолето-часа и себестоимости перевозки одной тонны коммерческой нагрузки на один километр пути [3].

Такой подход характерен для базовых вариантов и дает существенные погрешности при сравнении их модификаций, причем при оценке модификаций различного назначения погрешности возрастают.

В настоящей работе предлагается сравнительную оценку эффективности модификаций (в том числе и различного назначения) оценивать по стоимостным интегральным показателям:

- стоимости жизненного цикла в абсолютном исчислении ($C_{ж.ц}$, дол.);
- критерию удельных затрат за жизненный цикл ($\bar{C}_{ж.ц}$, дол./т·км·рейс), предложенных в работе [4].

Как показано в этой работе, величина:

$$C_{ж.ц} = A^P N_p, \quad (1)$$

где A^P – стоимость одного рейса;

N_p – число коммерческих рейсов за весь период эксплуатации, а критерий удельных затрат за жизненный цикл оценивается зависимостью.

Другой формой идентификации стоимости жизненного цикла модификации является ее запись через заявленный ресурс T_q в летных часах:

$$C_{ж.ц} = A^q(m_{к.н}, L)T_q, \quad (2)$$

где A^q – расходы, приходящиеся на час полета;

$m_{к.н}$ – коммерческая нагрузка;

L – дальность перевозки.

Если же задан календарный ресурс, то выражение (2) преобразуется в виду:

$$C_{ж.ц} = A^q \cdot (m_{к.н}, L)B_\Gamma T_\Gamma, \quad (3)$$

где B_Γ – годовой налет самолета в часах;

T_Γ – календарный срок службы в годах.

Весьма важным технико-экономическим показателем являются затраты за жизненный цикл, при-

ходящиеся на единицу транспортной работы за весь жизненный цикл:

$$\bar{C}_{ж.ц} = \frac{C_{ж.ц}}{k_3 \cdot m_{к.н} \cdot L \cdot N_p}, \quad (4)$$

где k_3 – коэффициент загрузки самолета в процессе его эксплуатации.

Т. е. отношение затрат за весь жизненный цикл ко всей полезной работе, совершенной модификацией за весь период эксплуатации.

На основе выражений (1) – (3) проведена стоимостная оценка (рис. 1) эффективности модификаций самолетов различного назначения, а на основе выражения (4) оценены удельные затраты за жизненный цикл:

- модификаций региональных самолетов транспортного назначения Ан-26, Ан-30, Ан-32Б и их обобщенной модификации [5];

- модификаций региональных ближне- и среднемагистральных пассажирских самолетов Ан-148-100 и Ан-158;

- модификаций на основе тяжелого транспортного самолета типа Ан-124.

Такой системный подход позволяет провести сравнительную оценку модификаций самолетов различного назначения на единой методической основе с помощью выражений (1, 2, 3 и 4).

Как следует из приведенных данных (рис. 2), величины $C_{ж.ц}$ в абсолютных значениях превышают значение $C_{ж.ц} = 10^6$ дол. Величина превышения определяется в первую очередь взлетной массой самолета ($m_{взл}$) и величиной запаса топлива на рейс (\bar{m}_r).

Следует отметить ещё одну особенность: стоимость жизненного цикла в несколько раз превосходит стоимость самолета, т. е.

$$\frac{C_{ж.ц}}{C_c} = 2...5.$$

что предопределяется в основном эксплуатационными затратами. Если это соотношение находить с помощью предложенной в работе [4] прогностической модели, то эти цифры ещё более возрастут для модификаций, разрабатываемых через 10...15 лет после базового варианта. Поэтому для рынка самолетов важны не только минимальные затраты за жизненный цикл, но и тенденция их изменения на весь период эксплуатации.

Удельные затраты за жизненный цикл $\bar{C}_{ж.ц}$ являются интегральным критерием для оценки стоимостной эффективности модификаций на рынке авиаперевозок. На основе выражения (4) оценены модификации всех отечественных самолетов транспортного назначения (рис. 2).

Очевидно, что величина критерия $\bar{C}_{ж.ц}$ изменяется в диапазоне 0,32...0,73.

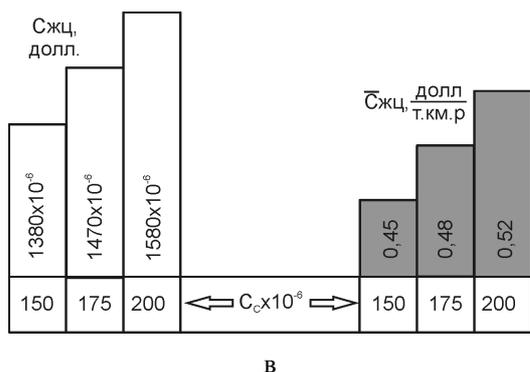
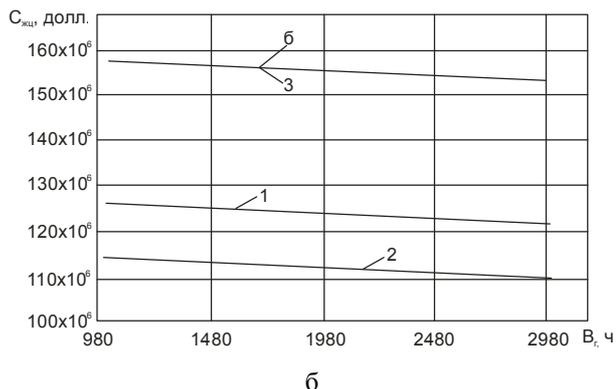
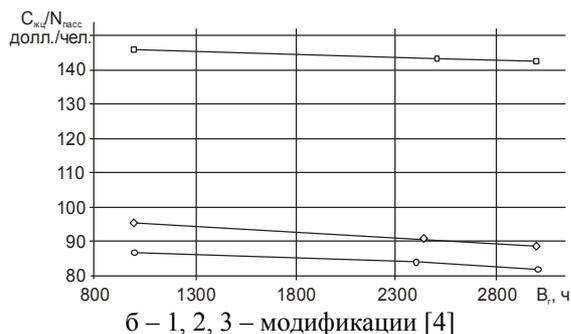
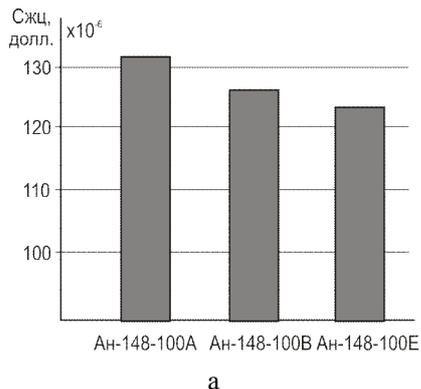
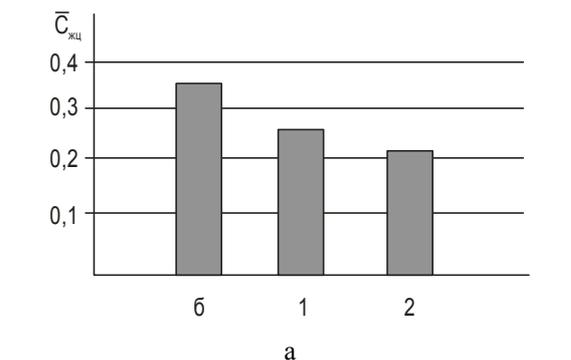


Рис. 2. Значения стоимости жизненного цикла: а – модификаций самолета Ан-148; б – ближнемагистрального пассажирского самолета Ан-158 с учетом годового налета часов; (1, 2, 3) – модификации [4], V_r – годового налет в часах

Естественно, что наиболее эффективной следует признавать модификацию с минимальным значением $\bar{C}_{ж.ц}$.

Исходя из этого, следует считать наиболее эффективными модификации, осуществляющие пассажирские перевозки (модификации самолета Ан-148-100), т. к. у транспортных самолетов величина $\bar{C}_{ж.ц}$ возрастает.

При этом необходимо заметить, что величина $\bar{C}_{ж.ц}$ у таких транспортных самолетов как Ан-26, Ан-32 и Ан-32Б, несколько выше, чем у модификаций тяжелого транспортного самолета Ан-124. Это объясняется недостаточно высоким ресурсом и небольшой протяженностью авиалиний, на которых они эксплуатируются. Предложенная же в данной работе обобщенная модификация этих трех моделей имеет $\bar{C}_{ж.ц}$, соизмеримый с его величиной для модификаций пассажирских самолетов, что является дополнительным фактором к притоку инвестиций в разработку обобщенной модификации.

Анализ данных, приведенных на рис. 1 и 2, показывает, что величины $C_{ж.ц}$ и $\bar{C}_{ж.ц}$ адекватны друг

Модификации Параметры	Ан-32Б	Ан-32	Ан-26	Ан-132
Стоимость самолето-часа, дол.	2100	2100	2250	2000
Стоимость жизненного цикла, дол.	$735 \cdot 10^5$	$735 \cdot 10^5$	$675 \cdot 10^5$	$100 \cdot 10^6$
Удельная стоимость жизненного цикла $\bar{C}_{ж.ц}$, дол./т·км·р	0,59	0,59	1,55	0,39

Рис. 1. Сравнительная оценка модификаций отечественных самолетов транспортной категории по критерию удельных затрат за жизненный цикл:

- а, б – регионального пассажирского самолета;
- в – тяжелого транспортного самолета;
- г – региональных транспортных самолетов

другу. Это имеет место, когда модификации по заявленному ресурсу примерно равны.

Если же все параметры, определяющие величину $\bar{C}_{ж.ц}$, переменны, то она отличительна и от всех частных критериев (a , A^q , A^p), и от интегрального $C_{ж.ц}$, т. к. наиболее полно учитывает влияние наиболее важных управляющих параметров [дол./т·км·р] на эффективность модификаций.

Заключение

1. Государственному предприятию «Антонов» принадлежат ведущие позиции в мировой практике создания модификаций самолетов транспортной категории. Модификации, созданные на базе самолетов Ан-24, Ан-74, Ан-148 и Ан-124, успешно эксплуатируются на отечественных авиалиниях и в нескольких странах мира.

2. Стоимостную эффективность самолетов в настоящее время принято оценивать с помощью частных критериев типа стоимости самолето-часа, себестоимости авиаперевозки одной тонны коммерческого груза на один километр пути и т. п. Однако они, полученные из условия минимизации затрат на каждом из этапов жизненного цикла и не учитывающие ряд важных заявленных параметров (например, величины ресурса), при сравнительной оценке различных модификаций самолетов различного назначения неизбежно показывают существенную погрешность.

3. В работе предложено стоимостную оценку эффективности модификаций самолетов транспортной категории осуществлять по интегральным стоимостным показателям:

- стоимости жизненного цикла ($C_{ж.ц}$, дол.);
- критерию удельных затрат за жизненный цикл ($\bar{C}_{ж.ц}$, дол./т·км·р).

Анализ модификаций отечественных самолетов транспортной категории по этим интегральным стоимостным показателям выявил следующее:

- стоимость жизненного цикла $C_{ж.ц}$ превосходит стоимость самолета C_c в 2...5 раз;
- по критерию удельных затрат за жизненный цикл $\bar{C}_{ж.ц}$, который меняется в пределах 0,32...0,73, наиболее эффективными следует признать модификации Ан-148В и Ан-148Е;
- модификации на базе самолета Ан-124-100 по критерию удельных затрат за жизненный цикл имеют преимущество перед региональными транспортными самолетами Ан-26, Ан-32 и Ан-32Б.

4. Метод оценки эффективности модификаций самолетов различного назначения по интегральным стоимостным показателям позволяет на стадии разработки самолета количественно оценить их как

весьма важный фактор конкурентоспособности и послужит основой для привлечения инвестиций в их создание.

Литература

1. Самолет Ан-74ТК-300. Стандартная спецификация [Текст] / А. Г. Гребеников, П. А. Клюев, В. М. Король [и др.]. – Х. : ХАИ, 2004. – 276 с.
2. Бадягин, А. А. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации [Текст] / А. А. Бадягин, Е. А. Овруцкий. – М. : Машиностроение, 1964. – 295 с.
3. Бабенко, Ю. В. Критерий удельных затрат за жизненный цикл самолетов транспортной категории [Текст] / Ю. В. Бабенко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов : сб. научн. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. №2(82). – Х., 2015. – С. 52-58.
4. Бабенко, Ю. В. Управление эффективностью обобщенной модификации региональных транспортных самолетов на этапе её разработки [Текст] / Ю. В. Бабенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2015. – № 10(127). – С. 42-47.
5. Ан-148 Региональний реактивний літак нового покоління [Електронний ресурс]. Режим доступу : <http://www.antonov.com/aircraft/passenger-aircraft/an-148>.

References

1. Hrebenykov, A. H. Samolet An-74TK-300. Standartnaya spetsyfykatsyya [An-74tk-300. Standard specification]. *Kharkov*, 2004. 276 p.
2. Badyahyn, A. A. Proektyrovanye passazhyrskykh samoletov s uchetom ekonomyky ekspluatatsyy [Design of passenger aircraft in view of economy operation]. *Moscow*, 1964. 295 p.
3. Babenko, Y. V. Krytery yudel'nykh zatrat za zhyznenniy tsykl samoletov transportnoy kate-horyy [Criterion unit costs over the life cycle of aircraft transport category] *Voprosy proektirovaniya i proyzvodstva konstruksyy letatel'nykh apparatov*, 2015, vol. 2 (82). pp. 52-58.
4. Babenko, Y. V. Upravlenye efektyvnost'yu obobshchennoy modyfykatsyy rehyonal'nykh transportnykh samoletov na etape razrabotky [Performance management a generalized regional transport aircraft modification at the stage of its development]. *Avyatsyonno-kosmycheskaya tekhnika y tekhnolohyya*, 2015, no. 10 (127). pp. 42-47.
5. An-148 Rehional'nyy reaktyvnyy litak novoho pokolinnya [AN-148 / Regional Passenger Jet of a New Generation] [The global pharmaceutical industry]. Available at: <http://www.antonov.com/aircraft/passenger-aircraft/an-148>.

Поступила в редакцию 5.06.2016, рассмотрена на редколлегии 15.06.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры финансы и аудит В. П. Божко, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ІНФОРМАЦІЙНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МОДИФІКАЦІЙ ЛІТАКІВ РІЗНОМОНІТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕГРАЛЬНИХ ВАРТІСНИХ ПОКАЗНИКІВ

Ю. В. Бабенко, А. В. Матвійчук

У вітчизняному літакобудуванні створена та експлуатується ціла гама модифікацій літаків різноманітного призначення: регіональних, транспортних, близько та середньо магістральних пасажирських, важких транспортних. Оцінку їх ефективності запропоновано проводити за допомогою інтегрального показника вартості життєвого циклу літака і критерію питомих витрат протягом життєвого циклу. Встановлено, що вартість життєвого циклу в рази перевищує вартість літака, але згідно з критерієм питомих витрат протягом життєвого циклу найбільш ефективним виступає близько та середньо магістральні модифікації пасажирського літака Ан-148-100.

Ключеві слова: модифікації літаків транспортної категорії, критерій витрат протягом життєвого циклу, порівняльна оцінка.

INFORMATION ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF AIRCRAFT MODIFICATIONS FOR VARIOUS PURPOSES ON THE INTEGRAL VALUE INDICATORS

J. V. Babenko, A. V. Matvichuk

In the domestic aircraft industry created and operated whole scale aircraft modifications for different purposes: regional transport, short-haul and medium-haul passenger, heavy transport. Asked to assess their effectiveness to a combined indicator of the cost of the life cycle and the selection of the unit cost per life cycle. In doing so, found that the cost of the life cycle at times exceeds the cost of the aircraft, and on the basis of the unit cost for the life cycle of most effective advocate short-medium haul modification of passenger aircraft An-148-100.

Keywords: models of aircraft transport category, unit cost criterion for comparative lifecycle assessment

Бабенко Юлія Вікторівна – канд. техн. наук, доцент кафедри финансы и кредит, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, e-mail: 2506lu@mail.ru.

Матвійчук Анастасія Володимирівна - аспірантка кафедри финансы и кредит, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

Babenko Julia Viktorovna – Candidate of Technical Science, Assistant Professor of Dept. of finance and credit, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: 2506lu@mail.ru.

Matvichuk Anastasiya Vladimirovna – graduate student of the Department of finance and credit, National Aerospace University named after N. Ye. Zhukovsky “KhAI”, Kharkov, Ukraine, e-mail: studentkaxai@mail.ru.