

Критерий удельных затрат за жизненный цикл модификаций самолетов транспортной категории

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ"

Для оценки стоимостной эффективности модификаций самолетов транспортной категории предложен новый критерий удельных затрат за жизненный цикл, определяемый отношением стоимости жизненного цикла к величине полезной работы, выполненной модификацией в процессе эксплуатации. Поскольку в его определение вошли все основные параметры самолета, этот критерий отнесен к категории интегральных. На его основе проанализированы стоимостные показатели эффективности модификаций среднемагистрального пассажирского самолета. Установлено, что разработка модификаций этого типа самолета с пассажироместностью 100...120 мест обеспечивает им преимущество по этому стоимостному критерию.

Ключевые слова: модификации самолетов, жизненный цикл, интегральный критерий эффективности.

Введение

В настоящее время эффективность базовых самолетов и их модификаций на рынке авиаперевозок оценивается по стоимости самолето-часа в коммерческом рейсе и себестоимости авиаперевозки одной тонны груза на один километр пути. Такими показателями стоимостной эффективности пользуются практически все авиакомпании мира [1, 3, 4, 5, 7].

Однако эти частные показатели имеют ряд недостатков:

- не учитывают значения НИОКР на снижение затрат при эксплуатации;
- не отражают эффект увеличения затрат при необходимости повышения ресурса агрегатов и узлов, обеспечивающего снижение амортизационных отчислений;
- не учитывают снижение затрат, связанных с использованием унифицированных конструктивов в модификациях и с сокращением сроков летных испытаний;
- могут использоваться при поверочных стоимостных оценках, когда возможность влияния на затраты за жизненный цикл отсутствует.

Это обстоятельство потребовало разработки интегральных показателей эффективности.

Наиболее общим показателем, естественно, являются затраты за жизненный цикл, который приводит к достижению максимального экономического эффекта.

В последнее время появились работы [2] по оценке затрат за жизненный цикл ($C_{ж.ц}$):

- через величину стоимости самолето-часа $A^ч$ и общий заявленный ресурс $T_ч$ в часах:

$$C_{ж.ц} = A^ч (m_{к.н} \cdot L) \cdot T_ч; \quad (1)$$

- через годовой налет самолета $B_г$

$$C_{ж.ц} = A^ч (m_{к.н} \cdot L) B_г \cdot T_г, \quad (2)$$

- где $m_{к.н} \cdot L$ – работа, выполняемая за один рейс;
 $T_г$ – календарный ресурс самолета;

V_T – средневзвешенный налет часов за год.

При этом показано, что величина $C_{ж.ц}$ в несколько раз превосходит стоимость самолета C_c , но однозначного ответа в сравнительной оценке эффективности модификаций не дает.

Постановка задачи

Разработать и апробировать критерий удельных затрат за жизненный цикл, позволяющий производить сравнительную стоимостную оценку модификаций самолетов транспортной категории различного назначения.

Решение поставленной задачи

Опыт создания модификаций самолетов транспортной категории показал, что в их технико-экономической эффективности особую роль играет ряд наиболее важных параметров, значения которых определяют не только летно-технические характеристики (ЛТХ), но и технико-экономическую эффективность принимаемых решений.

Иными словами, это соотношение:

$$\frac{\text{Затраты за жизненный цикл}}{\text{Выполненная полезная работа}} = f \left[\frac{TЭП}{m_{к.н} \cdot L} \right], \quad (3)$$

где ТЭП – технико-экономические параметры. Показатель ТЭП является натуральным измерителем затрат на получение заданной совокупности свойств и качеств самолета.

Однако, как бы хорошо ни был скомпонован и оптимизирован базовый самолет, требования рынка авиаперевозок неизбежно ведут к изменению как числителя, так и знаменателя этого отношения. Отсюда следует, что неизбежен в той или иной мере «уход» параметров модификаций от базового варианта.

С учетом этого обстоятельства выражение (3) принято за критерий удельных затрат за жизненный цикл

$$\bar{C}_{ж.ц} = \frac{\text{Полные затраты за жизненный цикл}}{\text{Полезная работа за весь период эксплуатации}}. \quad (4)$$

Все модификации отличаются друг от друга прежде всего выполняемой полезной работой, а также рядом других параметров, которые и определяют затраты за жизненный цикл (выражениях 1, 2).

Концептуальная зависимость (4) может быть преобразована к параметрическому соотношению

$$\bar{C}_{ж.ц} = \frac{C_{ж.ц}}{k_3 m_{к.н} \cdot L \cdot N_p}, \quad (5)$$

где k_3 – коэффициент загрузки самолета в процессе эксплуатации;

$m_{к.н} \cdot L$ – коммерческая нагрузка и дальность ее перевозки;

N_p – число коммерческих рейсов за весь период эксплуатации модификации.

На основе интегрального показателя $C_{ж.ц}$ и критерия удельных затрат за жизненный цикл $\bar{C}_{ж.ц}$ произведена стоимостная оценка некоторых модификаций самолета Ан-148, которые можно отнести к среднемагистральным.

Этот класс модификаций условно ограничен величиной дальности ($L > 2500$ км) и коммерческой нагрузкой ($n_{\text{пас}} \approx 100 \dots 130$ чел.) (табл. 1).

Таблица 1

Исходные параметры модификаций

Параметры модификации	Число пассажиров, чел.	Взлетная масса, кг	Масса коммерческой нагрузки, кг	Дальность полета, км
Базовый вариант	86	32941	10320	3250
Первая модификация	95	36285	11400	3950
Вторая модификация	105	40000	12600	3800

С учетом таких параметров на основе данных работ [3, 7] получены частные показатели эффективности в виде зависимостей $a_{\text{пр}}$ и $A_{\text{р}}$ от величины коммерческой нагрузки ($n_{\text{пас}}$) при $L = 3100$ км [3] (рис. 1).

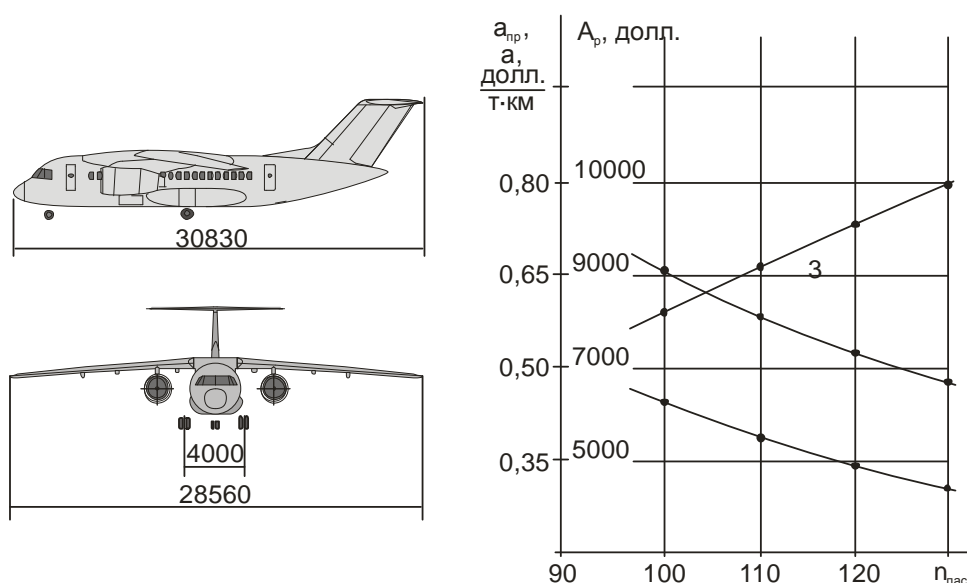


Рис. 1. Влияние изменения коммерческой нагрузки ($n_{\text{пас}}$) на частные показатели эффективности модификаций регионального среднемагистрального самолета:
 1 – приведенные расходы; 2 – себестоимость авиаперевозок;
 3 – стоимость рейса

На основе данных, приведенных на рис. 1 и в табл. 1, представляется возможным осуществить переход к определению экономической характеристики, принятой в ИКАО [5] – себестоимости пассажиро-километра. Результаты таких расчетов приведены на рис. 2.

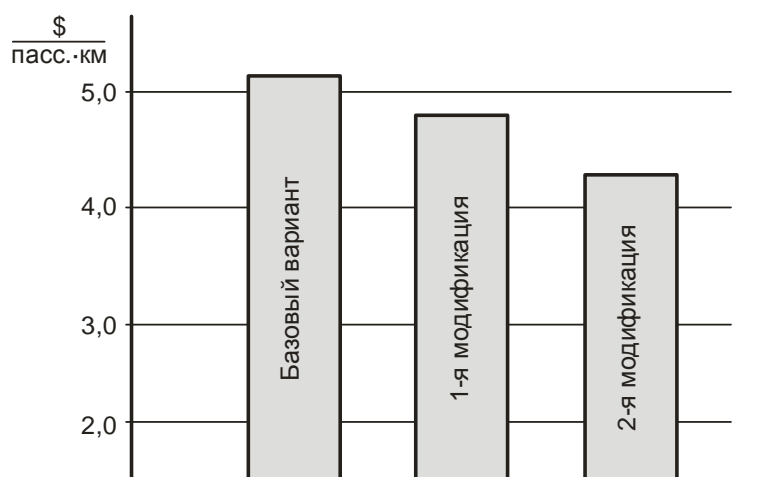


Рис. 2. Себестоимость пассажиро-километра среднемагистрального самолета с двумя ТРД и его модификаций

Поскольку 1-я и 2-я модификации обладают несколько большей рейсовой производительностью (за счет существенного роста коммерческой нагрузки), то и стоимость перевозки одного пассажира на один километр (рис. 2) существенно снижается.

Другой важной стоимостной характеристикой самолета транспортной категории являются эксплуатационные расходы, приходящиеся на один час полета, так как они во многом определяют тарифы на стоимость билетов.

Численные значения таких видов расходов определялись по методике, приведенной в работе [3], и представлены на рис. 3.

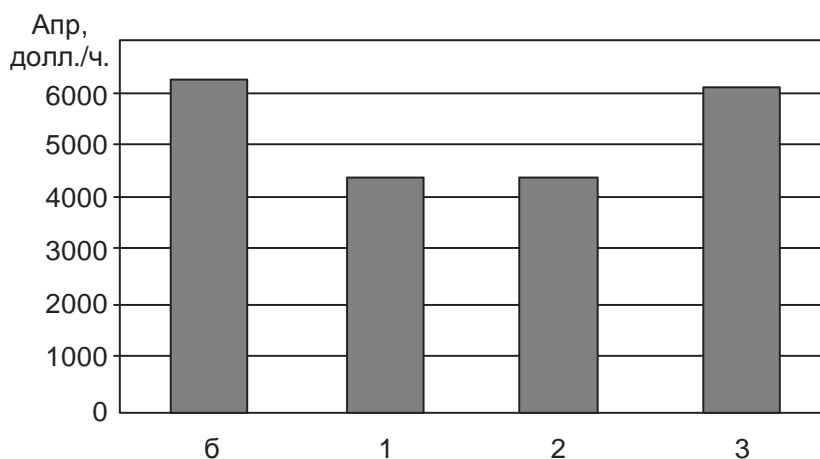


Рис. 3. Приведенные расходы, приходящиеся на 1 час полета: б – базовый вариант; 1, 2 – модификации; 3 – RRJ-95

Сопоставление стоимостных характеристик, приведенных на рис. 3, не дает однозначного ответа по поводу экономической целесообразности того или иного варианта модификации.

Более определенный результат можно получить, если рассматривать эти модификации по величине стоимости их жизненного цикла, как интегральной экономической характеристике.

Такая стоимостная оценка рассматриваемых модификаций осуществлена на основе выражения (2), а результаты расчетов приведены на рис. 4.

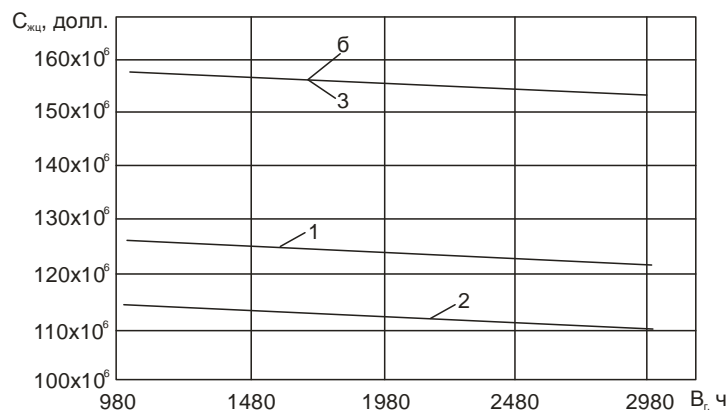


Рис. 4. Зависимость стоимости жизненного цикла базового самолета и его модификаций от годового налета часов V_f при календарном ресурсе 25000 летных часов: б – базовый вариант; 1, 2 – модификации; 3 – RRJ-95

Здесь интегрально учтены не только массовые и перевозочные характеристики, но и календарный ресурс и годовой налет каждой модификации.

Анализируя суммарные затраты за весь жизненный цикл, необходимо отметить следующее:

- они в несколько раз превышают стоимость самого самолета;
- затраты на модификации заметно ниже, чем на базовый самолет, из-за уменьшения расходов при проектировании и в процессе летных испытаний;
- модификация с увеличенной дальностью (3) по стоимости жизненного цикла почти сравнялась с таким же параметром у базового самолета, т. е. существует предел по пассажироместности и дальности, до которого можно создавать экономически оправданные модификации.

Определение стоимости жизненного цикла на основе выражений (1) и (2) позволяет количественно оценить не только абсолютную, но и относительную величины этого параметра для каждой из рассматриваемых модификаций в зависимости, например, от числа пассажиров $n_{\text{пас}}$ (рис. 5), перевезенных самолетом за весь жизненный цикл в 25000 летных часов.

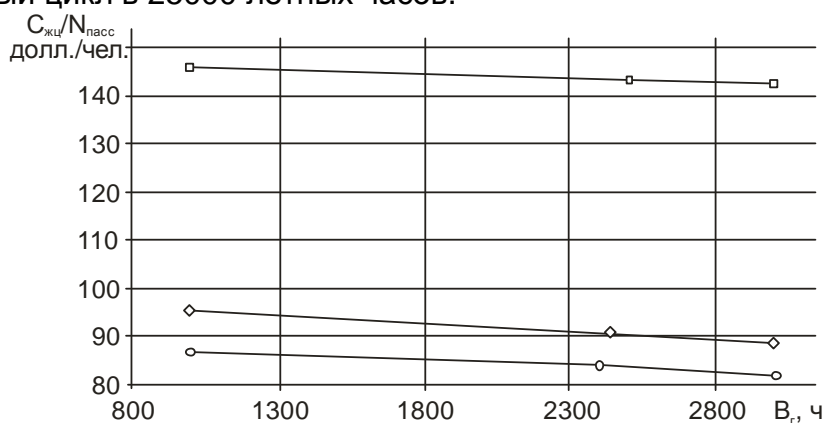


Рис. 5. Величина стоимости жизненного цикла, приходящаяся на одно пассажирское место: б – у базового самолета; 1, 2 – у первой и второй модификаций

Анализ эффективности для модификаций, результаты которого приведены

на рис. 1 – 5, показывает, что экономическая эффективность всех видов модификаций возрастает в сравнении с эффективностью базового самолета.

При критериальном анализе необходимо рассматривать только техническую дальность полета, так как сравнение по практической дальности искажает результаты исследования вследствие разницы в топливных резервах у различных модификаций.

На примере среднемагистрального пассажирского самолета убедительно показано, что наряду с традиционно определяемыми параметрами конкурентоспособности, такими, как рейсовая производительность и себестоимость перевозок, предложены расчетные модели по оценке затрат за жизненный цикл модификаций самолета транспортной категории с учетом заявленной величины технического ресурса.

Представленные исследования также подтверждают мысль [6] о том, что ни один из известных критериев не характеризует достаточно полно самолет и его модификации.

Однако в данной работе предложен критерий удельных затрат за жизненный цикл (см. выражение 4), который отображает отношение всех затрат за жизненный цикл ко всей полезной работе, произведенной модификацией за весь этап её эксплуатации. Для рассматриваемых модификаций его численные значения, найденные по выражению (5), приведены на рис. 6.

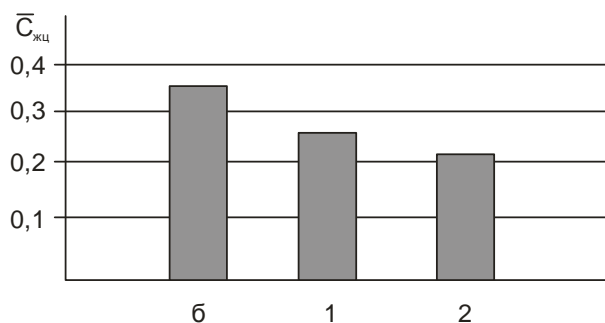


Рис. 6. Значения критерия удельных затрат за жизненный цикл модификаций среднемагистрального пассажирского самолета

Из данных, приведенных на этом рисунке, следует, что наименьшими затратами за весь жизненный цикл на единицу полезной работы, выполненной за весь период эксплуатации, обладает вторая модификация. Такой критерий, объединяющий в себе и все затраты за жизненный цикл, и всю полезную работу, выполненную модификацией, и всё число рейсов за весь срок её эксплуатации, очевидно, является интегральной оценкой эффективности модификаций.

Выводы

1. Наряду с абсолютной оценкой стоимости жизненного цикла предложен новый критерий оценки экономической эффективности – критерий удельных затрат за жизненный цикл, представляющий собой отношение полной суммы затрат за ЖЦ ко всей полезной работе, совершенной модификацией за весь период её эксплуатации.

2. Как вытекает из его определения, его размерность $\bar{C}_{жц} \left[\frac{\text{долл}}{т \cdot км \cdot \text{рейс}} \right]$

включает в себя все основные отличительные признаки модификации: суммарные затраты за ЖЦ, рейсовую производительность (как основной отличительный признак модификации) и заявленное число коммерческих рейсов за весь период эксплуатации.

Таким образом, $\bar{C}_{ж.ц}$ является интегральным критерием в отличие от частных критериев, таких как стоимость самолето-часа или себестоимость авиаперевозки одной тонны груза на один километр пути.

3. На примере оценки экономической эффективности модификаций среднемагистрального пассажирского самолета показано, что критерий удельных затрат за жизненный цикл наиболее полно отражает все особенности модификаций в оценке их эффективности.

4. Процедура применения данного метода в процессе проектирования модификаций в значительной мере индивидуальна для конкретных самолетов (региональные, средне или дальнемагистральные), однако при любом сочетании управляющих параметров предлагаемый метод позволяет прогнозировать затраты за жизненный цикл уже на этапе проектирования модификаций и оценивать их интегральную эффективность по вновь предложенному критерию удельных затрат за жизненный цикл.

Список литературы

1. Aerospace Forecasts. U.S. Department of transportation. FAA-APO-00-1. March 2000.
2. Бабенко, Ю. В. Метод оценки стоимости жизненного цикла модификаций самолетов транспортной категории [Текст] / Ю. В. Бабенко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х. 2015. – Вып. С.
3. Бадягин, А. А. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации [Текст] / А. А. Бадягин, Е. А. Овруцкий. – М.: Машиностроение. – 1964. – 295 с.
4. Отраслевая инструкция по оценке экономической эффективности внедрения новых летательных аппаратов.– М.: Гос. НИИ ГА. 1982. – 40 с.
5. Экономическая эффективность авиационной техники: Сб. ст. под ред. С. А. Саркисяна – М.: Машиностроение, 1984. – 283 с.
6. Томашевич, Д. Л. Конструкция и экономика самолета [Текст] / Д. Л. Томашевич. – М.: Оборонгиз, 1960
7. Интернет – ресурс <http://www.antonov.com/aircraft/passenger-aircraft/an-148/an-148-aircraft-family-performan>.

Поступила в редакцию 17.02.2015

Критерій питомих витрат за життєвий цикл модифікацій літаків транспортної категорії

Для оцінки вартісної ефективності модифікацій літаків транспортної категорії запропонований новий критерій питомих витрат за життєвий цикл, визначуваний відношенням вартості життєвого циклу до величини корисної роботи, виконаної модифікацією в процесі експлуатації. Оскільки до його визначення увійшли усі основні параметри літака, цей критерій віднесений до категорії інтегральних. На його основі проаналізовані вартісні показники ефективності модифікацій середмагістрального пасажирського літака. Встановлено, що розробка модифікацій цього типу літака з пасажиромісткістю 100-120 місць забезпечує їм перевагу за цим вартісним критерієм.

Ключові слова: модифікації літаків, життєвий цикл, інтегральний критерій ефективності.

Criteria of life cycle specific costs of transport category aircraft modifications

To evaluate the cost-efficiency of the transport category aircraft modifications a new criterion of specific costs during the life cycle determined by the ratio of life cycle cost to the value of effective work, performed by the modification during operation, is proposed. Since the criterion includes all the aircraft basic parameters, it is classified as integral. Based on it the efficiency cost parameters of medium-haul passenger aircraft modifications are analyzed. It is established that the development of modifications of this type of aircraft with a seating capacity of 100 ... 120 seats provides them an advantage on the cost criteria.

Keywords: aircraft modification, life cycle, integral efficiency criterion.