

Критерии поддержки принятия решений в процедуре оценивания эффективности модификаций самолетов транспортной категории

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Предложено три новых критерия поддержки принятия решений при создании модификаций самолетов транспортной категории и при внесении в них модификационных изменений на основных этапах жизненного цикла: при проектировании, на этапе производства и при эксплуатации модификаций. Эти критерии позволяют сократить количество рассматриваемых вариантов проектно-производственных и эксплуатационных изменений и снизить уровень субъективности принимаемых решений, связанных с модификационными изменениями.

Ключевые слова: модификации самолетов транспортной категории, эффективность, критерии поддержки принятия решений.

Процесс создания модификаций самолетов транспортной категории получил широкое распространение как в отечественном, так и в мировом самолетостроении. При этом перед специалистами, решающими такие задачи, возникает необходимость в реализации модификации не только как физического объекта, но и представления её в виде параметров эффективности.

В существующей практике оценки эффективности принимаемых решений принято использовать частные критерии, обеспечивающие минимум затрат на каждом отдельном этапе жизненного цикла. Такой подход широко распространен. Однако, как отмечал ведущий отечественный специалист в этой области в ГП «Антонов» Ю. Г. Андриенко, «при критическом использовании существующих методов принятия решений по частным критериям выявились присущие им существенные недостатки, которые не позволяют реализовать высокие и очень разнообразные требования к разрабатываемым образцам авиационной техники без значительного усовершенствования существующих подходов. **Упомянутые недостатки возникают в том звене принятия решений, которое связано с оценкой эффективности предварительно сформированных вариантов и выбором наиболее эффективного из них.**»

Модификационные изменения, как известно [1], осуществляются в самолетах различного назначения (региональные, средне- или дальнемагистральные), а оценка эффективности производится как в абсолютных показателях (производительность, стоимость жизненного цикла), так и в сравнительной постановке, что требует единой методической базы их представления в виде впервые предлагаемых интегральных критериев поддержки принятия решений на всех этапах жизненного цикла:

– критерия удельных затрат за жизненный цикл как отношения полных затрат за жизненный цикл ко всей полезной работе, совершенной модификацией на этапе её эксплуатации;

– эквивалентов целесообразности реализации дополнительных трудозатрат, возникающих при осуществлении модификационных изменений на различных этапах жизненного цикла;

– ниши конкурентоспособности при формировании параметров коммерческих авиарейсов с учетом затрат и тарифов.

Отличительными особенностями предлагаемой критериальной структуры являются возможность и необходимость её использования на различных этапах жизненного цикла модификации (рис. 1).

Из данных, приведенных на этом рисунке, следует, что принятие решений по критерию удельных затрат необходимо осуществлять на этапе проектирования по мере получения расчетных параметров, таких, как стоимость жизненного цикла, производительность модификации и календарный ресурс, закладываемый в основные силовые элементы. Такой шаг позволит сократить количество рассматриваемых вариантов на последующих этапах.



Рис. 1. Критерии поддержки принятия решений в структуре этапов жизненного цикла модификаций

Поскольку модификационные изменения происходят в течение всего жизненного цикла, то критерий целесообразности реализации модификационных изменений с учетом трудозатрат является необходимым для этапа летных испытаний и сертификации модификаций (см. рис. 1), ибо на этом этапе важно оценить допустимую величину трудозатрат, потребных для реализации вносимых модификационных изменений.

Таким образом, для этапа проектирования модификаций необходимым является критерий поддержки принятия решений по удельным затратам за жизненный цикл:

$$\bar{C}_{ж.ц} = \frac{\text{Затраты за жизненный цикл модификации}}{\text{Полная работа на этапе эксплуатации}}. \quad (1)$$

Этот критерий в параметрическом выражении приобретает вид:

$$\bar{C}_{\text{ж.ц}} = \frac{C_{\text{ж.ц}}}{m_{\text{к.н}} \cdot L \cdot N_p}, \quad (2)$$

а стоимость жизненного цикла $C_{\text{ж.ц}}$ определяется по выражению

$$C_{\text{ж.ц}} = A_{\text{ч}} \cdot T_{\text{ч}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ч}}$ - заявленный ресурс в летных часах, а $A_{\text{ч}}$ определяется часовыми затратами на все фазы жизненного цикла:

$$A_{\text{ч}} = A_{\text{ас}} + A_{\text{ад}} + A_{\text{тос}} + A_{\text{тод}} + A_{\text{топ}} + A_{\text{з}} + B_{\text{ап}}, \quad (4)$$

где $A_{\text{ас}}, A_{\text{ад}}$ - расходы на амортизацию самолета и двигателя;

$A_{\text{тос}}, A_{\text{тод}}$ - расходы на техническое обслуживание самолета и двигателя;

$A_{\text{топ}}$ - расходы на топливо, $A_{\text{з}}$ - расходы на заработную плату экипажа;

$B_{\text{ап}}$ - косвенные (аэропортовые) расходы.

Полную работу, выполненную модификацией за жизненный цикл на этапе её эксплуатации, оценим по выражению

$$W = m_{\text{к.н}} L \cdot N_p, \quad (5)$$

где $(m_{\text{к.н}} L)$ - полезная работа, совершаемая самолетом за один рейс;

N_p - количество рейсов за жизненный цикл со средневзвешенным временем полета.

Таким образом, критерий поддержки принятия решений при реализации модификационных изменений основных параметров модификации запишем в виде выражения

$$\bar{C}_{\text{ж.ц}} = \frac{A_{\text{ч}} (A_{\text{ас}}, A_{\text{ад}}, A_{\text{тос}}, A_{\text{тод}}, A_{\text{топ}}, A_{\text{з}}, B_{\text{ап}}) \cdot T_{\text{ч}}}{m_{\text{к.н}} L \cdot N_p}. \quad (6)$$

Критерий (6) следует отнести к интегральной группе. Его размерность [грн (дол.)/кг·км/рейс] полностью подтверждает его интегральность, поскольку в него вошли величина коммерческой нагрузки ($m_{\text{к.н}}$), дальность её перевозки (L), т. е. основной отличительный признак модификации (её рейсовая производительность), и заявленный ресурс $T_{\text{ч}}$.

В течение жизненного цикла происходят модификационные изменения (УП)_н, которые не приводят к увеличению стартовой массы самолета, а осуществляется улучшение одних параметров за счет других, что сопровождается увеличением трудозатрат (ΔT_o) на реализацию таких процессов и приводит к изменению стоимостных показателей: самолето-часа ($A_{\text{ч}}$) и себестоимости авиаперевозок (a).

С учетом таких обстоятельств возникает необходимость в разработке моделей типа:

$$a', A'_{\text{ч}} = f(\Delta m_{\text{к.н}}, \Delta T_o). \quad (7)$$

Естественно, что стоимость авиаперевозок (a') и стоимость самолето-часа ($A'_{\text{ч}}$) после таких модификационных изменений в существенной мере зависят от

соотношения параметров правой части выражения (7) – $\frac{\Delta m_{\text{к.н}}}{\Delta T_o}$ при $\Delta m_{\text{к.н}} \neq 0$ и

$\Delta T_o \neq 0$.

На рис. 2 приведена схема получения эквивалентов целесообразности модификационных изменений параметров такого уровня. К модификационным изменениям этого уровня (УП)_н отнесены:

- унификация конструктивов модификации и базового самолета;
- коммерческое переоборудование самолета под сезонные авиаперевозки;
- снижение потока отказов и повышение надежности модифицированной конструкции и т. п.

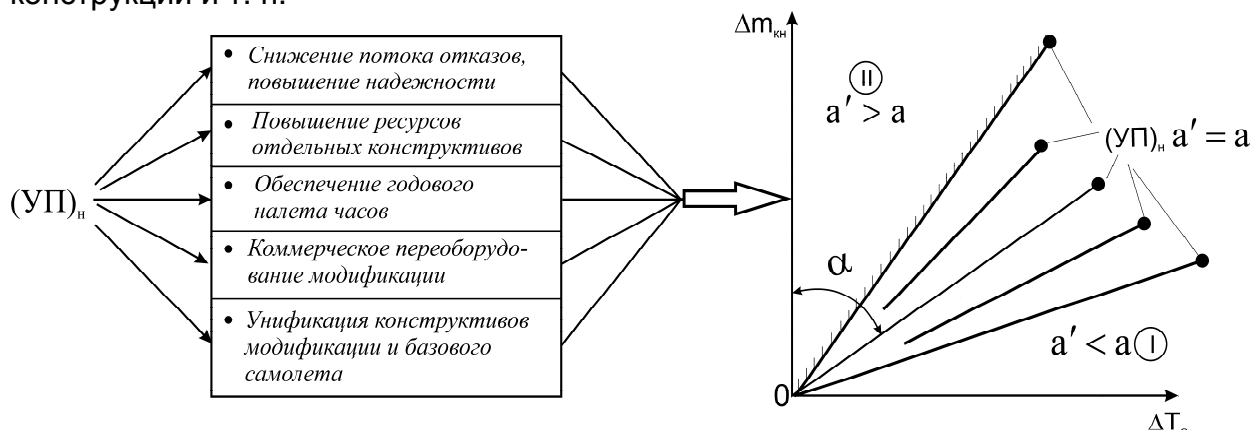


Рис. 2. Графическое представление областей целесообразности модификационных изменений по условию $\Delta m_{кн} (\Delta T_o)$:

ΔT_o – дополнительные трудозатраты; $\Delta m_{кн}$ – изменение коммерческой нагрузки; a, a' – себестоимости авиаперевозок 1 т груза на 1 км пути до и после изменений (УП)_н

При этом все модификационные изменения признаются целесообразными в экономическом отношении, если они приводят к снижению стоимости самолето-часа

$$\Delta A_{ч} = \Delta a \cdot m_{кн} \cdot V_{рейс} \quad (8)$$

или стоимости жизненного цикла

$$C_{ж.ц} = a' \cdot m_{кн} \cdot V_{рейс} \cdot V_{г} \cdot T_{г}, \quad (9)$$

где $V_{рейс}$ – рейсовая скорость; $V_{г}$ – годовой налет в часах; $T_{г}$ – календарный ресурс.

Таким образом, целесообразность модификационных изменений такого рода определяется углом наклона α зависимости $\Delta m_{кн} (\Delta T_o)$:

$$\arctg \alpha \rightarrow \max, \quad (10)$$

который, в свою очередь, предопределяет критерии поддержки принятия решений в виде эквивалентов:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta m_{кн}, \Delta T_o, \end{array} \right\} \rightarrow \frac{\Delta m_{кн}}{\Delta T_o} (a' \leq a) \rightarrow I - \text{целесообразно изменить}, \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{ж.ц} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{\Delta m_{кн}}{\Delta T_o} (a' > a) \rightarrow II - \text{нецелесообразно изменять}, \quad (12)$$

где a и a' – себестоимости авиаперевозок до и после модификационных изменений (рис. 3).

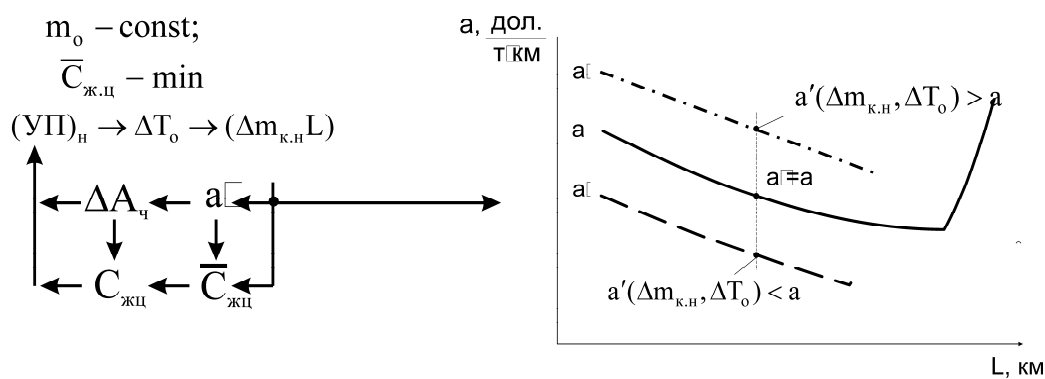


Рис. 3. Схема влияния основных параметров на изменение себестоимости авиаперевозок a (дол./т·км) базового варианта и дополнительных трудозатрат (ΔT_0) на a' (дол./т·км) при изменении УП_H

Специфика критериев (11) и (12) заключается в том, что решение принимается по отношению к $\Delta m_{\text{к.н}}$ и ΔT_0 , т. е. по тем параметрам, на которые проектировщик может оказать решающее влияние в условиях ($a' > a$) и тем самым экономически обосновать эффективность принимаемых решений.

Кроме того, знак «больше/меньше» определяет области возможных решений, а значит, эти эквиваленты пригодны для оценки эффективности изменения параметров независимо от их категории и для самолетов различного назначения.

Реализация критериев (11) и (12) связана с конкретными модификационными изменениями и для конкретных самолетов с различными величинами трудозатрат (ΔT_0) и коммерческой нагрузки ($\Delta m_{\text{к.н}}$). Поэтому эквиваленты эффективности должны быть разработаны для каждого конкретного типа самолета и условий его производства.

Предложенные критерии поддержки принятия решений адаптированы и опробированы при оценке эффективности модификаций региональных пассажирских самолетов и модификаций тяжелого транспортного самолета [2]. В этих авторских работах показана не только эффективность уже созданных модификаций, но и пути выбора основных параметров, обеспечивающих высокую эффективность возможных модификаций конкретных самолетов. При этом максимально сокращена субъективность принимаемых решений.

Выводы

Для процедуры оценивания эффективности модификационных изменений в самолетах транспортной категории впервые предложены три новых критерия поддержки принятия решений:

- для этапа разработки модификаций – критерий удельных затрат за жизненный цикл ($\bar{C}_{\text{ж.ц}}$) как отношение всех видов затрат ко всей полезной работе, выполненной модификацией на этапе её эксплуатации;
- для производства и доработок модификаций – критерий целесообразности модификационных изменений с учетом трудозатрат на их реализацию

$$\left(\frac{\Delta m_{\text{к.н}}}{\Delta T_0} (a' \leq a) \right);$$

• для этапа эксплуатации модификаций самолетов транспортной категории – методика информационного представления коммерческих рейсов модификаций в виде «ниши» конкурентоспособности.

Использование такого набора критериев применительно к модификационным изменениям в отечественных самолетах транспортной категории [2] показало, что их применение существенно сокращает варианты рассматриваемых модификационных изменений и снижает уровень субъективности при их реализации.

Список литературы

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

2. Бабенко, Ю. В. Формирование тарифов на авиаперевозки с учетом удельных затрат за жизненный цикл модификаций тяжелого транспортного самолета [Текст] / Ю. В. Бабенко // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: 2015. – Вып. 10(127). – С. 124 – 128.

Поступила в редакцию 21.03.2017

Критерії підтримки прийняття рішень у процедурі оцінювання ефективності модифікацій літаків транспортної категорії

Запропоновано три нових критерію підтримки прийняття рішень при створенні модифікацій літаків транспортної категорії і при внесенні в них модифікаційних змін на основних етапах життєвого циклу: при проектуванні, на етапі виробництва і при експлуатації модифікацій. Ці критерії дозволяють скоротити кількість розглянутих варіантів проектно-виробничих і експлуатаційних змін і знизити рівень суб'єктивності прийнятих рішень, пов'язаних з модифікаційними змінами.

Ключові слова: модифікації літаків транспортної категорії, ефективність, критерії підтримки прийняття рішень.

Criteria for Decision Support in the Process of Evaluating the Effectiveness of Modifications to Transport Category Airplanes

The proposed three new criteria decision support for mod transport category airplanes and after modifications at key stages in the life cycle: during design, during manufacturing and during operation modifications. These criteria reduce the number of considered variants of design, production and operational changes and to reduce the level of subjectivity of the decisions related to modification changes.

Key words: modification of transport category airplanes, efficiency, criteria for decision support.