

УДК 629.138.6.001.12

Ю. В. БАБЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского “ХАИ”*

## ФОРМИРОВАНИЕ ТАРИФОВ НА АВИАПЕРЕВОЗКИ С УЧЕТОМ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЗА ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ МОДИФИКАЦИЙ ТЯЖЕЛОГО ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА

*Рассмотрен подход к формированию тарифов на авиаперевозки с помощью модификаций тяжелого транспортного самолета. Отличительная особенность подхода: он базируется на интегральных стоимостных показателях эффективности модификаций и на оценке стоимостных характеристик рейсов с учетом изменения производительности модификации, продолжительности рейсов и общегодового налета часов. На примере одной из модификаций показано, что величина тарифов изменяется в пределах  $15 \cdot 10^3 \dots 25 \cdot 10^3$  долл/ч в зависимости от структурных составляющих рейса, что и является показателем конкурентоспособности модификации.*

**Ключевые слова:** тяжелые транспортные самолеты, модификации, тарифы на авиаперевозки.

### Введение

Авиаперевозки объектов большой сосредоточенной массы на большие расстояния существенно возросли.

Для этих целей в мире есть немного тяжелых транспортных самолетов типа Ан-124, С-5 и Boeing 747, которые способны решать такие задачи. Они эксплуатируются давно и во многом себя оправдали [1-3].

Однако с учетом времени эксплуатации устарело их бортовое оборудование, требуют замены двигателя, что существенно сдерживает снижение тарифов на авиаперевозки с помощью этих самолетов.

Для удовлетворения современным требованиям на авиаперевозки требуется разработка на их основе модификаций, соответствующих этим требованиям [4].

В работе [5] для повышения конкурентоспособности отечественного самолета Ан-124 предложены три его возможные модификации, технические параметры (табл. 1) которых определены из условия того, что модификации могут перевозить коммерческую нагрузку  $m_{к.н} = 20 \dots 150$  т на расстояния, соответствующие полному запасу топлива, а также условия равенства потребных длин взлетно-посадочной полосы базовому варианту

$$L_{впп}^M \leq L_{впп}^0 \quad (1)$$

Таблица 1

Параметры производительности модификаций тяжелого транспортного самолета

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

Максимум часовой производительности рассматриваемых модификаций по параметру коммерческой нагрузки находится при  $m_{к.н} > 120$  т.

По подходам, изложенным в работе [4], для каждой модификации определена их стоимость как самолетов, а наиболее общие параметры приведены в табл. 2.

Стоимость летного часа обозначенных выше модификаций производилась по укрупненным статьям затрат на амортизацию, страхование, зарплату, капремонт и техническое обслуживание, а также на топливо и таможенные сборы, т.е. по выражению [5]

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

где  $A^ч$  – часовые расходы на модификацию в целом;

$A_{ам}$  – амортизационные отчисления;

$A_{стр}$  – 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 летный час послужили основой и для определения интегральных стоимостных характеристик рассматриваемых модификаций [5]:

– стоимость жизненного цикла

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

или

$$C_{ж.ц} = A^ч(m_{к.н} \cdot L)V_T T_r, \quad (4)$$

– критерий удельных затрат за жизненный цикл

$$\bar{C}_{ж.ц} = \frac{C_{ж.ц}}{m_{к.н} \cdot L \cdot N_p} \left[ \frac{\text{долл}}{\text{т} \cdot \text{км} \cdot \text{рейс}} \right], \quad (5)$$

где  $N_p$  – полное число рейса за весь жизненный цикл;

$m_{к.н}$  – коммерческая нагрузка, кг;

$L$  – дальность коммерческого рейса, км;

$V_T$  – годовой налет часов, ч/год;

$T_r$  – календарный ресурс, год.

Этот интегральный критерий отражает в себе все основные стоимостные и транспортные характеристики самолета, и позволяет сравнить не только

модификации с базовым вариантом, но и модификации самолетов различного типа между собой.

Результаты оценки рассматриваемых модификаций по интегральным стоимостным показателям приведены на рис. 1.

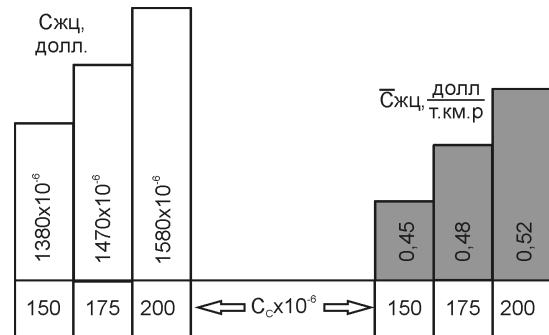


Рис. 1. Интегральные стоимостные показатели модификаций тяжелого транспортного самолета

При сравнении стоимостных показателей, 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.

Кроме того, следует иметь в виду, что стоимостные характеристики самолетов этого класса существенно зависят от структуры рейсов, поскольку и величина коммерческой нагрузки, и дальность её перевозки от рейса к рейсу могут изменяться в разы (табл. 1).

В этом случае затраты на рейс ( $A_p$ ) определяются выражением

$$A_p = A^ч \cdot t_{рейс}, \quad (6)$$

где  $t_{рейс}$  – продолжительность рейса в часах, определяется из соотношения

$$t_{рейс} = \frac{L}{V_{рейс}}, \quad (7)$$

где  $V_{рейс}$  – рейсовая скорость.

При решении задачи определения стоимости рейсов и часовых тарифов необходимо учитывать не только всю сумму затрат, но и планировать доход, который по методике АЕА

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	

$$D = 0,053 \frac{1,10C_c + 0,2C_d n}{N} \quad (8)$$

Расчеты по выражению (8) показывают, что стоимость модификаций (150, 175, 200 млн. долл.) оказывает влияние на величину  $D$ . Так, например, при среднегодовом налете в 3000 часов величина дохода при эксплуатации модификации стоимостью в 200 млн. долл. возрастает почти на 30 %.

Таким образом, получены необходимые предпосылки для достижения поставленной цели, т.е. определению стоимости рейса и формированию часовых тарифов модификаций тяжелого транспортного самолета.

Решение такой задачи осуществим на примере одной из рассматриваемых модификаций, как наиболее эффективной по интегральным показателям  $C_{ж.ц}$  и  $\bar{C}_{ж.ц}$ , при ее эксплуатации в течение 16 лет с годовым налетом в 1000 и 3000 часов.

Для условных рейсов (табл. 3) определим такой важный экономический показатель, как стоимость одного рейса и сформулируем тарифы для каждого из рейсов (рис. 2).

Нетрудно заметить, что наибольшей работоспособностью этот вариант модификации обладает на линиях с протяженностью примерно 6000 км и временем полета 8 часов. Для таких трасс стоимость рейса и часовой тариф еще не достигают минимального значения. При этом также следует иметь в виду, что такая модификация способна реализовать

максимальную работоспособность лишь при величине коммерческой нагрузки, равной примерно половине ее максимального значения.

Следует также отметить, что увеличение годового налета рассматриваемой модификации с 1000 до 3000 часов приводит к снижению стоимости рейсов и тарифов почти в 2 раза.

Такие и подобные им соображения неизбежно возникают, и должны (и могут быть) учтены в оценке стоимостей рейсового часа и рейсового тарифа.

Таким образом, приведенные на рис. 2 номограммы и им подобные позволяют еще на этапе разработки модификаций тяжелого транспортного самолета не только количественно оценить стоимость рейса и часовые тарифы, но и путем изменения модифицируемых параметров (на этапе разработки проекта) существенно повлиять на их величину.

## Выводы

1. В работе приведены транспортные и стоимостные характеристики трех возможных модификаций тяжелого транспортного самолета со взлетными массами 355, 385 и 392 тонны, и стоимостью самолета в 150, 175 и 200 млн. долларов. Выявлено, что для рынка самолетов и рынка авиаперевозок наиболее конкурентоспособной является модификация с  $m_{взл} = 355$  т и стоимостью самолета  $C_c = 150$  млн. дол., поскольку стоимость её жизненного цикла минимальна ( $C_{ж.ц} = 1380 \cdot 10^6$  дол), минимален и критерий удельных затрат за жизненный цикл ( $\bar{C}_{ж.ц} = 0,45$  дол/т·км·р).

Таблица 3

Стоимостная структура условных рейсов 62 ÷ 69 при  $C_c = 150$  млн. дол. и годовом налете 1000 и 3000 часов

Номера условных рейсов	Затраты и доходы	
62		1000
63	62+ зарплата 2-х дополнительных членов экипажа	
64	62+ дополнительные затраты на топливо по 700 долл/т	
65	64+ зарплата 2-х дополнительных членов экипажа	
66		
67	66+ зарплата 2-х дополнительных членов экипажа	
68	62+ дополнительные затраты на топливо по 700 долл/т	
69	68+ зарплата 2-х дополнительных членов экипажа	

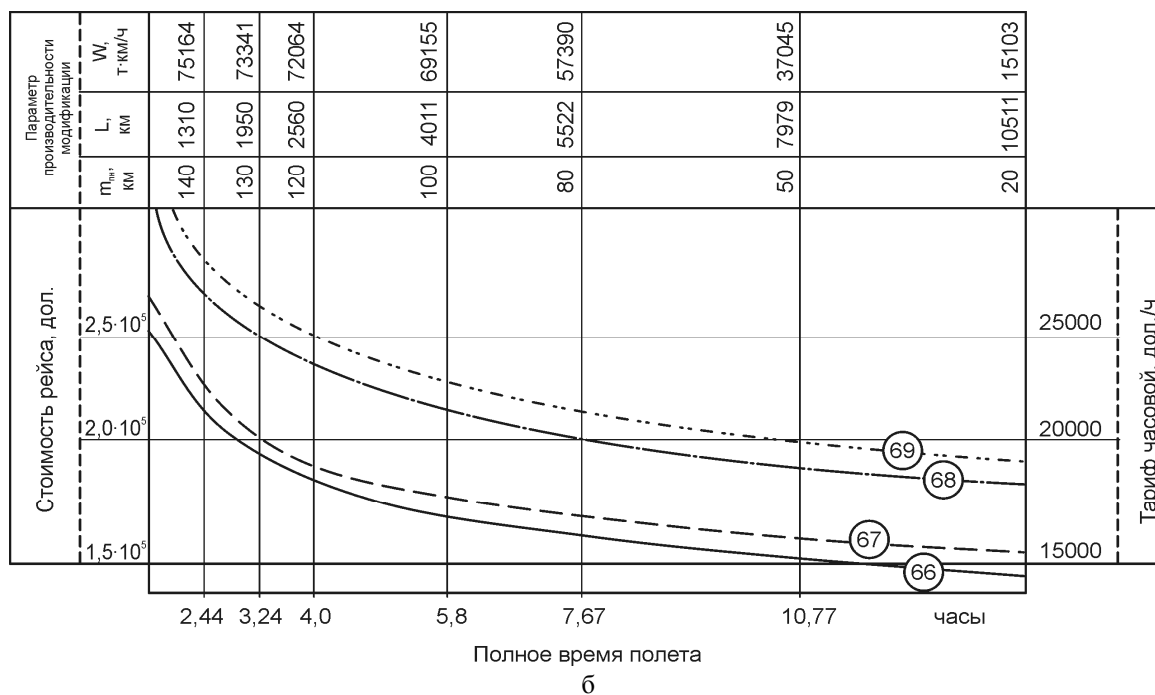
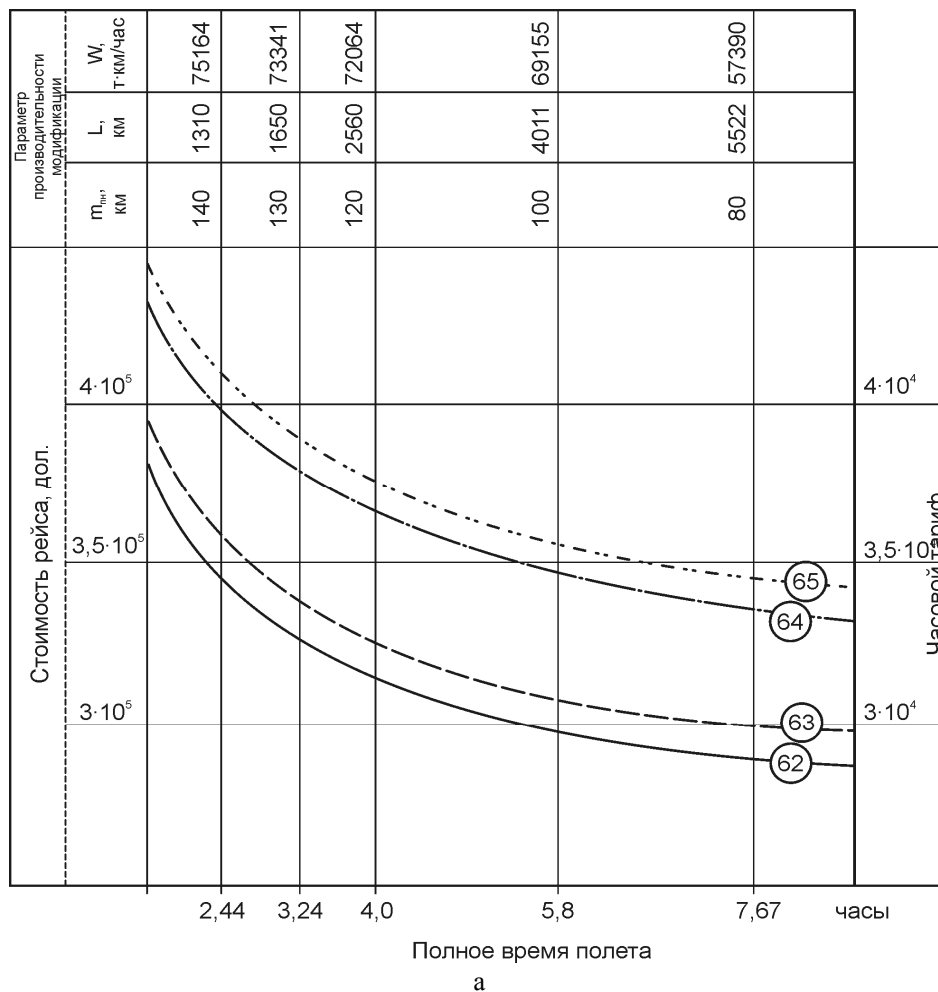


Рис. 2. Номограммы формирования стоимости рейсов и часовых тарифов модификации со стоимостью самолета в 150 млн. долл.: а – при налете 1000 часов в год; б – при налете 3000 часов за год в течение 16 лет

2. Показано, что стоимостные характеристики модификаций рассматриваемого типа зависят не только от исходных параметров их проектирования, но и от структуры рейсов, поскольку величины  $m_{к.н.}$ ,  $L$  и  $t_{рейс}$  от рейса к рейсу меняются в разы. С учетом таких обстоятельств исследовано изменение стоимости условных рейсов. Установлено, что затраты на рейс также меняются в разы в зависимости от рейсовой производительности модификации и времени коммерческого рейса.

3. В стоимостных характеристиках рейса предложено также учитывать доход эксплуатирующей авиакомпании, что в сумме с себестоимостью рейса позволило сформировать тарифы на авиаперевозки с помощью таких модификаций с учетом годового налета часов, которые колеблются в размерах от  $15 \cdot 10^3$  до  $25 \cdot 10^3$  дол. за час в зависимости от параметров рейса модификации, что позволяет судить о конкурентоспособности рассматриваемых модификаций на рынке авиаперевозок.

## Литература

1. Толмачев, В. И. Анализ и синтез массовых характеристик тяжелых транспортных самолетов в процессе создания [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Толмачев. – Х., 1990. – 68 с.
2. Модельный ряд самолетов Boeing 747 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.boeing.ru/Продукты-и-услуги/Гражданские-самолеты/747-8.page?> – 12.03.2015.
3. A340 FAMILY [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a340family>. – 12.03.2015.
4. Principles of designing of airplanes with gas turbine engines / P. V. Balabuyev, S. A. Bichkov, A. G. Grebenikov [at all] // Study Guide. – Kharkov National Aerospace University «Kharkov Aviation Institute». – 2013. – 731 p.
5. 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. – Вып. 39(4). – Х., 2004. – С. 123–129.

*Поступила в редакцию 7.06.2015, рассмотрена на редколлегии 23.06.2015*

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

### ФОРМУВАННЯ ТАРИФІВ НА АВІАПЕРЕВЕЗЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ПИТОМИХ ВИТРАТ ЗА ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ МОДИФІКАЦІЙ ВАЖКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЛІТАКІВ

*Ю. В. Бабенко*

Розглянуто підхід до формування тарифів на авіаперевезення за допомогою модифікацій важкого транспортного літака. Відмінна особливість підходу: він базується на інтегральних вартісних показниках ефективності модифікацій і на оцінці вартісних характеристик рейсів з урахуванням зміни продуктивності модифікації, тривалості рейсів і загальнорічного нальоту годин. На прикладі однієї з модифікацій показано, що величина тарифів 103 дол/год залежно від структурних  $\cdot 103 \dots 25$  змінюється в межах 15 складових рейсу, що і є показником конкурентоспроможності модифікації.

**Ключові слова:** важкі транспортні літаки, модифікації, тарифи на авіаперевезення.

### TARIFFS FORMATION FOR AIR TRANSPORTATION TAKING INTO ACCOUNT UNIT COST DURING LIFE CYCLE OF HEAVY TRANSPORT AIRCRAFT MODIFICATIONS

*Ju. V. Babenko*

An approach to the formation of tariffs for air transportation with the help of modifications of heavy transport aircraft is considered. A distinctive feature of the approach is that it is based on the integral cost indicators of modifications effectiveness and on the assessment of cost characteristics of flights in consideration of the changes in modifications effectiveness, the flights duration and total annual flight hours. In one example of the modifications, it was shown that the amount of tariffs ranges from  $15 \times 10^3$  to  $25 \times 10^3$  \$/hr depending on structural components of the flight, which is the indicator of competitiveness of the modification.

**Key words:** heavy transport aircraft, modifications, tariffs for air transportation.

**Бабенко Юлія Вікторівна** – канд. техн. наук, доц., доц. каф. финансов, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: 250blu@mail.ru.