

## **Формирование стоимостной модели на ранних этапах жизненного цикла авиационной техники**

**Горелов Б.А.**, кандидат экономических наук, доцент, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ), Москва, Россия

**Гязова М.М.**, кандидат экономических наук, доцент, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ), Москва, Россия

**Аннотация.** В статье приведены результаты оценки доли затрат на исследования и разработки в доходах от продажи авиационных двигателей по основным мировым производителям силовых установок. Построена модель оценки стоимости при проектировании авиационных двигателей, которая позволит в будущем оценивать экономический эффект от принимаемых конструкторских и технологических решений.

**Ключевые слова:** оценка стоимости жизненного цикла, модель оценки стоимости авиационной техники, модель оценки стоимости НИОКР, стоимость летного часа, контракт жизненного цикла, эксплуатационная эффективность.

**Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ.**

**Проект 17-06-00235.**

**The formation of the cost model in the early stages of the life cycle of aircraft**

**Gorelov B.A.**, candidate of economic sciences, associate professor, Moscow Aviation Institute (national research University) (MAI), Moscow, Russia

**Gyazova M.M.**, candidate of economic sciences, associate professor, Moscow Aviation Institute (national research University) (MAI), Moscow, Russia

**Annotation.** The article assesses the share of research and development costs in revenues from the sale of aircraft engines by major global manufacturers of power plants. A cost estimation model has been built in the design of aircraft engines, which will allow in the future to evaluate the economic effect of the design and technological decisions made.

**Keywords:** life cycle cost estimation, aircraft engineering cost estimation model, R&D cost estimation model, flight hour cost, life cycle contract.

Использование оценки стоимости жизненного цикла (ЖЦ) независимо от этапа реализации программы предоставляет важную информацию о системе, с помощью которой лица, принимающие решения, могут построить прогнозы по предстоящим затратам, управлять существующими бюджетами и принимать оптимальные решения по предлагаемым им вариантам реализации проекта.

При проведении финансовых оценок затраты должны разделяться между держателями бюджета, выделенного на проект, с тем чтобы они понимали вносимый ими вклад на каждом этапе и его значимость в рамках жизненного цикла системы как в целом, так и по каждой основной категории привлекаемых ресурсов и осуществляемых затрат.

Наличие объективных оценок стоимости ЖЦ позволяют сделать указанный показатель эффективным инструментом управления при проектировании авиационной техники, с помощью которого можно прогнозировать и оптимизировать затраты на любую систему.

Стоимость ЖЦ должна использоваться в качестве отправной точки, в соответствии с которой могут быть определены варианты выбора «эффективности расходования средств» в процессе исполнения контракта на создание и поставку дорогостоящего наукоемкого продукта, учитывая при этом, что максимальные возможности снижения стоимости ЖЦ имеются, как правило, на ранних этапах проектирования. Таким образом, главная цель использования стоимости ЖЦ – его применение в качестве комплексного

критерия принятия решений и оптимизации в процессе поиска компромисса между критериями времени, затратами и эксплуатационной эффективностью.

Конкуренция на рынке авиационной техники привела к тому, что эксплуатанты стали покупать авиационную технику не как изделие, а как услугу. В связи с этим изменилась и модель продажи авиационной техники. Ключевая модель сейчас – контракт, в котором ключевым показателем является стоимость лётного часа. Основной целью для разработчика и производителя авиационной техники является формирование требований и концепции по переходу на бизнес-модель жизненного цикла, а также формирование требований к концепции сервиса и послепродажного обслуживания. Ниже сформулированы основные укрупненные цели и задачи при создании авиационной техники, такие как:

- Проектирование по бизнес модели жизненного цикла изделия;
- Разработка концепции проектирования под стоимость жизненного цикла;
- Разработка концепции сервиса и послепродажного обслуживания (ППО);
- Формирование требований для перехода на бизнес модель по жизненному циклу;
- Доработка существующей бизнес модели для перехода на модель по жизненному циклу;
- Формирование требований к концепции сервиса и ППО.

Для построения модели оценки стоимости, например при проектировании авиационных двигателей, позволяющей оценивать экономический эффект от принимаемых конструкторских и технологических решений, была проведена оценка доли затрат на НИОКР (исследования и разработки) в доходах от продажи авиационных двигателей по основным мировым производителям силовых установок на основании годовых отчетов таких компаний как General Electric, Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Safran, публикуемые на официальных корпоративных сайтах[2,3,4,5]. Для проведения анализа использовалась

информация о ежегодных доходах от продажи коммерческих авиадвигателей и их обслуживания, в сопоставлении с данными об их ежегодных расходах на НИОКР, в части коммерческого авиадвигателестроения. В ходе работы выявлено, что доля затрат на НИОКР (исследования и разработки) к общему размеру сводной выручки от реализации продукции по основным мировым производителям авиадвигателей за 2018 год в среднем составляет 5,6%. Произведем верификацию данного значения по двигателям серии PW1000G, где, в том числе, показатель максимальной взлетной тяги двигателя PW1400G соответствует максимальной взлетной тяге отечественного двигателя ПД-14.

Pratt & Whitney PW1000G – семейство авиационных двухконтурных турбовентиляторных двигателей с редукторным приводом вентилятора, которая выпускается американской компанией Pratt & Whitney. Двигатель выбран для установки на самолёты Bombardier CSeries, Mitsubishi Regional Jet (MRJ), Embraer E-Jet E2 в качестве единственно возможного варианта, а также для MC-21 и Airbus A320neo в качестве одного из вариантов. Коммерческая эксплуатация двигателя PW1000G началась в январе 2016 года, когда был выполнен первый коммерческий рейс на Airbus A320neo компанией Lufthansa. Суммарные расходы на НИОКР компании Pratt & Whitney за 20 лет разработки авиадвигателей PW 1000G составили более 10 млрд.долл. США [6]. На сегодняшний день, стоимость PW 1000G оценивается не менее, чем в 12 млн.долл. США [7]. Необходимость различного рода конструктивных доработок, в том числе обеспечивающих требования безопасности полетов, привела к росту цены на силовые установки рассматриваемой серии. Однако, компания Pratt&Whitney для привлечения операторов и авиапроизводителей запустила различные виды программ, к которым возможно было присоединится еще на стадии разработки и обеспечивающих более низкие цены к моменту производства двигателей. Тем самым компания стремилась окупить свои затраты на НИОКР. Для целей дальнейшего анализа будем опираться на цену в 12 млн.долл.США [8]. Авиационные двигатели серии PW 1000G имеют массу от 1700 до 2857,6 кг, тягу от 76 до 160 кН, оборудованы 18, либо 20 лопатками.

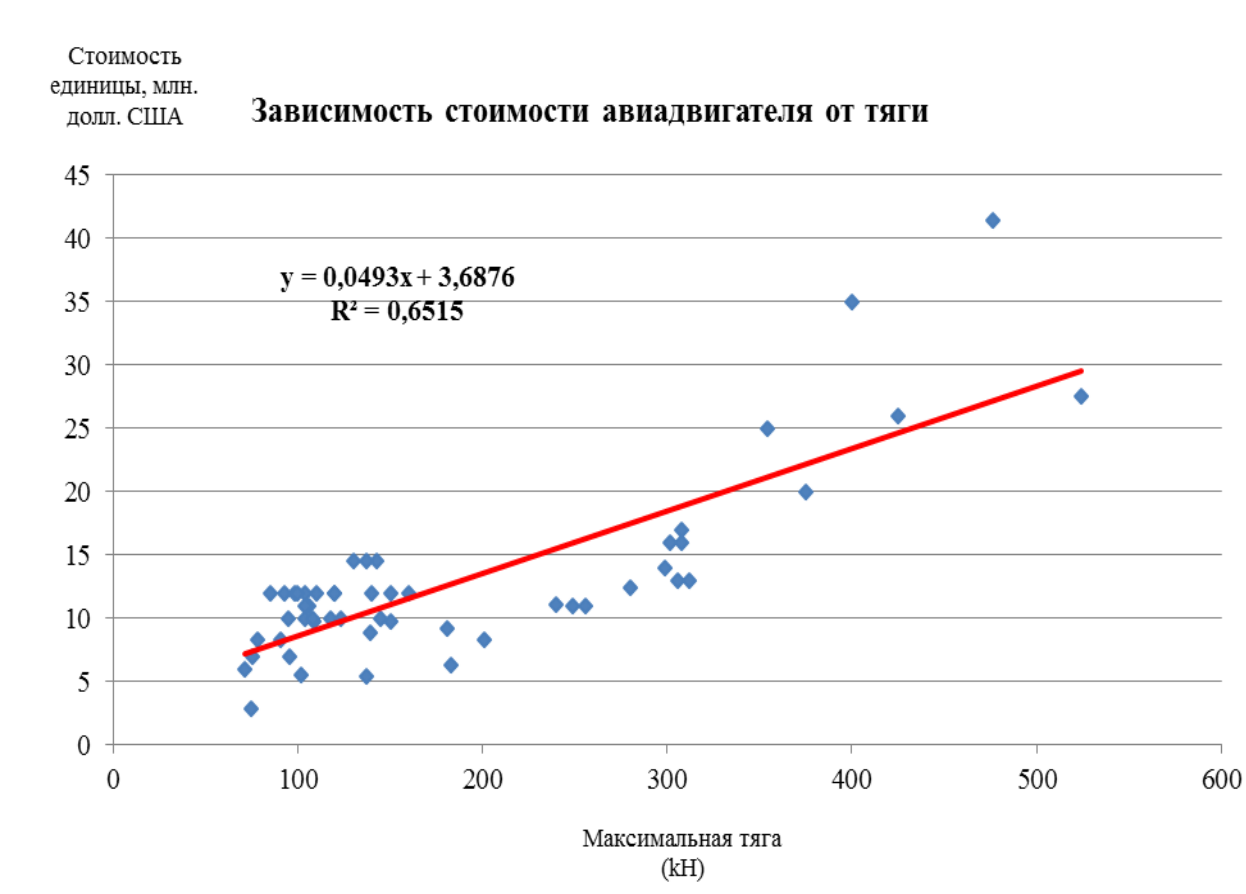
В настоящее время выпущено 5894 шт. двигателей данной серии. Данные значения не противоречат планам производителя, заявившего в 2015 году (в преддверии выпуска первых двигателей серии) об общем объеме активных заказов, включая опционы, в размере более чем 6300 двигателей [8]. Согласно информации авиационного портала AIN ONLINE [9], руководство компании Pratt & Whitney планирует до 2020 г. поставить на рынок более 2500 ед. авиационных двигателей PW 1000G, а к 2025 году увеличить объем эксплуатируемых авиадвигателей указанной серии до 10 000 ед. Исходя из того, что основными потребителями авиадвигателей PW 1000G являются производители и эксплуатанты ВС Airbus A320neo и Bombardier CSeries, а также с учетом срока эксплуатации указанных типов ВС (от момента выхода в серию до появления более современных типов ВС, выпускаемых теми же концернами) порядка 15 лет, можно прогнозировать, что общий ожидаемый объем поставок авиадвигателей PW 1000G за рассматриваемый период вырастет, как минимум, до 15 000 ед. (из расчета 10 000 ед. – за первые 10 лет эксплуатации, и еще 5 000 ед. – за последующие 5 лет). Таким образом, соотношение суммарных расходов на НИОКР в размере 10 000 млн. долл. и сводной выручки от реализации 15000 ед. по цене 12 млн. долл. за единицу двигателей серии PW1000G составит:

$$10\ 000\ \text{млн.долл.} / (15\ 000\ \text{ед.} \times 12\ \text{млн.долл.}) = 5,6\%,$$

что подтверждает полученные результаты оценки доли затрат на НИОКР (исследования и разработки) в доходах от продажи авиационных двигателей по основным мировым производителям (General Electric, Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Safran), где значение в среднем составило 5,6%.

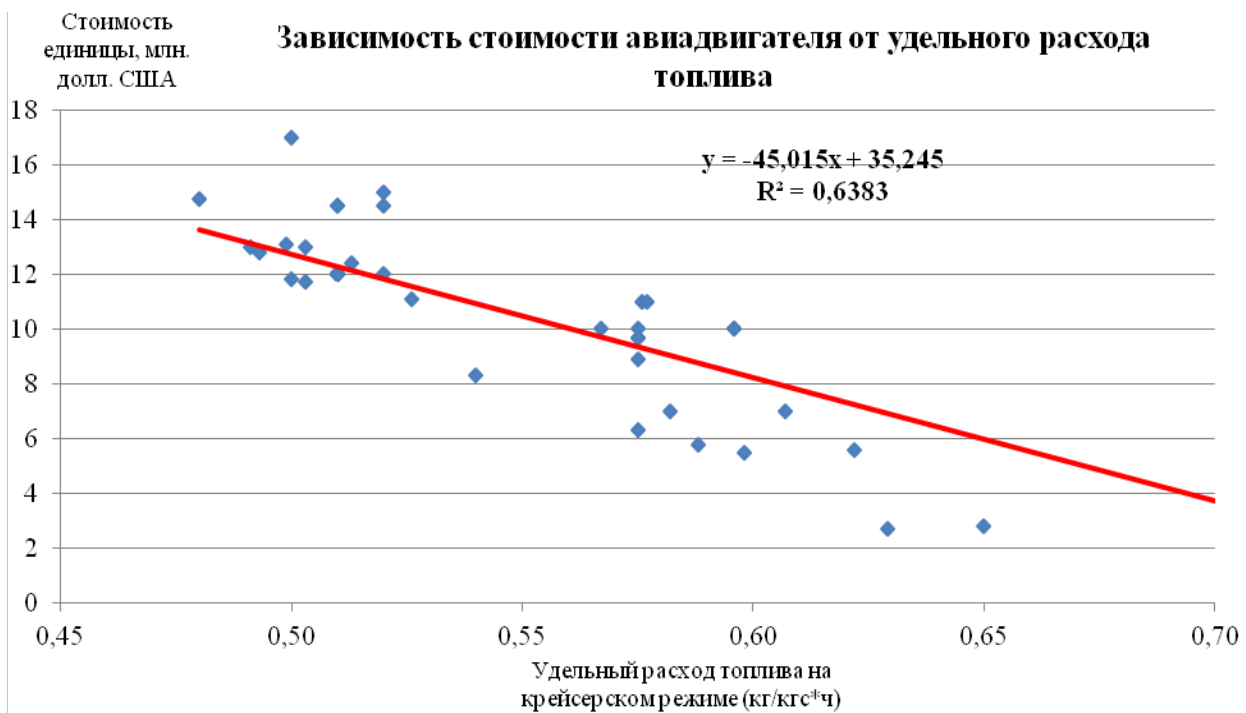
Учитывая выявленную взаимосвязь между расходами на НИОКР и объемами реализации продукции авиадвигателестроения, представляет интерес увязать цену реализации авиадвигателей с их основными эксплуатационными показателями. Применив инструменты математической статистики и технико-экономические данные авиационных двигателей в мире, из открытых источников определено, что наиболее устойчивой и надежной математической

моделью взаимосвязи стоимости авиадвигателя и его эксплуатационных характеристик является модель  $y = 0,0493x + 3,6876$ , где  $R^2 = 0,6515$ , представленная на рисунке 1.



**Рис. 1 – Зависимость стоимости авиадвигателя от максимальной тяги**

Попытки построения более сложных многофакторных моделей стоимости не позволяют значимо улучшить статистические характеристики качества модели. Интересной является возможность получения другой однопараметрической модели стоимости НИОКР от фактора топливной эффективности, измеряемой показателем удельного расхода топлива, рисунок 2. Относительно высокое значение критерия  $R^2 = 0,6383$  для данной модели, по нашему мнению, является следствием устойчивой взаимосвязи цены и максимальной тяги и высокими возможностями улучшения расходных характеристик авиадвигателя при увеличении его размерности по тяге.



**Рис. 2 – Зависимость стоимости авиадвигателя от удельного расхода топлива**

С учетом вышеизложенного и опираясь на приведенное соотношение расходов на НИОКР и доходов от продажи авиационных двигателей серии PW1000G в размере 5,6%, которое подтверждает представленные выше результаты оценки доли затрат на НИОКР (исследования и разработки) в доходах от продажи авиационных двигателей по основным мировым производителям (General Electric, Rolls-Royce, Pratt & Whitney, Safran), где полученное значение в среднем составляет 5,6%, можно построить модель оценки стоимости НИОКР авиадвигателя следующим образом:

$$C_{\text{НИОКР}} = (A_1 + A_0 * T) * K \quad (1)$$

где  $C_{\text{НИОКР}}$  - стоимость НИОКР, млн. долл.;

в соответствии с моделью, представленной на рис. 1

$A_0$  - статистический коэффициент, равный 0,0493;

$A_1$  - статистический коэффициент, равный 3,6876;

$T$  - максимальная взлетная тяга двигателя, кН;

*K* - множитель, млн. долл./кН.

В рамках реализации предложенной методики оценки стоимости НИОКР для разработчика появляется возможность применения стратегии соглашений по PBL, которая будет предусматривать стимулирование эффекта от внедрения технологических новаций, основанное на стимулировании получения нужных результатов эффекта в течение жизненного цикла продукции (авиадвигателей), начиная с разработки, производства, эксплуатации и, в конечном итоге, до списания.

PBL (Performance Based Logistics или Performance Based Lifecycle Product Support) – это ориентированная на конечные результаты (эффект) в практической предметной области стратегия (методология) обеспечения создания, производства, поддержания эксплуатационной годности и использования по назначению продукции в течение ее жизненного цикла, для реализации которой заказчики заключают специальные соглашения с исполнителями (поставщиками), в современном формате называемые контрактами жизненного цикла (ЖЦ). Указанные соглашения позволяют достигать выполнения требований заказчика при стимулировании снижения затрат, зависящих от результатов действий поставщиков по обеспечению поддержки (в том числе послепродажной) продукции за счет внедрения технологических новаций. PBL – это экономически обоснованная система заказа (приобретения) у поставщика продукции, ориентирующая его на достижение заданных высоких эксплуатационно-технических (тактико-технических) характеристик использования, базирующаяся на долговременных соглашениях с четким разделением полномочий и ответственности между сторонами (заказчиком и поставщиком).

### **Библиографический список**

1. Гязова М.М. Формирование структуры затрат и оценка стоимости жизненного цикла наукоемких систем // РЭИЖ. – 2018. – №2.



2. Годовой отчет General Electric. – <https://www.ge.com/investor-relations/annual-report>, 2018.
3. Годовой отчет Rolls-Royce. – <https://www.rolls-royce.com/investors/annual-report-2018.aspx#inner-downloads>.
4. Годовой отчет Pratt & Whitney. – <http://2018ar.utc.com/download-pdfs/>, 2018.
5. Годовой отчет Safran. – <https://www.safran-group.com/finance/publications/financial-press-releases/Financial%20press%20releases>.
6. Статья Aviation Week Network «Boeing’s NMA Poses Propulsion Puzzle for Engine Makers». – <https://aviationweek.com/technology/boeing-s-nma-poses-propulsion-puzzle-engine-makers>.
7. Статья JetBlue Picks Pratt Over CFM for Engines Valued at \$1.03 Billion. – <https://www.bloomberg.com/news/articles/2011-12-14/jetblue-to-buy-pratt-whitney-engines>.
8. Статья Aviation Week «Pratt & Whitney Hikes GTF List Prices». – <https://aviationweek.com/commercial-aviation/pratt-whitney-hikes-gtf-list-prices>.
9. Статья «Pratt & Whitney Details GTF Recovery Schedule». – <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2018-03-16/pratt-whitney-details-gtf-recovery-schedule>.

## References

1. Gyazova M.M. The formation of the cost structure and the assessment of the cost of the life cycle of high technology systems // Russian Economic Internet Journal. – 2018. – № 2.
2. General Electric Annual Report. – <https://www.ge.com/investor-relations/annual-report>, 2018.
3. Rolls-Royce Annual Report. – <https://www.rolls-royce.com/investors/annual-report-2018.aspx#inner-downloads>.

4. Pratt & Whitney Annual Report. – <http://2018ar.utc.com/download-pdfs/>, 2018.

5. Safran Annual Report <https://www.safran-group.com/finance/publications/financial-press-releases/Financial%20press%20releases>).

6. Aviation Week Network article «Boeing’s NMA Poses Propulsion Puzzle for Engine Makers». – <https://aviationweek.com/technology/boeing-s-nma-poses-propulsion-puzzle-engine-makers>.

7. JetBlue Picks Pratt Over CFM for Engines Valued at \$ 1.03 Billion article. – <https://www.bloomberg.com/news/articles/2011-12-14/jetblue-to-buy-pratt-whitney-engines>.

8. Aviation Week article «Pratt & Whitney Hikes GTF List Prices». – <https://aviationweek.com/commercial-aviation/pratt-whitney-hikes-gtf-list-prices>.

9. Article «Pratt & Whitney Details GTF Recovery Schedule». – <https://www.ainonline.com/aviation-news/air-transport/2018-03-16/pratt-whitney-details-gtf-recovery-schedule>.