

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ ЛЕТНОГО ЧАСА ГРАЖДАНСКИХ ВЕРТОЛЕТОВ

Александр Святославович МАЛЬЦЕВ

главный специалист
АО «НПО Энергомаш»,
Химки, Российская Федерация
alexsander.maltsev@mail.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

История статьи:

Рег. № 356/2021
Получена 17.06.2021
Получена в
доработанном виде
10.08.2021
Одобрена 02.09.2021
Доступна онлайн
29.11.2021

УДК 330.42

JEL: C65, D60, E22,
G17, K34

Ключевые слова:

стоимость летного часа,
послепродажное
обслуживание,
жизненный цикл
проекта, наукоемкий
проект, доходность к
погашению

Аннотация

Предмет. Факторы роста стоимости летного часа, являющегося интегральным показателем эффективности вертолета на этапе его эксплуатации. Анализ методов, направленных на повышение эффективности наукоемких изделий (на примере гражданских и многоцелевых вертолетов) на этапе эксплуатации.

Цели. Разработка эконометрической модели зависимости стоимости летного часа от основных относительных летно-технических характеристик, определяющих эффективность проекторочных и технологических решений гражданских и многоцелевых вертолетов, для принятия решения на этапе аванпроекта об эффективности разрабатываемого изделия на стадии эксплуатации и целесообразности вхождения в НИОКР.

Методология. Исследование основано на базовых положениях теории фирмы, теории фундаментальной стоимости активов, международных стандартах руководства по эксплуатации авиационной техники.

Результаты. На основе эконометрического анализа из множества относительных летно-технических характеристик вертолета выделены основные детерминанты стоимости летного часа. Продemonстрировано, что количество изделий, находящихся в эксплуатации, стоимость летного часа, эффективность и прозрачность логистической инфраструктуры при оказании услуг по техническому обслуживанию представляют инструмент по управлению стоимостью жизненного цикла изделия в период его эксплуатации.

Выводы. Основными факторами, оказывающими наибольшее влияние на показатель эффективности послепродажного обслуживания изделий в авиационной отрасли, являются топливная эффективность, удельный расход топлива (расход топлива на единицу мощности). Величина стоимости летного часа является интегральным показателем эффективности послепродажного обслуживания и зависит от относительных летно-технических характеристик эксплуатируемой авиационной техники, определяющих эффективность проекторочных, технологических и эксплуатационных характеристик разработанного изделия, следовательно, зависит от величины затрат на НИОКР при проектировании этого изделия. Несмотря на рост удельных затрат на НИОКР для гражданских американских и европейских вертолетов более чем 20 раз в течение последних 40 лет, снижение удельной стоимости летного часа имеет большое значение в течение этого периода.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Мальцев А.С. Эконометрическое моделирование стоимости летного часа гражданских вертолетов // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2021. – Т. 20, № 11. – С. 2168 – 2186.

<https://doi.org/10.24891/ea.20.11.2168>

Введение

Послепродажное обслуживание (ППО) авиационной техники – предоставление совокупности сервисных услуг и поставки запасных частей в процессе эксплуатации изделия. Наличие собственных ремонтных мощностей, развитой инфраструктуры, квалифицированного персонала являются главными конкурентными преимуществами производителя. От объема предоставляемых услуг ППО, выбираемых авиакомпанией, зависит стоимость продаваемого вертолета/самолета. Рынок ППО является более доходным по сравнению с рынком продажи авиационной техники, поскольку продажа запасных частей осуществляется с повышающим коэффициентом $1,5 \div 2,5$ по сравнению с их стоимостью в составе изделия при его первоначальной продаже.

Таким образом, доходы от ППО в течение жизненного цикла эксплуатации изделия позволяют компенсировать скидку при продаже вертолета/самолета.

Среди основных задач повышения эффективности ППО можно выделить следующие: минимизация суммарных удельных затрат (отношение суммарных трудозатрат по сервисному обслуживанию и замене запасных частей к суммарному налету) в течение жизненного цикла изделия; уменьшение общего количества задач ППО и количества задач с одинаковой периодичностью; минимизации времени простоя авиационной техники.

Стоимость жизненного цикла изделия в период его эксплуатации зависит от стоимости летного часа, который является интегральным показателем эффективности ППО. Данный показатель зависит от относительных летно-технических характеристик, определяющих эффективность проекторочных и технологических решений разработанного и эксплуатируемого изделия, а также отражает оптимизационные мероприятия по логистике, направленные на сокращение затрат на хранение и доставку запасных частей авиакомпаниям.

Характерные черты системы послепродажного обслуживания в России

Современная система ППО представляет продажу комплексных эксплуатационных услуг и поставку запасных частей в течение всего жизненного цикла изделия.

Компания – разработчик и продавец авиационной техники выполняет функции интегратора по предоставлению эксплуатационных услуг и поставки запасных частей в течение жизненного цикла изделия. Далее отмечаются основные проблемы, которые не позволяют создать единой информационной системы для оценки

стоимости летного часа эксплуатируемого парка авиационной техники отечественного производства:

- отсутствие единой инфраструктуры и системного подхода к организации и управлению ППО;
- отсутствие информационного взаимодействия (обратной связи) с авиационными компаниями;
- низкая интенсивность и плотность работ по совершенствованию программ технического обслуживания и ремонта;
- отсутствие квалифицированного персонала и новых методических подходов, направленных на повышение надежности вертолетов при их разработке и эксплуатации;
- отсутствие ряда данных по трудоемкости и периодичности в эксплуатационной документации;
- отсутствие единой информационной базы данных по модернизации эксплуатируемых вертолетов/самолетов;
- различные подходы при разработке и выпуске эксплуатационной документации;
- отсутствие регламентированного обмена информации по надежности, степени функционального износа, удельных затрат по сервисному обслуживанию и замене запасных частей между разработчиками, производителями и авиационными компаниями;
- отсутствие разработанной системы и механизмов мониторинга основных летно-технических и эксплуатационных показателей парка отечественных вертолетов/самолетов.

Затратный метод оценки стоимости летного часа

Для оценки стоимости летного часа в рамках затратного метода на основе Единой методики расчета стоимости жизненного цикла и летного часа вертолета, утвержденной 19.12.2009 АО «Вертолеты России» на примере вертолета Ми-8МТВ, разработанного еще в середине 1960-х гг., с последующими редакциями, требуется большое количество данных по средней стоимости и трудоемкости замены агрегатов, проведения технических осмотров и капитальных ремонтов.

При этом в данной методике оценка некоторых затрат определяется приближенно и с большой погрешностью. Например, расчет стоимости средств эксплуатации (арендная плата за ангар, плата за коммунальные услуги, земельный налог и пр.), обслуживания и ремонта (средств наземного оборудования, зданий, сооружений)

берется на уровне 10% от первоначальной стоимости вертолета. Необходимый объем средств для эксплуатации определяется заказчиком (авиакомпаниями) и зависит от количества парка вертолетов, наличия необходимой инфраструктуры на местах их предполагаемого базирования, ее оснащенности и т.п. Стоимость ряда работ по эксплуатации, запасных частей вертолета, расходных материалов приводится в рублях и в экономических условиях 2009 г.

Таким образом, в силу отсутствия единой информационной системы для эксплуатируемого парка вертолетов, устаревшие методические подходы, выполненные исключительно для вертолета Ми-8МТВ, разработанного в середине 1960-х гг., оценка стоимости летного часа на основе затратного метода будет отличаться большой погрешностью от рыночных значений.

Эконометрическое моделирование стоимости летного часа гражданских и многоцелевых вертолетов

Существуют два основных подхода к оценке стоимости летного часа – затратный и сравнительный. Затратный подход, как было отмечено ранее, основывается на расчете суммарных затрат на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, стоимости запасных частей, стоимости обучения авиационного персонала в течение всего жизненного цикла эксплуатации изделия. В основе сравнительного подхода лежит информация о стоимости летного часа вертолетов-аналогов.

На этапе аванпроекта (начальный этап НИОКР) на основе сравнительного метода с допустимой погрешностью 25–30% по сравнению с фактическими данными (после завершения всех этапов НИОКР) является актуальной разработка эконометрической модели зависимости стоимости летного часа эксплуатируемого вертолета от его относительных летно-технических характеристик, раскрывающих эффективность проектировочных и технологических решений разрабатываемого изделия. Это также позволяет оценить стоимость жизненного цикла вертолета в период его эксплуатации.

Сравнительный подход применяется в оценочной практике и представляет метод сравнимой цены¹.

Оценка эффективности российского и американского рынков эксплуатируемой авиационной техники

Американский рынок эксплуатируемой авиационной техники носит эффективный характер, поскольку информация на абсолютном (или достаточном) эффективном рынке о цене любого эксплуатируемого изделия или интегральном показателе

¹ Цена на продукцию, сложившаяся на бирже (биржевой индикатор), либо определенная в соответствии с данными официальной статистической информации согласно п. 2 постановления Правительства Российской Федерации от 02.12.17 № 1465 «О государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, а также о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

эффективности ППО отражает его инвестиционную (фундаментальную) стоимость. Цена актива на эффективном рынке с позиции фундаментального подхода отражает его справедливую (рыночную) стоимость: равняется чистой приведенной стоимости всех денежных потоков от продажи актива и его эксплуатации в течение жизненного цикла.

Следовательно, на американском рынке эксплуатируемой авиационной техники инвесторы вправе ожидать получение нормальной доходности (на уровне доходности альтернативных инвестиций, без учета дополнительной прибыли от арбитражных операций) от инвестиций в инфраструктуру послепродажного обслуживания авиационной техники, что отражает справедливую (рыночную) стоимость летного часа.

Под доходностью альтернативных инвестиций понимается доходность альтернативных издержек (opportunity costs), в случае если компании инвестируют денежные средства в альтернативные проекты с одинаковым уровнем риска и получают больший доход, чем их текущая дивидендная доходность² [1].

В силу отмеченных обстоятельств на фоне санкционной политики российский авиационный рынок можно характеризовать как недостаточно эффективный, поэтому два наукоемких и высокотехнологичных изделия, разработанные и эксплуатируемые в США и в Российской Федерации, будут иметь различную справедливую цену летного часа.

Таким образом, интегральный показатель эффективности эксплуатации наукоемкого изделия в оценках потенциальных американских инвесторов будет иметь большую величину. Это обусловлено различием в уровне риска одной страны по отношению к другой, который помимо политических и макроэкономических рисков отражает различную стоимость трудовых и материальных ресурсов, различную стоимость энергоресурсов, величину транспортных и накладных расходов в этих двух странах. Как следствие – структура и величина себестоимости, а следовательно, и цена для товаров, произведенных в этих странах, различаются на величину коэффициента странового риска.

Как отмечено в работах [2, 3] и других, теория о паритете покупательной способности (Purchasing Power Parity) подразумевает, что товары, произведенные в различных странах, при прочих равных условиях имеют одинаковые значения цен. Под паритетом покупательной способности понимается, что ожидаемое соотношение уровней инфляции двух стран равняется ожидаемому изменению спотового курса ценных бумаг этих стран.

² Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Дело, 2001. 832 с.

Как отмечено в работе [1], доходность к погашению (Yield to Maturity, YTM) безрисковых (Risk Free) ценных бумаг равняется сумме ожидаемой инфляции и безрисковой доходности.

Таким образом, ожидаемое соотношение спот-курсов безрисковых ценных бумаг с одинаковым сроком до погашения (в противном случае нарушается стратегия инвестора покупки до погашения – maturity strategy) представляет коэффициент странового риска одной страны по отношению к другой, который отражает ожидаемое соотношение цены летного часа для авиационной техники, эксплуатируемой в двух разных странах.

В мире существует не более восьми компаний по разработке и производству вертолетов: американские Boeing, Sikorsky, Textron (Bell Aerospace), франко-немецкая Airbus Helicopters, французская Aérospatiale в составе европейского аэрокосмического концерна EADS, англо-итальянская Agusta Westland, южнокорейская KAI.

В табл. 1 приведены значения стоимости летного часа и основные летно-технические характеристики для различных марок гражданских и многоцелевых вертолетов американского и европейского производства.

Анализ структуры эксплуатационных расходов авиационной техники

Как было отмечено, величина стоимости летного часа является интегральным показателем эффективности послепродажного обслуживания и зависит от относительных летно-технических характеристик эксплуатируемой авиационной техники, определяющих эффективность проектировочных, технологических и эксплуатационных характеристик разработанного изделия, следовательно, зависит от величины затрат на НИОКР при проектировании этого изделия.

При этом, как отмечено в работах³ [4–6], с ростом затрат на НИОКР увеличивается надежность изделия (рис. 1), следовательно, уменьшается величина эксплуатационных расходов.

В табл. 2 представлена структура эксплуатационных расходов авиационной техники, произведенной после 2000 г., включая затраты на техническое обслуживание.

Несмотря на рост удельных затрат на НИОКР (в пересчете на 1 т максимальной взлетной массы) для гражданских и многоцелевых американских и европейских вертолетов нового поколения более чем в 20 раз⁴ в течение последних 40 лет,

³ Vintr Z., Vintr M. Optimization of Reliability Requirements from Manufacturer's Point of View. Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, 1999, pp. 183–189.
URL: <https://doi.org/10.1109/IEMC.2004.1407104>

наблюдается незначительное снижение удельной стоимости летного часа в течение этого периода (рис. 2). Это обусловлено тем, что в составе эксплуатационных расходов рост доли амортизации затрат на НИОКР частично компенсируется снижением на 15–20% доли затрат на техническое обслуживание, а также уменьшением доли удельного расхода топлива для вертолетов нового поколения. При этом величина амортизационных начислений по капитализированным затратам на НИОКР для вертолетов, разработанных в период 1965–1980 гг., в настоящий момент имеет незначительную долю в структуре стоимости летного часа.

Эконометрическая модель зависимости стоимости летного часа вертолета от его основных относительных летных технических характеристик

Как было отмечено, стоимость летного часа зависит от относительных летно-технических характеристик, которые подтверждают эффективность проектировочных и технологических решений разработанного и эксплуатируемого вертолета.

К таким характеристикам можно отнести следующие показатели: удельная мощность (отношение мощности к полезной нагрузке вертолета), массовое совершенство (отношение массы полезной нагрузки к массе пустого вертолета), километровый расход топлива, удельный расход топлива (расход топлива на единицу мощности), топливная эффективность (расход топлива на единицу транспортной работы – на 1 т/км) и др. [7, 8].

Таким образом, в роли замещающих (проxy) переменных, формирующих величину цены летного часа, выступают относительные летно-технические характеристики вертолетов (табл. 3).

Рассмотрим модель следующего вида:

$$\ln \frac{HR}{G_0} = \beta_0 + \beta_1 \ln \frac{100c_k}{\Delta G \cdot L} + \beta_2 \ln \frac{100c_k}{N} + \varepsilon, \quad (1)$$

где HR (hour rate) – стоимость летного часа, долл./ч;

G_0 – максимальная взлетная масса вертолета, т;

c_k – километровый расход топлива, кг/км;

N – мощность, кВт;

ΔG – полезная нагрузка (разность между максимальной взлетной массой и массой пустого вертолета), т;

L – максимальная дальность полета, км;

ε – случайный член уравнения регрессии.

В табл. 4 представлены результаты оценки модели (1).

Как видно из табл. 4, модель (1) при 5–10%-ном уровне погрешности является статистически значимой. С точки зрения содержательной интерпретации модели коэффициенты эластичности β_1 и β_2 показывают на сколько процентов изменится удельная стоимость летного часа при увеличении топливной эффективности и удельного расхода топлива на 1%.

Таким образом, целесообразно применять степенную аппроксимацию зависимости удельной стоимости летного часа от топливной эффективности и удельного расхода топлива.

Получена следующая модель зависимости удельной стоимости летного часа от топливной эффективности, удельного расхода топлива для средних гражданских и многоцелевых вертолетов американского производства, эксплуатируемых в США:

$$\frac{HR_{USA}}{G_0} = e^{8,08} \left(\frac{100c_k}{\Delta G \cdot L} \right)^{0,275}_{(0,3)} \left(\frac{100c_k}{N} \right)^{0,437}_{(0,082)}, \quad {}_{(0,16)}R^2 = 87,3\%, \quad (2)$$

где HR_{USA} – стоимость летного часа (hour rate) вертолетов американского производства, эксплуатируемых в США, долл./ч;

G_0 – максимальная взлетная масса (max take-off mass, МТОМ) вертолета;

N – мощность, кВт;

c_k – километровый расход топлива, кг/км;

ΔG – полезная нагрузка (разность между МТОМ и массой пустого вертолета), т;

L – максимальная дальность полета, км.

В скобках – стандартные ошибки для оценок коэффициентов регрессии β_0 , β_1 , β_2 эконометрической модели (1).

Как было отмечено ранее, коэффициент странового риска одной страны по отношению к другой помимо различия в политических и макроэкономических рисках для двух стран также отражает различную стоимость трудовых и материальных ресурсов, различную стоимость энергоресурсов, величину транспортных и накладных расходов в этих двух странах.

Таким образом, структура и величина себестоимости, а следовательно, и цена для товаров, произведенных в двух странах, имеют различные значения, различающиеся на величину странового риска.

Для оценки удельной стоимости летного часа для вертолетов, изготовленных и эксплуатируемых в Российской Федерации, формула (2) корректируется на коэффициент странового риска:

$$\frac{HR_{RF}}{G_0} = K_{RF/USA} \frac{HR_{RF}}{G_0}, \quad (3)$$

где HR_{RF} – стоимость летного часа вертолетов российского производства и эксплуатируемых в РФ, долл./ч,

$k_{RF/USA} < 1$ – коэффициент странового риска РФ относительно США.

Как показано в работах [9-18], количество эксплуатируемого парка изделий, стоимость часа эксплуатации изделия, эффективность и прозрачность инфраструктуры ППО представляют инструмент управления стоимостью жизненного цикла изделия в период его эксплуатации.

Выводы

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

Стоимость часа эксплуатации изделия является интегральным показателем эффективности послепродажного обслуживания изделия и зависит от его основных относительных технических характеристик, которые показывают эффективность проектировочных и технологических решений разрабатываемого и эксплуатируемого изделия.

С ростом затрат на НИОКР увеличивается надежность изделия (уменьшается количество отказов систем изделия), что приводит к уменьшению величины эксплуатационных расходов, а следовательно, и стоимости летного часа.

На этапе аванпроекта (начальный этап НИОКР) на основе сравнительного метода с допустимой погрешностью 25–30% по сравнению с фактически достигнутыми данными на этапе эксплуатации является актуальной разработка эконометрической модели зависимости стоимости часа эксплуатации изделия от его основных относительных технических характеристик.

Несмотря на рост удельных затрат на НИОКР для гражданских и многоцелевых американских и европейских вертолетов нового поколения более чем в 20 раз в течение последних 40 лет, наблюдается незначительное снижение удельной стоимости летного часа в течение этого периода. Количество эксплуатируемого парка изделий, стоимость часа эксплуатации изделия, эффективность и прозрачность инфраструктуры послепродажного обслуживания являются инструментами управления стоимостью жизненного цикла изделия в период его эксплуатации.

Таблица 1

Основные летно-технические характеристики для гражданских и многоцелевых вертолетов в экономических условиях 2019 г.

Table 1

Main performance characteristics for civil and multi-purpose helicopters, in the economic conditions of 2019

Марка вертолета	Стоимость летного часа, долл.	Год начала производства	Расход топлива, кг/км	Максимальная скорость, км/ч	Мощность, кВт	Полезная нагрузка, т
CH-53	7 544	1966	2,896	315	5 854	8,334
S-92	3 793	2004	1,717	306	3 958	5,534
S-70	4 091	1979	1,308	361	2 818	4,631
EC-225	4 075	2005	1,961	275,5	3 552	5,974
EC-145	2 008	2002	0,881	268	1 100	1,793
AW-139	2 153	2003	1,229	310	2 284	2,778
AW-101	5 346	2000	2,016	309	4 698	4,1
Bell 222B	2 319	1979	0,98	250	1 020	1,666
EC 135	1 451	1995	0,658	635	944	1,455
EC 130	1 187	1999	0,545	632	632	1,05

Источник: Helicopter services hourly flight rates, fuel consumption, and weight reduction chart.

URL: https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/media_wysiwyg/flt_chrt_awarded_2013-2017_0.pdf

Source: Helicopter services hourly flight rates, fuel consumption, and weight reduction chart.

URL: https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/media_wysiwyg/flt_chrt_awarded_2013-2017_0.pdf

Таблица 2

Структура эксплуатационных расходов

Table 2

Direct operating cost structure

Статья затрат	Значение, %	Примечание
Амортизация	18	Постоянная часть
Страхование	6	Постоянная часть
Экипаж	12	Постоянная часть
Топливо	18	Переменная часть
Прочие расходы	19	Постоянная часть
Техническое обслуживание	27	Переменная часть

Источник: Расчет прямых затрат на техническую эксплуатацию на основе результатов АЛП.

URL: http://cals.ru/sites/default/files/downloads/lss/petrov_lsa_dmc_02_2012.pdf

Source: Calculation of direct costs for technical operation based on the results of logistic support analysis.

URL: http://cals.ru/sites/default/files/downloads/lss/petrov_lsa_dmc_02_2012.pdf

Таблица 3

Корреляционная матрица удельной стоимости летного часа, удельного расхода топлива, удельной мощности, массового совершенства, удельного расхода топлива, топливной эффективности

Table 3

The correlation matrix of the unit cost of flight hour, specific fuel consumption, specific capacity, mass efficiency, fuel efficiency

Показатель	Unit FH	c_k	$N / \Delta G$	$\Delta G / G$	$100 c_k / N$	$100 c_k / (\Delta G \cdot L)$
Unit FH	1	–	–	–	–	–
c_k	–0,589	1	–	–	–	–
$N / \Delta G$	–0,445	0,37	1	–	–	–
$\Delta G / G$	0,24	–0,25	–0,831	1	–	–
$100 c_k / N$	0,908	–0,69	–0,508	0,274	1	–
$100 c_k / (\Delta G \cdot L)$	0,87	–0,664	–0,221	–0,018	0,717	1

Примечание. Unit FH – удельная стоимость летного часа, долл./ч; c_k – километровый расход топлива, кг/км; $N / \Delta G$ – удельная мощность (отношение мощности к полезной нагрузке), кВт/кг; $\Delta G / G$ – массовое совершенство (отношение полезной нагрузки к максимальной взлетной массе); $100 c_k / N$ – удельный расход топлива (отношение расхода топлива на 100 км к мощности), кг/(км·кВт); $100 c_k / (\Delta G \cdot L)$ – топливная эффективность (расход 100 кг топлива на 1 т/км).

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Параметры статистической значимости для эконометрической модели зависимости удельной стоимости летного часа от топливной эффективности ($100 c_k / G \cdot L$), удельного расхода топлива ($100 c_k / N$)

Table 4

Parameters of statistical significance for econometric model of the dependence of unit cost of flight hour on fuel efficiency ($100 c_k / G \cdot L$), specific fuel consumption ($100 c_k / N$)

Переменные	Модель
$100 c_k / (\Delta G \cdot L)$	0,275
Стандартная ошибка	0,082
t-статистика	2,16
$100 c_k / N$	0,437
Стандартная ошибка	0,16
t-статистика	2,74
Константа	8,08
Стандартная ошибка	0,3
t-статистика	26,87
R^2	0,873
F-статистика	23,9
Количество наблюдений	10

Источник: авторская разработка

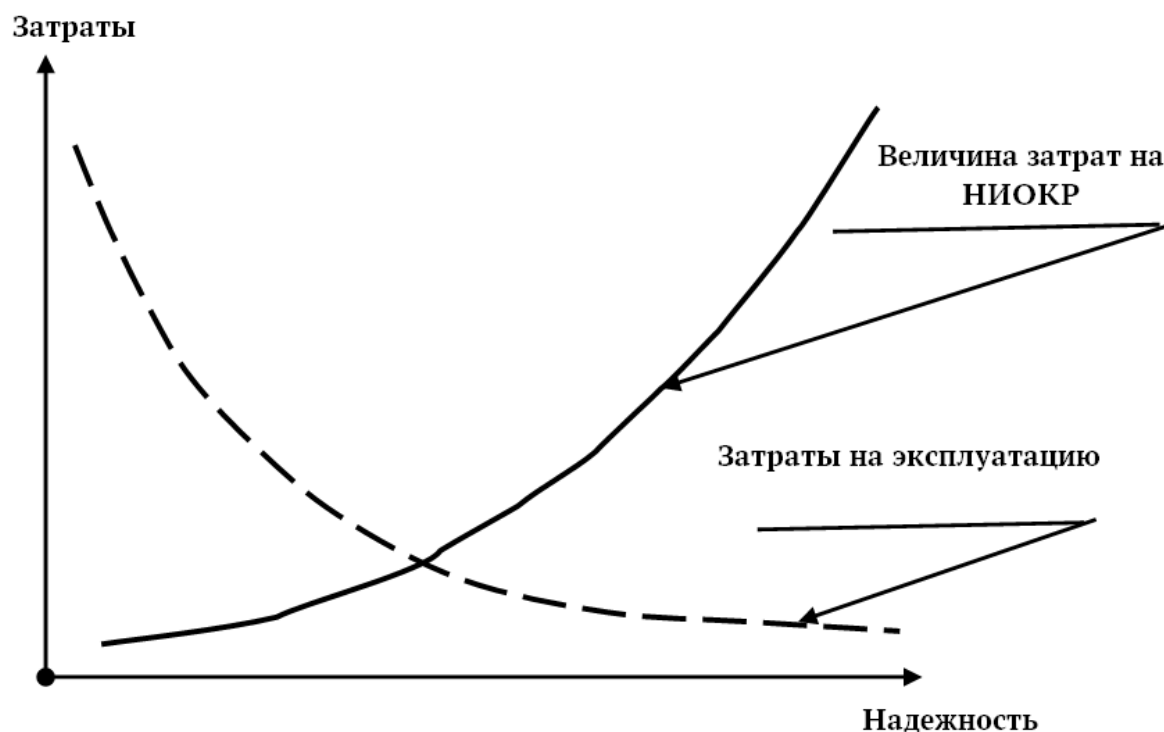
Source: Authoring

Рисунок 1

Зависимость надежности изделия от величины затрат на НИОКР и эксплуатационных затрат

Figure 1

R&D and operating costs versus reliability curve



Источник: Minimization of life cycle costs through optimization of the validation program – a test sample size and warranty cost approach. URL: <https://doi.org/10.1109/RAMS.2004.1285505>

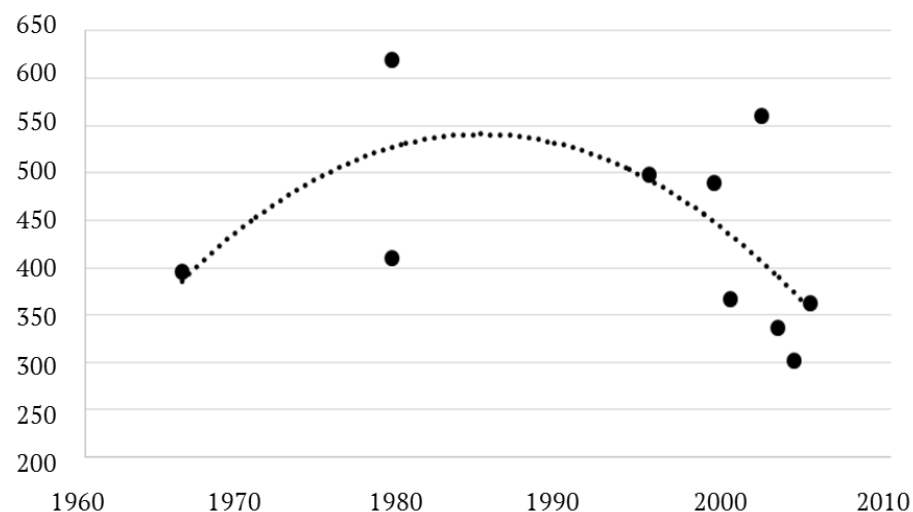
Source: Minimization of life cycle costs through optimization of the validation program – a test sample size and warranty cost approach. URL: <https://doi.org/10.1109/RAMS.2004.1285505>

Рисунок 2

Зависимость стоимости летного часа вертолета от даты его серийного производства

Figure 2

Dependence of the cost of flight hour of helicopter on the date of its mass production



Примечание. Ось y – удельная стоимость летного часа, долл./ч; ось x – год начала серийного производства вертолетов.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Sharpe W. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 1964, vol. 19, iss. 3, pp. 425–442.
URL: <https://doi.org/10.2307/2977928>
2. Adler M., Lehmann B. Deviation from Purchasing Power Parity in the Long Run. *The Journal of Finance*, 1983, vol. 38, iss. 5, pp. 1471–1487.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1983.tb03835.x>
3. Rogoff K. The Purchasing Power Parity Puzzle. *Journal of Economic Literature*, 1996, vol. 34, iss. 2, pp. 647–668.
URL: <https://www.jstor.org/stable/2729217>
4. O'Connor P. Practical Reliability Engineering. Third Edition, Chichester, John Wiley & Sons Publ., 1991, 409 p.
5. Fox B., Boito M., Graser J., Younossi O. Test and Evaluation Trends and Costs for Aircraft and Guided Weapons. Rand Corporation, Project Air Force, 2004.
URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2004/RAND_MG109.pdf
6. Fry J., Humphreys I., Francis G. Benchmarking in civil aviation: Some empirical evidence. *Benchmarking: An International Journal*, 2005, vol. 12, iss. 2, pp. 125–137.
URL: <https://doi.org/10.1108/14635770510593077>
7. Гуереш Д., Попов С.А. Повышение топливной эффективности пассажирского самолета за счет минимизации веса неплойкой несущей поверхности // Труды МАИ. 2018. № 100.
URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93356>
8. Тищенко М.Н., Некрасов А.В., Радин А.С. Вертолеты. Выбор параметров при проектировании. М.: Машиностроение, 1976. 366 с.
9. Asugman G., Johnson J., McCullough J. The Role of After-Sales Service in International Marketing. *Journal of International Marketing*, 1997, vol. 5, iss. 4, pp. 11–28. URL: <https://doi.org/10.1177/1069031X9700500403>
10. Loomba A. Linkages between product distribution and service support functions. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 1996,

- vol. 26, iss. 4, pp. 4–22.
URL: <https://doi.org/10.1108/09600039610116486>
11. Murthy D.N.P. Product warranty and reliability. *Annals of Operations Research*, 2006, vol. 143, iss. 1, pp. 133–146. URL: <https://doi.org/10.1007/s10479-006-7377-y>
12. Murthy D.N.P., Solem O., Roren T. Product warranty logistics: Issues and Challenges. *European Journal of Operational Research*, 2004, vol. 156, iss. 1, pp. 110–126.
URL: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00912-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00912-8)
13. Schmenner R.W. Service businesses and productivity. *Decisions Sciences*, 2004, vol. 35, iss. 3, pp. 333–347.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.0011-7315.2004.02558.x>
14. Silvestro R., Fitzgerald L., Johnston R., Voss C. Towards a Classification of Service Processes. *International Journal of Service Industry Management*, 1992, vol. 3, iss. 3, pp. 62–75.
URL: <https://doi.org/10.1108/09564239210015175>
15. Suzuki K. Estimation of Life Time Parameters from Incomplete Field Data. *Technometrics*, 1985, vol. 27, iss. 3, pp. 263–271.
URL: <https://doi.org/10.1080/00401706.1985.10488050>
16. Wikner J., Rudberg M. Introducing a customer order decoupling zone in logistics decision-making. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2005, vol. 8, iss. 3, pp. 211–224.
URL: <https://doi.org/10.1080/13675560500282595>
17. Wu S., Longhurst P. Optimising Age-Replacement and Extended Non-Renewing Warranty Policies in Life cycle Costing. *International Journal of Production Economics*, 2011, vol. 130, iss. 2, pp. 262–267.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.01.007>
18. Zackariasson P., Wilson T. Internetworked after-sales service. *Industrial Marketing Management*, 2004, vol. 33, iss. 2, pp. 75–86.
URL: [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(03\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(03)00019-1)

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

pISSN 2073-039X
eISSN 2311-8725

Mathematical Methods and Models

ECONOMETRIC MODELING OF COST PER FLYING HOUR OF CIVIL HELICOPTERS

Aleksandr S. MAL'TSEV

AO Scientific and Production Association Energomash
Khimki, Russian Federation
aleksander.maltsev@mail.ru
ORCID: not available

Article history:

Article No. 356/2021
Received 17 June 2021
Received in revised form
10 August 2021
Accepted 2 Sept 2021
Available online
29 November 2021

JEL classification: C65,
D60, E22, G17, K34

Keywords: cost per
flight hour, after-sales
service, project life cycle,
knowledge-intensive
project, yield to maturity

Abstract

Subject. The article addresses factors of the growing cost of flying hour, which is an integral indicator of helicopter efficiency at the stage of its operation.

Objectives. The purpose is to develop an econometric model of dependence of cost per flying hour on the main relative aircraft performance characteristics that determine the effectiveness of design and technological solutions for civil and multi-purpose helicopters, to make a decision at the preliminary design stage regarding the efficiency of designed product during the operational phase and the feasibility of R&D.

Methods. The study rests on basic provisions of the theory of the firm, the theory of fundamental value of assets, international standards of the aviation equipment operation manual.

Results. Based on econometric analysis, the main determinants of cost per flight hour are identified from the set of relative flight characteristics of the helicopter. The paper demonstrates that the number of products in operation, the cost of flight hour, the efficiency and transparency of logistics infrastructure in the provision of maintenance services represent a tool for managing the cost of product life cycle during its operation.

Conclusions. The main factors having the greatest impact on the efficiency of after-sales service of products in the aviation industry are fuel efficiency, specific fuel consumption (fuel consumption per unit of power). The cost per flight hour is an integral indicator of the effectiveness of after-sales service and depends on relative flight characteristics of aircraft in operation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Mal'tsev A.S. Econometric Modeling of Cost per Flying Hour of Civil Helicopters. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2021, vol. 20, iss. 11, pp. 2168–2186.
<https://doi.org/10.24891/ea.20.11.2168>

References

1. Sharpe W. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *The Journal of Finance*, 1964, vol. 19, iss. 3, pp. 425–442.
URL: <https://doi.org/10.2307/2977928>

2. Adler M., Lehmann B. Deviation from Purchasing Power Parity in the Long Run. *The Journal of Finance*, 1983, vol. 38, iss. 5, pp. 1471–1487.
URL: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1983.tb03835.x>
3. Rogoff K. The Purchasing Power Parity Puzzle. *Journal of Economic Literature*, 1996, vol. 34, iss. 2, pp. 647–668. URL: <https://www.jstor.org/stable/2729217>
4. O'Connor P. Practical Reliability Engineering. Chichester, John Wiley & Sons Publ., 1991, third edition, 409 p.
5. Fox B., Boito M., Graser J., Younossi O. Test and Evaluation Trends and Costs for Aircraft and Guided Weapons. Rand Corporation, Project Air Force, 2004.
URL: https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2004/RAND_MG109.pdf
6. Fry J., Humphreys I., Francis G. Benchmarking in civil aviation: Some empirical evidence. *Benchmarking: An International Journal*, 2005, vol. 12, iss. 2, pp. 125–137.
URL: <https://doi.org/10.1108/14635770510593077>
7. Gueresh D., Popov S.A. [Improving the fuel efficiency of a transport aircraft by minimizing the weight of its non-planar lifting surface]. *Trudy MAI*, 2018, no. 100.
URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93356> (In Russ.)
8. Tishchenko M.N., Nekrasov A.V., Radin A.S. *Vertolety. Vybór parametrov pri proektirovanii* [Helicopters. The choice of parameters in the design]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976, 366 p.
9. Asugman G., Johnson J., McCullough J. The Role of After-Sales Service in International Marketing. *Journal of International Marketing*, 1997, vol. 5, iss. 4, pp. 11–28. URL: <https://doi.org/10.1177/1069031X9700500403>
10. Loomba A. Linkages between product distribution and service support functions. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 1996, vol. 26, iss. 4, pp. 4–22. URL: <https://doi.org/10.1108/09600039610116486>
11. Murthy D.N.P. Product warranty and reliability. *Annals of Operations Research*, 2006, vol. 143, iss. 1, pp. 133–146. URL: <https://doi.org/10.1007/s10479-006-7377-y>
12. Murthy D.N.P., Solem O., Roren T. Product warranty logistics: Issues and challenges. *European Journal of Operational Research*, 2004, vol. 156, iss. 1, pp. 110–126.
URL: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00912-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00912-8)
13. Schmenner R.W. Service businesses and productivity. *Decisions Sciences*, 2004, vol. 35, iss. 3, pp. 333–347. URL: <https://doi.org/10.1111/j.0011-7315.2004.02558.x>

14. Silvestro R., Fitzgerald L., Johnston R., Voss C. Towards a Classification of Service Processes. *International Journal of Service Industry Management*, 1992, vol. 3, iss. 3, pp. 62–75. URL: <https://doi.org/10.1108/09564239210015175>
15. Suzuki K. Estimation of Lifetime Parameters from Incomplete Field Data. *Technometrics*, 1985, vol. 27, iss. 3, pp. 263–271.
URL: <https://doi.org/10.1080/00401706.1985.10488050>
16. Wikner J., Rudberg M. Introducing a customer order decoupling zone in logistics decision-making. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 2005, vol. 8, iss. 3, pp. 211–224. URL: <https://doi.org/10.1080/13675560500282595>
17. Wu S., Longhurst P. Optimising Age-Replacement and Extended Non-Renewing Warranty Policies in Lifecycle Costing. *International Journal of Production Economics*, 2011, vol. 130, iss. 2, pp. 262–267.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.01.007>
18. Zackariasson P., Wilson T. Internetworked after-sales service. *Industrial Marketing Management*, 2004, vol. 33, iss. 2, pp. 75–86.
URL: [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(03\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(03)00019-1)

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.