

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОИМОСТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАЦИЙ ТЯЖЕЛОГО ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА

Рынок авиаперевозок на тяжелых транспортных самолетах типа Ан-124, С-5 и Boeing 747 в последнее время значительно расширился. Это связано с необходимостью перемещения на большие расстояния крупногабаритных объектов большой сосредоточенной массы [1].

Самолеты Ан-124, С-5 и Boeing 747 созданы уже несколько десятилетий назад, успешно эксплуатируются на авиатрассах большой протяженности и экономически во многом себя оправдали.

Однако с течением времени на базовых самолетах морально устарело бортовое оборудование, двигатели этих самолетов требуют замены, да и эксплуатационные расходы (рис. 1) остаются на достаточно высоком уровне. Очевидно, что по эксплуатационным расходам, приходящимся на 1 час полета, отечественный самолет Ан-124 уступает западным конкурентам, в особенности самолету Boeing 747 [2].

Для обеспечения конкурентоспособности самолета Ан-124 важно определиться и с его стоимостью на рынке самолетов. Существуют две методики определения цены: с использованием украинских коэффициентов (УК) и коэффициентов США (АК). При использовании УК цена отечественного самолета становится завышенной, что не способствует его продаже.

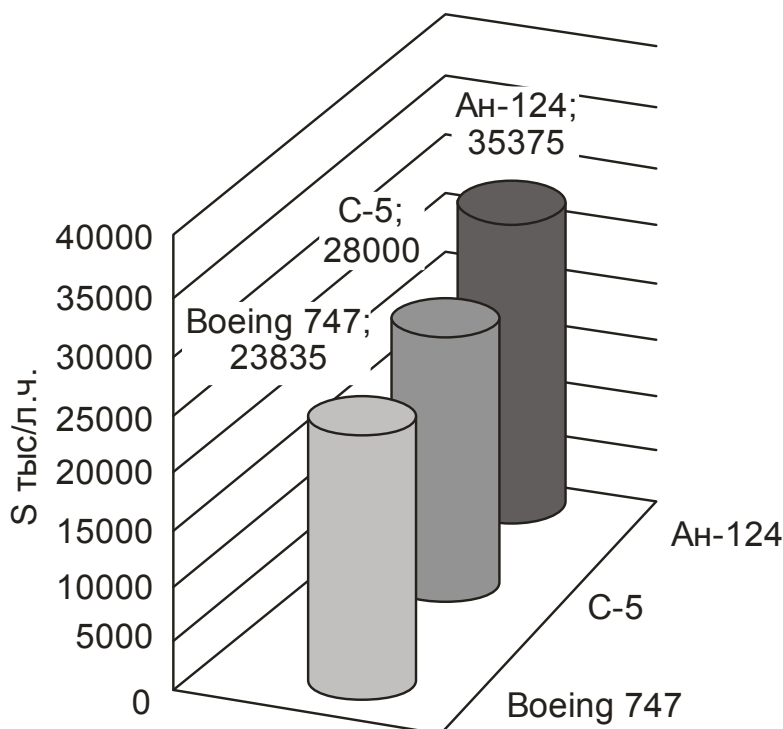


Рисунок 1 – Эксплуатационные расходы, приходящиеся на 1 час полета [2]

Добиться изменения сложившейся ситуации представляется возможным путем разработки и реализации модификаций. При этом следует иметь в виду, что разработка модификаций такого типа самолета имеет свои особенности:

- масса коммерческой нагрузки, перевозимой модификациями самолетов этого типа, может изменяться в разы;
- дальность полетов превышает 10 тыс. км, а продолжительность доходит до 16 часов, что сказывается на массе их топлива;
- самолеты этого типа ограничены в аэродромах базирования, т. е. длиной ВПП аэродромов классов А и Б:

$$L_{впп}^M \approx L_{впп}^Б, \quad (1)$$

а это означает, что увеличение коммерческой нагрузки или массы топлива для рейсов большой протяженности не должно приводить к увеличению потребной длины ВПП, большей, чем у базового варианта.

### Постановка задачи

Учитывая ограничения на летно-технические параметры, свойственные тяжелым транспортным самолетам, разработать методику оценки эффективности их модификаций по интегральным стоимостным показателям – стоимости жизненного цикла и критерию удельных затрат за жизненный цикл [4, 5].

### Решение поставленной задачи

Исходя из условия (1) и уравнения весового существования [3] для трех модификаций самолета Ан-124 определены такие основные параметры: взлетная масса, коммерческая нагрузка, дальность перемещения коммерческой нагрузки, полное время полета, производительность за один рейс и часовая производительность (табл. 1). При этом в каждой из модификаций с  $m_0 = 355, 385$  и  $392$  т коммерческая нагрузка изменялась от 20 до 150 т с соответствующим изменением дальности её перевозки  $L$ .

Из данных, представленных в табл. 1, можно прийти к заключению, что часовая производительность с ростом взлетной массы самолета в диапазоне коммерческой нагрузки от 20 до 120 тонн возрастает мало. Максимум часовой производительности рассматриваемых модификаций по параметру коммерческой нагрузки находятся при  $m_{к.н} > 120$  т. При этом с ростом взлетной массы абсолютный максимум часовой производительности также смещается в область больших значений  $m_{к.н}$ .

Рейсовая же производительность с ростом дальности сначала возрастает, достигает своего максимума при коммерческой нагрузке, равной примерно половине её максимального значения, а потом снижается.

При оценке стоимостных характеристик весьма важно зафиксировать исходные параметры для оценочных расчетов. Технические параметры рассматриваемых модификаций приведены в табл. 1, а их абсолютную стоимость находили по методике, изложенной в работе [6].

Таблица 1 – Параметры производительности модификаций  
( $m_{взл} = 355, 385$  и  $392$  т) тяжелого транспортного самолета

1	Взлетная масса модификации $m_{взл}, Т$	355					
2	Коммерческая нагрузка $m_{к.н}, Т$	20	50	80	100	120	150
3	Расстояние перелета $L, км$	10611	7979	5503	4011	2559	725
4	Полное время полета $t, ч$	14,5	10,77	7,67	5,8	4,0	1,71
5	Производительность рейса $W_p \cdot 10^{-3}, Т \cdot км$	212,82	398,95	440,24	401,1	307,08	108,75
6	Производительность часа $W, Т \cdot км/ч$	15105	37043	57398	69155	76770	63596
1	Взлетная масса модификации $m_{взл}, Т$	385					
2	Коммерческая нагрузка $m_{к.н}, Т$	20	50	80	100	120	150
3	Расстояние перелета $L, км$	12243	9611	7135	5643	4183	2364
4	Полное время полета $t, ч$	16,11	12,83	9,73	7,86	6,05	3,78
5	Производительность рейса $W_p \cdot 10^{-3}, Т \cdot км$	244,8	480,55	570,8	564,3	501,96	354,6
6	Производительность часа $W, Т \cdot км/ч$	15199	37455	58664	71794	82969	93810
1	Взлетная масса модификации $m_{взл}, Т$	392					
2	Коммерческая нагрузка $m_{к.н}, Т$	20	50	80	100	120	150
3	Расстояние перелета $L, км$	12587	9955	7479	5987	4530	2707
4	Полное время полета $t, ч$	16,55	13,27	10,17	8,3	6,49	4,22
5	Производительность рейса $W_p \cdot 10^{-3}, Т \cdot км$	251,74	497,75	598,32	598,7	543,6	405,9
6	Производительность часа $W, Т \cdot км/ч$		37509	59832	72133	83760	96185

Общие значения исходных параметров приведены в табл. 2. При этом стоимость двигателя была принята одинаково равной – 7 млн. дол.

Таблица 2 – Исходные параметры модификаций тяжелого транспортного самолета

Взлетная масса модификаций $m_o$ , т	Коммерческая нагрузка во всех модификациях $m_{к.н}$ , т	Дальность полета, км	Стоимость модификации, млн. дол.
355	150	725	150
	120	2560	
385	100	5640	175
	80	7130	
392	50	9955	200
	20	12590	

Стоимость летного часа обозначенных выше модификаций определяли по укрупненным статьям затрат на амортизацию, страхование, зарплату, капитальный ремонт и техническое обслуживание, а также на топливо и таможенные сборы по выражению [6]

$$A^ч = A_{ам} + A_{стп} + A_{т.о} + A_{т.с} + A_{топ} + A_{зп}, \quad (2)$$

где  $A^ч$  – часовые расходы на модификацию в целом;  $A_{ам}$  – амортизационные отчисления;  $A_{стп}$  – страховой сбор;  $A_{т.о}$  – затраты на техническое обслуживание планера и двигателей;  $A_{т.с}$  – таможенные сборы;  $A_{топ}$  – часовые расходы на топливо;  $A_{зп}$  – часовая зарплата летного состава.

Затраты на лётный час послужили основой и для определения интегральных стоимостных характеристик рассматриваемых модификаций [4, 5]:

– стоимости жизненного цикла

$$C_{ж.ц} = A^ч(m_{к.н} \cdot L) T_ч \quad (3)$$

или

$$C_{ж.ц} = A^ч(m_{к.н} \cdot L) B_2 T_2; \quad (4)$$

– критерия удельных затрат за жизненный цикл

$$\bar{C}_{ж.ц} = \frac{C_{ж.ц}}{m_{к.н} \cdot L \cdot N_p} \left[ \frac{\text{дол.}}{т \cdot км \cdot \text{рейс}} \right],$$

где  $N_p$  – полное число рейсов за весь жизненный цикл;  $m_{к.н}$  – коммерческая нагрузка, кг;  $L$  – дальность коммерческого рейса, км;  $B_2$  – годовой налет часов, ч/год;  $T_2$  – календарный ресурс, год.

Этот интегральный критерий отражает все основные стоимостные и транспортные характеристики самолета и позволяет сравнить моди-

фикации не только с базовым вариантом, но и самолетов различного типа между собой.

Результаты оценки рассматриваемых модификаций по интегральным стоимостным показателям приведены на рис. 2.

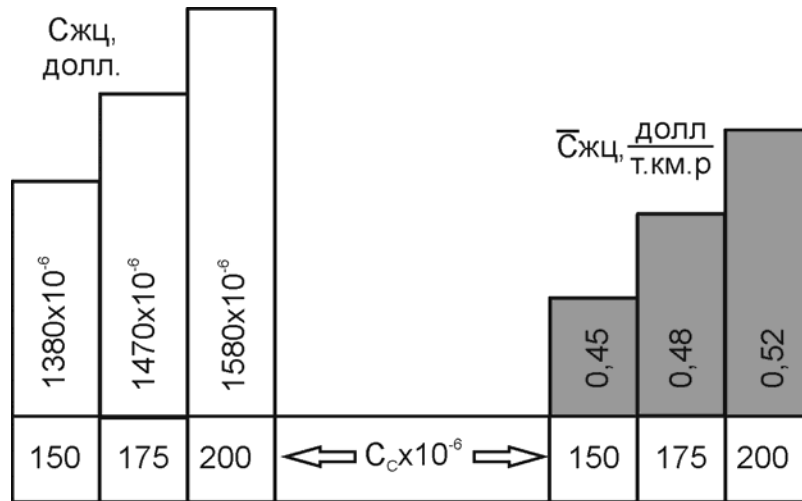


Рисунок 2 – Интегральные стоимостные показатели модификаций тяжелого транспортного самолета

Отличительной особенностью тяжелых транспортных самолетов, как уже отмечалось, является большая продолжительность их коммерческих рейсов – до 16 часов (см. табл. 1). С учетом этого фактора существенно изменяется стоимость рейса

$$A^p = a \cdot k_3 \cdot m_{к.н} \cdot V_{рейс} \cdot t_{рейс}, \quad (5)$$

где  $a$  – себестоимость перевозки одной тонны груза на один километр [5];  $k_3$  – коэффициент загрузки самолета;  $V_{рейс}$  – рейсовая скорость;  $t_{рейс}$  – продолжительность рейса.

На основе выражения (5) на рис. 3 приведены информационные данные по стоимости рейсов и часовых затрат для модификации со взлетной массой 150 т и критерием удельных затрат за жизненный цикл  $\bar{C}_{ж.ц} = 0,45$  дол./т·км·р.

Как видим, разработка модификации и учет всех факторов при формировании рейсов позволяют установить часовые тарифы более низкие, чем у самолета В-747, т. е. обеспечить полную конкурентоспособность отечественного транспортного самолета на мировых рынках авиаперевозок.

Кроме того, при сравнении стоимостных показателей и базового самолета Ан-124, и его модификаций следует постоянно иметь в виду, что они остаются непревзойденными по величине коммерческой нагрузки и перевозки её на заданную дальность, т. е. по рейсовой производительности.

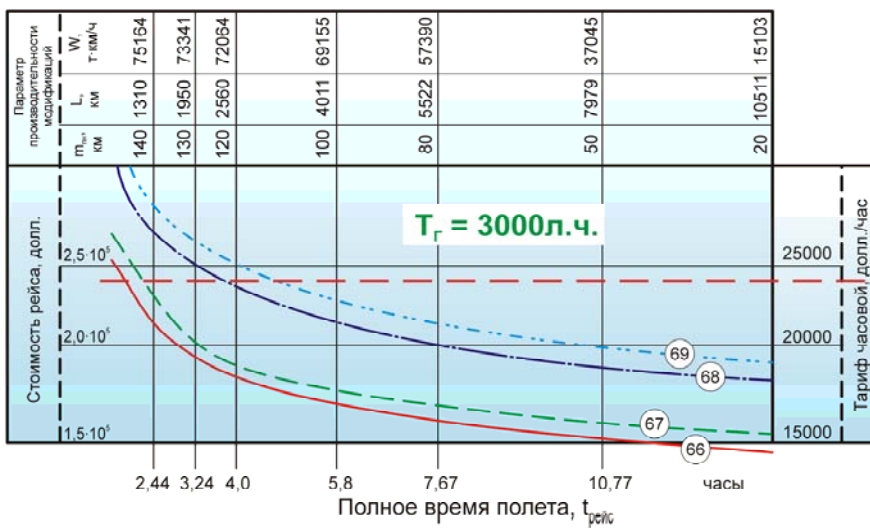
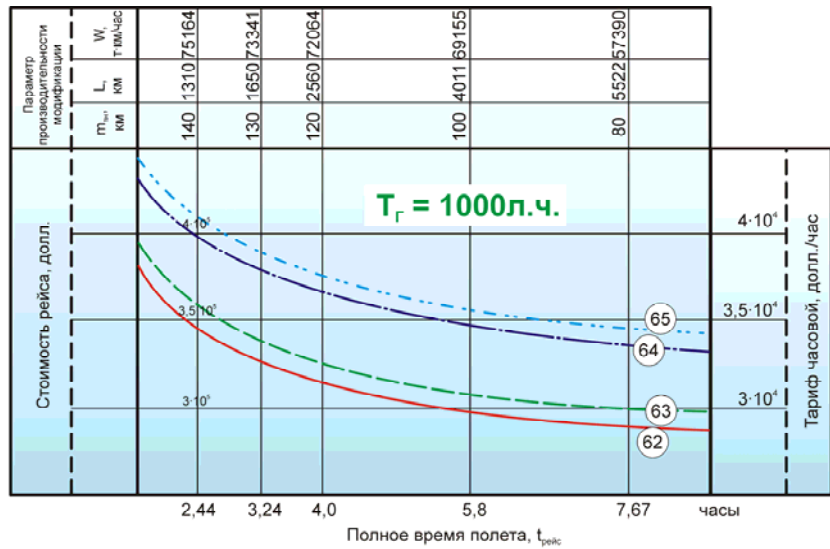
**СТОИМОСТЬ САМОЛЕТО-ЧАСА  
АВИАПЕРЕВОЗОК**

$$A^c = a \cdot k_3 \cdot m_{к.н} \cdot V_{рейс}$$

**СТОИМОСТЬ РЕЙСА**

$$A^p = a \cdot k_3 \cdot m_{к.н} \cdot V_{рейс} \cdot t_{рейс}$$

Годовой налет часов -  $T_r$



**СРАВНИТЕЛЬНАЯ  
ОЦЕНКА**

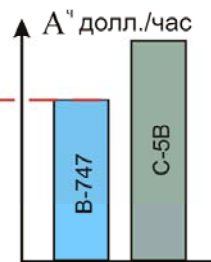


Рисунок 3 – Информационная поддержка при формировании стоимости рейсов и часовых тарифов модификации со взлетной массой 355 т:

а – при налете 1000 ч; б – при налете 3000 ч в год в течение 16 лет

**Выводы**

1. В работе проведена оценка эффективности трех возможных модификаций тяжелого транспортного самолета (типа Ан-124) с взлетными массами 355, 385 и 392 т и соответствующими стоимостями в 150, 175 и 200 млн долларов с использованием интегральных стоимостных показателей, таких, как стоимость жизненного цикла и критерий удельных затрат за жизненный цикл.

2. Оценка эффективности выполнена при изменении коммерческой нагрузки от 20 до 150 т и при соблюдении условий базирования модификаций на аэродромах классов А и В. Установлено, что наибольшей работоспособностью модификации этого самолета обладают на линиях протяженностью примерно 6000 км, временем полета 6 часов и при ком-

мерческой нагрузке, равной примерно половине ее максимального значения.

3. Оценка экономической эффективности модификаций тяжелого транспортного самолета осуществлена как по уже известным частным стоимостным показателям, таким как стоимость одного летного часа, которая для рассматриваемых модификаций колеблется в пределах от  $1,5 \cdot 10^5$  до  $4,5 \cdot 10^5$  долларов за час полета в зависимости от годового налета часов и характеристики рейсов, и себестоимость перевозки одной тонны груза на один километр, так и по вновь введенным интегральным показателям их стоимостной эффективности.

4. В качестве интегральных показателей экономической эффективности использованы:

– стоимость жизненного цикла ( $C_{ж.ц}$ );

– критерий удельных затрат за жизненный цикл ( $\bar{C}_{ж.ц}$ ).

Показано, что величина стоимости жизненного цикла ( $C_{ж.ц} = 1380 \dots 1580 \cdot 10^6$  дол.) модификаций во много раз превышает стоимость самих модификаций ( $C_c = 150 \dots 200 \cdot 10^6$  дол.), что является определяющим для рынка самолетов.

Для оценки эффективности рассматриваемых модификаций на рынке авиаперевозок получены значения удельных затрат за жизненный цикл, изменяющиеся в пределах 0,45...0,52 дол./т·км·р, что позволяет этим модификациям конкурировать с самолетом В-747.

5. Приведенная информация будет способствовать привлечению инноваций в разработку модификаций самолета Ан-124-100.

#### **Список использованных источников**

1. Толмачев, В. И. Анализ и синтез характеристик тяжелых транспортных самолетов в процессе создания [Текст] / В. И. Толмачев // Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Х.: ХАИ, 1990. – 68 с.

2. Кривов, Г. А. Мировая авиация на рубеже столетий. Промышленность, рынки [Текст] / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Л. Ф. Афанасьева. – К.: КВЦ, 2003. – 295 с.

3. Principles of designing of airplanes with gas turbine engines / P. V. Balabuyev, S. A. Bichkov, A. G. Grebenikov, V. N. Zjeldochenko, A. A. Kobilyanskiy, A. K. Myalitsa, V. I. Ryabkov, T. P. Tseplyaeva // Study Guide. – Kharkov National Aerospace University «Kharkov Aviation Institute». – 2013. – 731 p.

4. Бабенко, Ю. В. Метод оценки стоимости жизненного цикла модификаций самолетов транспортной категории [Текст] / Ю. В. Бабенко // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов.: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ» – Х. 2015. – Вып. 2/82.

– С. 53 – 58.

5. Бабенко, Ю. В. Критерий удельных затрат за жизненный цикл самолетов транспортной категории [Текст] / Ю. В. Бабенко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х. 2015. – Вып. 67. – С. 157 – 164.

6. Бабенко, Ю. В. Методики оценки экономической эффективности в процессе эксплуатации самолетных конструкций [Текст] / Ю. В. Бабенко, Н. Н. Бычкова // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов.: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ». – Х. 2004. – Вып. 39(4). – С. 123 – 129.

*Поступила в редакцию 07.07.2015.*

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