

Метод оценки экономической целесообразности изменения управляющих параметров нижнего уровня в модификациях самолетов

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»

Предложен метод оценки экономической целесообразности изменения управляющих параметров нижнего уровня, т. е. параметров, модификация которых не приводит к изменению массы самолета. Сущность метода: модификация параметра нижнего уровня → его влияние на изменение коммерческой нагрузки → необходимые трудозатраты → стоимостный эквивалент. Реализация метода осуществлена по параметру нижнего уровня – сезонному переоборудованию самолета. Получена взаимозависимость изменения массы, затрачиваемой на переоборудование, и объема трудозатрат, на основе которых для отечественных самолетов Ан-140, Ан-148, Ан-74 и Ан-124 получены области целесообразности модификационных изменений подобного рода.

Ключевые слова: модификации самолетов, эффективность, управляющие параметры, трудозатраты, стоимостный эквивалент.

Введение

При разработке модификаций самолетов транспортной категории изменениям могут подвергаться любые их параметры или параметры их агрегатов и отдельных узлов, ради повышения транспортной или экономической эффективности [1, 2].

Особую важность такой подход к оценке эффективности приобретает при создании модификаций самолетов рассматриваемого типа, когда необходимо в максимальной степени сохранить лучшие качества базового варианта и вместе с этим создать самолет-модификацию, отвечающий требованиям времени [3, 4].

К модифицируемым параметрам самолета следует прежде всего отнести характеристику «груз – дальность», которая предопределяет основную особенность модификации и оказывает решающее влияние на ее экономические показатели.

Наряду с характеристикой «груз – дальность» изменения параметров силовой установки, заявленный ресурс и т. п. по сути дела, не только влияют на облик и технические параметры, но и управляют экономической эффективностью, отсюда и их название – управляющие параметры.

В работах [5, 6] представлены исследования по влиянию управляющих параметров верхнего уровня (рис. 1) на интегральные стоимостные показатели разрабатываемых модификаций – по стоимости их жизненного цикла и по критерию удельных затрат за жизненный цикл, которые объединили в себе совокупность летно-технических и стоимостных показателей, принятых в настоящее время при оценках эффективности самолетов транспортной категории.

В работе [5] принято ранжировать модифицируемые параметры по двум уровням (см. рис. 1) с учетом их влияния на величину взлетной массы m_0 модификации:

- если изменение параметра приводит к изменению стартовой массы ($m^m > m^b$) модификации, такой параметр относится к управляющим параметрам верхнего уровня;

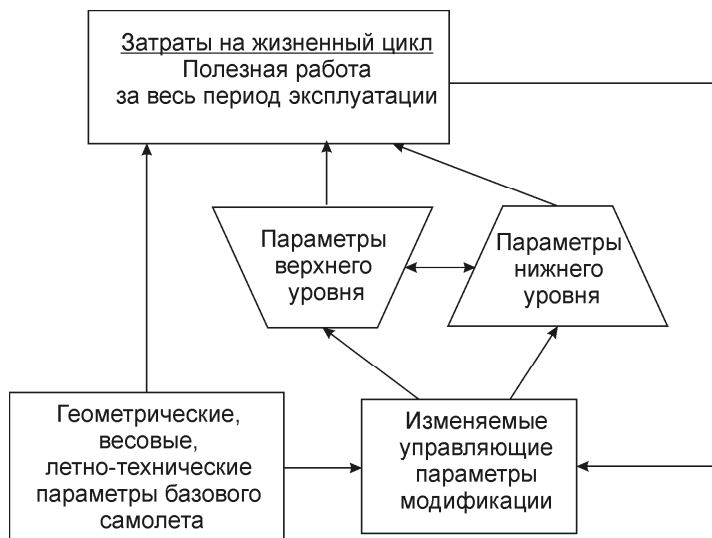


Рис. 1. Управляющие (модифицируемые) параметры в оценке эффективности модификаций самолетов транспортной категории

- если изменение параметра не приводит к изменению стартовой массы ($m^m = m^{\bar{o}}$), а условие весового существования модификации реализуется путем изменения коммерческой нагрузки $\pm m_{к.н}$, он относится к управляющим параметрам нижнего уровня.

В табл. 1 приведены некоторые управляющие параметры верхнего и нижнего уровней, оказывающие существенное влияние на изменение эффективности.

Таблица 1

Управляющие параметры в задачах оценки эффективности самолетов транспортной категории

а) управляющие параметры верхнего уровня ($m_0^m > m_0^{\bar{o}}$)	
$m_{к.н} L_{max}$	Рейсовая производительность модификации
T	Заявленный ресурс
A	Стоимость одного часа авиаперевозок
a'	Себестоимость перевозки 1 т груза на 1 км
$V_{крейс}$	Крейсерская скорость
$L_{ВПП}$	Потребная длина взлетно-посадочной полосы
$ТВД, ТРД$	Тип силовой установки и ее мощность
б) управляющие параметры нижнего уровня ($m_0^m = m_0^{\bar{o}}$)	
$m_0^m = m_0^{\bar{o}};$ $\pm \Delta m_{к.н}$	Унификация конструктивов модификации и базового самолета
	Коммерческое сезонное переоборудование пассажирского салона
	Обеспечение годового налета часов
	Обеспечение долговечности отдельных низкоресурсных узлов
	Повышение надежности путем уменьшения потока отказов

Изменения параметров верхнего уровня необходимо вести по интеграль-

ным стоимостным показателям – стоимости жизненного цикла модификации и критерию удельных затрат за жизненный цикл. Вопрос оценки экономической целесообразности изменения параметров нижнего уровня (при условии, что масса модификации остается равной массе базового самолета) остается открытым.

Постановка задачи

Разработать метод оценки целесообразности модификации управляющих параметров нижнего уровня (УП)_н по параметрам допустимых трудозатрат на их реализацию и стоимостным характеристикам.

Решение поставленной задачи

Условия рынка самолетов и рынка авиаперевозок диктуют необходимость изменения параметров нижнего уровня:

- сезонного переоборудования модификаций в различных вариантах использования;
- унификации узлов и подборок модификаций и базового варианта и т. п. (рис. 2).

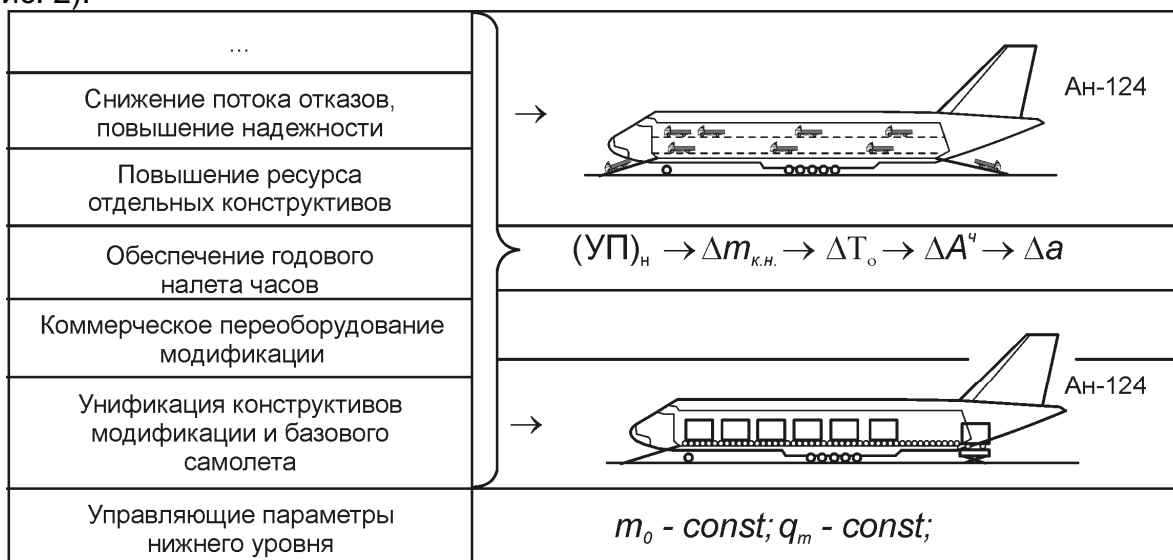


Рис. 2. Схема метода оценки целесообразности изменения параметров нижнего уровня при оценке эффективности модификаций

Модификационные изменения параметров нижнего уровня, осуществляемые в рамках уравнения существования самолета [1], приводят к необходимости изменения коммерческой нагрузки и в базовом варианте ($-\Delta m_{к.н}^{\delta}$), и в его модификациях ($-\Delta m_{к.н}^m$) (рис. 3).

С учетом баланса составляющих масс при $m_o^m = m_o^{\delta}$ перераспределение может коснуться и полезной нагрузки в целом $m_{н.н} = m_{к.н} + m_m$, что может привести к частичному увеличению и коммерческой нагрузки, и массы топлива (m_T), а значит, и изменение дальности L (рис. 3).

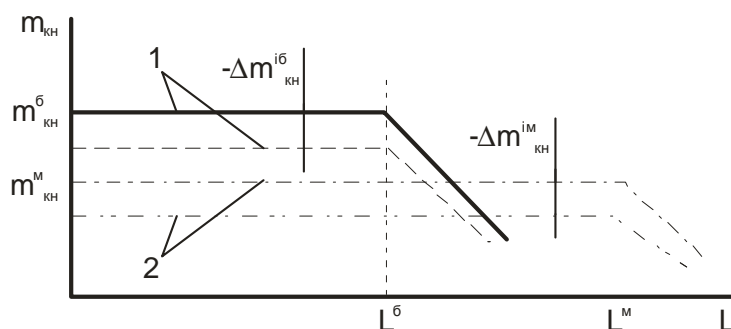


Рис. 3. Изменение величины коммерческой нагрузки ($\Delta m_{к.н}$), вызванное изменением управляющих параметров нижнего уровня: 1 – в базовом самолете; 2 – в его модификациях

Принципиальная особенность использования такого подхода состоит в том, что изменения должны быть осуществлены в условиях неизменности взлетной массы самолета $m_o^M = m_o^б$, а возникающие локальные изменения масс должны быть компенсированы только изменением массы коммерческой нагрузки $\pm \Delta m_{к.н}$.

Экономическую целесообразность осуществления таких модификаций оценим используя метод стоимостных эквивалентов по схеме: изменение управляющего параметра нижнего уровня (УП)_н → его влияние на изменения коммерческой нагрузки → необходимое количество трудозатрат → стоимостный эквивалент осуществленного решения:

$$\begin{cases} (УП)_н \rightarrow \Delta m_{к.н} \rightarrow \Delta T_o \rightarrow \Delta A^ч \rightarrow \Delta a, \\ m_o - const, \end{cases} \quad (1)$$

где $A^ч$ – стоимость самолето-часа авиаперевозок; a – себестоимость перевозки одной тонны груза на один километр; ΔT_o – изменение трудозатрат на проведение модификационного изменения.

Реализацию этого условия осуществим на основе метода стоимостных эквивалентов.

Так как Δa_i представляют собой положительные или отрицательные приращения стоимости тонно-километра перевозимого груза, то область целесообразности изменения управляющих параметров нижнего уровня предопределяется отрицательными значениями суммы Δa_i [7]:

$$\sum_{i=1}^k \Delta a_i < 0 \quad (2)$$

или

$$\Delta a_c - \Delta a_{(УП)_н} \leq 0, \quad (3)$$

где Δa_c - приращение стоимости тонно-километра самолета;

$\Delta a_{(УП)_н}$ - снижение стоимости тонно-километра, вызванное модифицируемым параметром.

В этом случае имеет место изменение себестоимости перевозки:

$$\Delta a = \Delta a_c - \Delta a_{(УП)_н}, \quad (4)$$

или

$$\Delta a = \frac{\partial a}{\partial \overline{C}} \Delta \overline{C}_c + \frac{\partial a}{\partial m_{к.н}} \Delta m_{к.н}, \quad (5)$$

где $\Delta \overline{C}_c$ - приращение стоимости самолета вследствие изменения коммерческой нагрузки $\Delta m_{к.н}$.

Выражение (5) может служить критерием эффективности использования различных решений, в том числе и целесообразности изменения управляющих параметров нижнего уровня при эксплуатации самолетов, если иметь методику получения весовых эквивалентов таких параметров, как техническое обслуживание, ремонты, переоборудование и т. п.

Процесс модификационных изменений по переоборудованию, согласно рис. 2, относится к управляющим параметрам нижнего уровня, но осуществляется уже в процессе эксплуатации самолета.

В месяцы, когда перевозки уменьшаются, пассажирские самолеты становятся нерентабельными из-за недостаточной их загрузки. В связи с этим возникает необходимость создавать модификации, конструкция которых позволила бы быстро в процессе эксплуатации переоборудовать их из пассажирского в грузовой или в пассажира-грузовой варианты.

Наиболее важным при этом остается вопрос, насколько необходимо увеличить коммерческую нагрузку, или насколько уменьшить трудозатраты на переоборудование самолета, чтобы это было экономически выгодно?

С целью упрощения решения полагаем, что для обеспечения переоборудования масса и стоимость конструкции самолета не изменятся или изменятся незначительно.

При переоборудовании самолета следует учитывать два противоречивых фактора: трудозатраты на переоборудование и увеличение коммерческой нагрузки. Увеличение коммерческой нагрузки приводит к повышению прибыли, а от увеличения трудозатрат на переоборудование уменьшается прибыль при эксплуатации самолета.

Экономическую целесообразность модификационных изменений такого рода осуществим с учетом изменения стоимости самолето-часа [8]:

$$A_n^u = A + \Delta A_{амс} + \Delta A_{ссм} - \Delta A_m, \quad (6)$$

где A – суммарные часовые расходы по исходному варианту;

$\Delta A_{амс}$, $\Delta A_{ссм}$ - изменение часовых расходов на амортизацию самолета и горючесмазочные материалы за счет увеличения массы переоборудования;

ΔA_m - изменение часовых расходов на амортизацию при использовании переоборудованной модификации.

При этом надо учесть изменения коммерческой нагрузки и часовых затрат переоборудованной модификации

$$m_{к.н} + \Delta m_{к.н} \text{ и } A_n^u + \Delta A_n^u.$$

С учетом этих условий соотношение себестоимостей вариантов можно записать в следующем виде:

$$a(A_n^u, m_{к.н}) = a'(A_n^u + \Delta A_n^u, m_{к.н} + \Delta m_{к.н}), \quad (7)$$

или

$$\frac{A_n^u}{m_{к.н} V_p} = \frac{A_n^u - \Delta A_n^u}{(m_{к.н} - \Delta m_{к.н}) V_p}, \quad (8)$$

где V_p – рейсовая скорость.

Используя взаимосвязь стоимостных параметров с трудозатратами на переоборудование [8], получим

$$\left(\frac{1,41m_n}{T_{ам}} + 3,12T_0 \right) \frac{1}{m_{к.н}} = \left[\frac{1,41m_n}{T_{ам}} + 3,12(T_0 + \Delta T_0) \right] \frac{1}{m_{к.н} + \Delta m_{к.н}}, \quad (9)$$

где T_0 – трудозатраты на переоборудование, $T_{ам}$ – амортизационный срок службы, m_n – масса переоборудования.

Из этого выражения после преобразования имеем допустимое увеличение трудозатрат на переоборудование самолета в зависимости от увеличения коммерческой нагрузки:

$$\Delta T_0 = \frac{(m_n + 2,23T_0 T_{ам}) \Delta m_{к.н}}{2,23T_{ам} m_{к.н}}, \quad (10)$$

а весовой эквивалент этого решения составит

$$\Delta m_{к.н} = \frac{2,23T_0 T_{ам}}{m_n + 2,23T_0 T_{ам}}. \quad (11)$$

Для примера на рис. 4 приведены области выгодности использования дополнительных трудозатрат на переоборудование ряда отечественных самолетов транспортной категории.

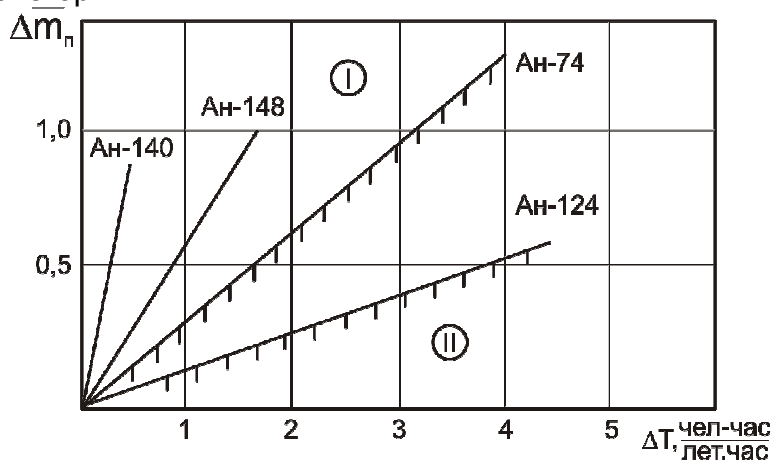


Рис. 4. Области целесообразности модификационных изменений по переоборудованию самолета: I – области выгодности, II – области нецелесообразности дополнительных трудозатрат

Очевидно, что увеличение трудозатрат на переоборудование самолетов не всегда приводит к целесообразному решению.

Выводы

1. Предложен новый метод оценки целесообразности модификационных изменений в самолетах транспортной категории по управляющим параметрам нижнего уровня, таким как унификация конструктивов, сезонное коммерческое переоборудование, повышение надежности и т. п., изменение которых не приводит к

изменению взлетной массы, но связано с увеличением трудозатрат в процессе эксплуатации.

2. Сущность метода заключается в исследовании влияния модифицируемого параметра на изменение величины коммерческой нагрузки и на величину трудозатрат, которые в данной работе преобразованы в изменение себестоимости перевозки одной тонны груза на один километр.

3. Реализация предложенного метода осуществлена по целесообразности коммерческого переоборудования таких отечественных самолетов, как Ан-140, Ан-148, Ан-74 и Ан-124, в координатах приращения массы на переоборудование в зависимости от величины трудозатрат на этот процесс при условии, что их взлетная масса остается неизменной. Установлены границы оправданных трудозатрат на коммерческое переоборудование указанных самолетов.

Список литературы

1. Шейнин, В. М. Роль модификаций в развитии авиационной техники [Текст] / В. М. Шейнин, В. М. Макаров. – М.: – 1983. – 226 с.

2. Томашевич, Д. Л. Конструкция и экономика самолета [Текст] / Д. Л. Томашевич. – М.: Оборонгиз. – 1960. – 202 с.

3. Техничко-экономическое обоснование конструкции самолетов и двигателей [Текст]: учеб. пособие по дипл. проектированию. / А. И. Бабушкин и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т». – 2000. – 51 с.

4. Бадягин, А. А. Проектирование пассажирских самолетов с учетом экономики эксплуатации [Текст] / А. А. Бадягин, Е. А. Овруцкий // . – М.: Машиностроение. – 1964. – 295 с.

5. Бабенко, Ю.В. Метод управления основными технико-экономическими параметрами самолета на этапе разработки его модификаций [Текст] / Ю. В. Бабенко // Вісті академії інженерних наук України. 3(30). – Х.: – 2006. – С. 121–125.

6. Бабенко, Ю. В. Критерий удельных затрат за жизненный цикл самолетов транспортной категории [Текст] / Ю. В. Бабенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Сб. науч. тр. – НАКУ. Вып. 14 «ХАИ». – Вып. . – Х.: 2015. – С. .

7. Арсон, Л. Д. Вариантное конструирование самолетных агрегатов / Л.Д. Арсон, В. И. Рябков, В. А. Урбанович [Текст] – учеб. Пособие. – Х.: ХАИ. – 1975. – 84 с.

8. Можаровский, Т. Т. Весовые эквиваленты конструкторских и эксплуатационных параметров [Текст] / Т. Т. Можаровский // Авиационная промышленность. – 1982. – № 11 – С. 8–11.

Поступила в редакцию 12.05.2014

Метод оцінки економічної доцільності зміни керуючих параметрів нижнього рівня в модифікаціях літаків

Запропоновано метод оцінки економічної доцільності зміни керуючих параметрів нижнього рівня, т. Е. Параметрів, модифікація яких не призводить до зміни маси літака. Суть методу: модифікація параметра нижнього рівня → його вплив на вимірювання комерційного навантаження → необхідні трудовитрати → вартісний еквівалент. Реалізація методу здійснена за параметром нижнього рівня - сезонно-му переобладнанню само-літа. Отримано взаємозалежність зміни маси, затраченої на переобладнання, і обсягу трудовитрат, на основі яких для вітчизняних літаків Ан-140, Ан-148, Ан-74 і Ан-124 отримані області доцільності модифікаційних змін подібного роду.

Ключові слова: модифікації літаків, ефективність, керуючі параметри, трудовитрати, вартісний еквівалент.

Method otsinki ekonomichnoї dotsilnosti zmini keruyuchih parametriv bottom rivnya in modifikatsiyah litakiv

Zaproponovano method otsinki ekonomichnoї dotsilnosti zmini keruyuchih parametriv bottom rivnya, t. E. Parametriv, modifikatsiya yakih not generally produces up zmini weight BBC litaka. The essence of the method: setting modifikatsiya bottom rivnya → Yogo vpliv on vimiryuv-nya komertsynogo navantazhennya → → neobhidni trudovitrati vartisny ekvivalent. Reali-zatsiya zdiysnena the method for setting the lower rivnya - Season pereobladnannyyu self-lita. Otrimano vzaemozalezhnist zmini Masi, zatrachuvanoї on pereobladnannya, i obsyagu trudovitrat on osnovi yakih for vitchiznyanih litakiv AN-140, AN-148, AN-74 AN-124 i otrimani oblasti dotsilnosti modifikatsiynih for Change podobnogo old.

Keywords: modifikatsii litakiv, effektivnist, keruyuchi parameters trudovitrati, vartisny ekvivalent.