Модель оценки влияния результатов НИОКР на показатели технико-эксплуатационного совершенства авиадвигателя и стоимость жизненного цикла воздушного судна

Фридлянд А.А., доктор экономических наук, профессор, Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), Москва, Россия

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

Аннотация. В статье приведена структурная схема модели формирования стоимости и оценки эффективности НИОКР, которая построена на основе декомпозиции затрат на НИОКР с последующим учетом величины указанных затрат и количественных характеристик оценки влияния результатов НИОКР на показатели технико-эксплуатационного совершенства авиадвигателя, как важнейшего компонента воздушного судна в рамках жизненного цикла авиадвигателя. Приведена структура формирования стоимости жизненного цикла авиадвигателя и критерия оценки его эффективности через моделирование его влияния на характеристики жизненного цикла воздушного судна, как системы более высокого уровня, куда авиадвигатель входит в качестве компоненты (подсистемы).

Ключевые слова: оценка эффективности НИОКР, жизненный цикл авиадвигателя, жизненный цикл воздушного судна, технико-эксплуатационное совершенство двигателя, стоимость жизненного цикла воздушного судна.

Model for assessing the impact of R&D results on the technical and operational excellence of an aircraft engine and aircraft life cycle cost

Fridlyand A.A., Doctor of Economics, Professor, Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTU GA), Moscow, Russia
Gyazova M.M., candidate of economic sciences, associate professor, Moscow Aviation Institute (national research University) (MAI), Moscow, Russia

Annotation. The article presents a structural diagram of the model of value formation and R&D efficiency assessment, which is based on the decomposition of R&D costs, followed by the magnitude of these costs and the quantitative characteristics of assessing the impact of R&D results on the technical and operational perfection of an aircraft engine, as the most important component of an aircraft in the framework of life aircraft engine cycle. The structure of formation of the cost of the life cycle of an aircraft engine and a criterion for assessing its effectiveness through modeling its influence on the characteristics of the aircraft life cycle as a system of a higher level where the aircraft engine is included as a component (subsystem) are presented.

Keywords: R&D effectiveness assessment, aircraft engine life cycle, aircraft life cycle, engine technical and operational perfection, aircraft life cycle cost.

В Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года указывается, что стратегической целью развития воздушного транспорта является удовлетворение потребностей инновационного социально ориентированного развития экономики и общества в конкурентоспособных качественных транспортных услугах. В этой связи авиации отводится важная социальная роль по повышению мобильности населения, которая отражает общий уровень благосостояния граждан. Государством ставится задача до 2030 года повысить транспортную мобильности населения до 13,2 тыс. км на 1

человека в год (в развитых странах этот показатель уже превышает 10 тыс. км). Так, по прогнозу ГосНИИ ГА для удовлетворения перспективного спроса на авиаперевозки, общая потребность только российских авиакомпаний в поставках пассажирских магистральных и региональных самолетов в период до 2030 года может составить 1950-2300 ед. Разработка авиационного комплекса, самолета, вертолета или другого летательного аппарата (ЛА), а также его систем требует до начала рабочего проектирования и серийного производства проведения большого объема научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, испытаний и доводки изделий. В авиационной промышленности наблюдается устойчивый рост сложности создаваемых систем и, параллельно с этим, усиление международной конкуренции. В связи с этим расширяется спектр работ по созданию новых механизмов и технологий анализа рынка, фундаментальных научных исследований, проектирования, производства и сопровождения авиационных систем в течении всего жизненного цикла. Совершенствуются методы управления сложными проектами с участием множества участников, сокращаются циклы проектирования, производства и сборки, разрабатываются виртуальные прототипы на основе адаптивно усложняющихся цифровых моделей, позволяющих свести к минимуму необходимость создания физических моделей, сократить вероятность ошибок и необходимость доработки конструкций, ускоряются темпы обновления и модернизации самолетного парка и т.д. Таким образом, авиационной промышленности России в ближайшие десятилетия необходимо перейти к принципиально новым технологиям разработки продукции и формирования научно-технического задела – новым технологиям, основанным на активном применении баз знаний, цифровых моделей изделий в жизненном цикле, методов и механизмов системной интеграции. В таблице 1 представлены целевые показатели создания научно-технического задела в области развития воздушного транспорта.

Таблица 1

Целевые показатели создания научно-технического задела в области развития воздушного транспорта

Наименование индикатора	Базовый уровень	Динамика целевых показателей			
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
Снижение аварийности в (раз)	1	2,5	5,0	7,0	8,5
Снижение шума относительно главы 4 норм ИКАО на, (EPNдБ)	7	12	20	25	30
Снижение эмиссии NOx относительно норм ИКАО 2008г. в (раз)	1	1,20	1,45	1,65	1,80
Снижение расхода топлива и эмиссии CO_2 в (раз)	1	1,1	1,25	1,45	1,60
Снижение удельной суммарной трудоемкости технического обслуживания на (%)	100	15	30	60	75
Снижение удельной стоимости жизненного цикла ВС на (%)	100	5	10	15	25
Повышение среднего налета на отказ ВС на (%)	100	30	45	65	100
Снижение числа задержанных вылетов по техническим причинам на (%)	100	30	50	65	85
Повышение назначенных межремонтных и календарных сроков службы в (раз)	1	1,1	1,2	1,3	1,4
Повышение достоверности контроля состояния ВС бортовыми средствами на (%)	10	50	70	85	95

Источник: «Форсайт развития авиационной науки и технологий до 2030 года и на дальнейшую перспективу», Международный научно-образовательный Форсайт-центр ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

Важнейшим показателем, характеризующим конкурентоспособность самолета, является характеристика возможности обеспечить перевозку наибольшей коммерческой нагрузки на наибольшую дальность при минимальном расходе топлива. В настоящее время недостаточная конкурентоспособность отечественных авиационных двигателей в части обеспечения безопасности, надежности и эффективности эксплуатации в сравнении с двигателями ведущих зарубежных фирм (General Electric, Pratt &

Whitney, Rolls Royce) ведет к превращению России из экспортера в импортера данной продукции, что подрывает основы одной из высокотехнологичных отраслей промышленности страны – двигателестроения. Технологии, применяемые в современном авиационном двигателестроении определяются следующими требованиями, признанными отраслевыми экспертами во всем мире на перспективу до 2030 г.:

- уменьшение расхода топлива;
- снижение уровня вредных выбросов;
- снижение уровня шума;
- снижение эксплуатационных расходов;
- снижение стоимостных показателей;
- повышение надежности;
- снижение затрат на ТОиР.

Крейсерский удельный расход топлива маршевых двигателей магистральных и региональных самолетов гражданской авиации, в значительной степени определяющий их топливную эффективность, составляет 0.52-0.63 кг/кгс.ч (в зависимости от поколения и размерности двигателя). Некоторые резервы улучшения топливной экономичности связаны с совершенствованием основных узлов (газовая динамика, эффективность охлаждения), расширением использования композиционных материалов в лопаточных машинах, камерах сгорании, элементах мотогондолы, применением «электрифицированных» двигателей, у которых отсутствует отбор воздуха на кондиционирование кабины. Однако, следует заметить, что дальнейшее улучшение авиационных двигателей в рамках традиционных компоновок связано с возрастающими трудностями, при относительно невысоком итоговом эффекте. В результате все большее внимание разработчики авиационных двигателей уделяют силовым установкам нетрадиционных конструктивно-компоновочных схем, переход к которым может потенциально обеспечить заметное улучшение технико-экономических характеристик ЛА, но сопряжен с рисками в реализации новых технических

решений. В таблице 2 представлены основные индикаторы развития двигателей для самолетов гражданской авиации.

Таблица 2

Индикаторы развития двигателей для самолетов гражданской авиации

Индикаторы	2015 г.	2020 г.	2030 г.
Наработка на включение в полете - не менее, тыс.ч	200	300	500
Ресурсы основных деталей «горячей»/»холодной» частей, тыс. полетов (циклов)	20/40	22/45	30/60
Снижение крейсерского удельного расхода топлива и CO_2, % к двигателям 2010г.	10-15	15-20	20-30
Снижение шума по сравнению с нормой главы 4 ИКАО EPNдБ	15	>20	>40
Снижение эмиссии NOx относительно норм ИКАО 2008г.	30-45	40-60	60-80
Снижение удельной массы, % к двигателям 2010г.			10

Источник: «Форсайт развития авиационной науки и технологий до 2030 года и на дальнейшую перспективу», Международный научно-образовательный Форсайт-центр ИСИЭЗ НИУ ВШЭ

Таким образом, можно предположить, что на пути развития авиадвигателей ключевая точка эталонизации будет обусловлена выбором той или иной альтернативной конфигурации перспективного авиадвигателя, обеспечивающего достижение высоких показателей технико-эксплуатационного уровня как авиадвигателя, так и воздушного судна (ВС) в целях обеспечения необходимой конкурентоспособности проектируемого изделия на рынке в сравнении с лучшими мировыми аналогами. Это является основной задачей разработки новых технологий и соответствующих вложений в НИОКР. Концептуальная и функциональная связь разработки технологий с блоком показателей технико-эксплуатационного совершенства авиадвигателя отражена на схеме 1.

Предложена структурная схема модели формирования стоимости и оценки эффективности НИОКР, которая построена на основе декомпозиции затрат на НИОКР с последующим учетом величины указанных затрат и количественных характеристик оценки влияния результатов НИОКР на показатели технико-эксплуатационного совершенства авиадвигателя, как

важнейшего компонента воздушного судна в рамках жизненного цикла авиадвигателя с определением стоимости жизненного цикла авиадвигателя и критерия оценки его эффективности через моделирование его влияния на характеристики жизненного цикла воздушного судна, как системы более высокого уровня, куда авиадвигатель входит в качестве компоненты (подсистемы). При этом могут определяться и уточняться оптимальные (приемлемые, допустимые или, в негативном варианте, недопустимые, неприемлемые, неоптимальные) параметры технико-эксплуатационного совершенства в рамках технически достижимых диапазонов. Модель построена на базе комплекса функционально-стоимостных (параметрических) зависимостей. Для использования она включает учет входных (исходных) данных - требований, устанавливаемых в Техническом задании на проектирование, с возможностью дальнейшего уточнения и согласования (схема 1). Входные данные задают требования к основным общим эксплуатационным характеристикам авиадвигателя (например, тяге) и технико-эксплуатационному уровню авиадвигателя и его основных узлов и систем, а также воздушного судна, на котором установлен авиадвигатель – по характеристикам ВС, в наибольшей мере зависящим от параметров авиадвигателя и его основных агрегатов (например, удельного расхода авиатоплива на кресло-км, определяющемуся в зависимости как от аэродинамики ВС, так и от совершенства авиадвигателя, удельной массе силовой установки в кг массы на единицу тяги в кН и др., в том числе уровень вредных выбросов, уровень шума, надежность, эксплуатационные расходы, затраты на ТОиР).

Таким образом, наличие результатов оценки планируемого влияния применения новых технологий на улучшение показателей технико-эксплуатационного совершенства авиадвигателя при успешном завершении и реализации соответствующих НИОКР (в том числе по развитию новых технологий), позволит нам построить модель учета стоимости НИОКР и оценки эффекта от ее выполнения на результативность использования проектируемых

авиадвигателей в течение жизненного цикла их использования в интересах авиатранспортной отрасли:

$$Э = \frac{СЖЦ_{а/д}\left\{C_{НИОКР} + C_{ППР} + C_{ПР} + C_{экспл} + P_{авиаГСМ}\right\}}{V_{авиатр.работ}},$$

где $Э$ - показатель эффективности,

$СЖЦ_{а/д}$ - стоимость жизненного цикла авиадвигателя включая стоимости НИОКР, подготовки производства, серийного производства, эксплуатации и расходов на авиаГСМ (руб.),

$V_{авиатр.работ}$ объем авиатранспортной работы (тонно-километр, пасс-километр или кресло-километр для ВС, на которых устанавливаются проектируемые двигатели за весь период жизненного цикла).

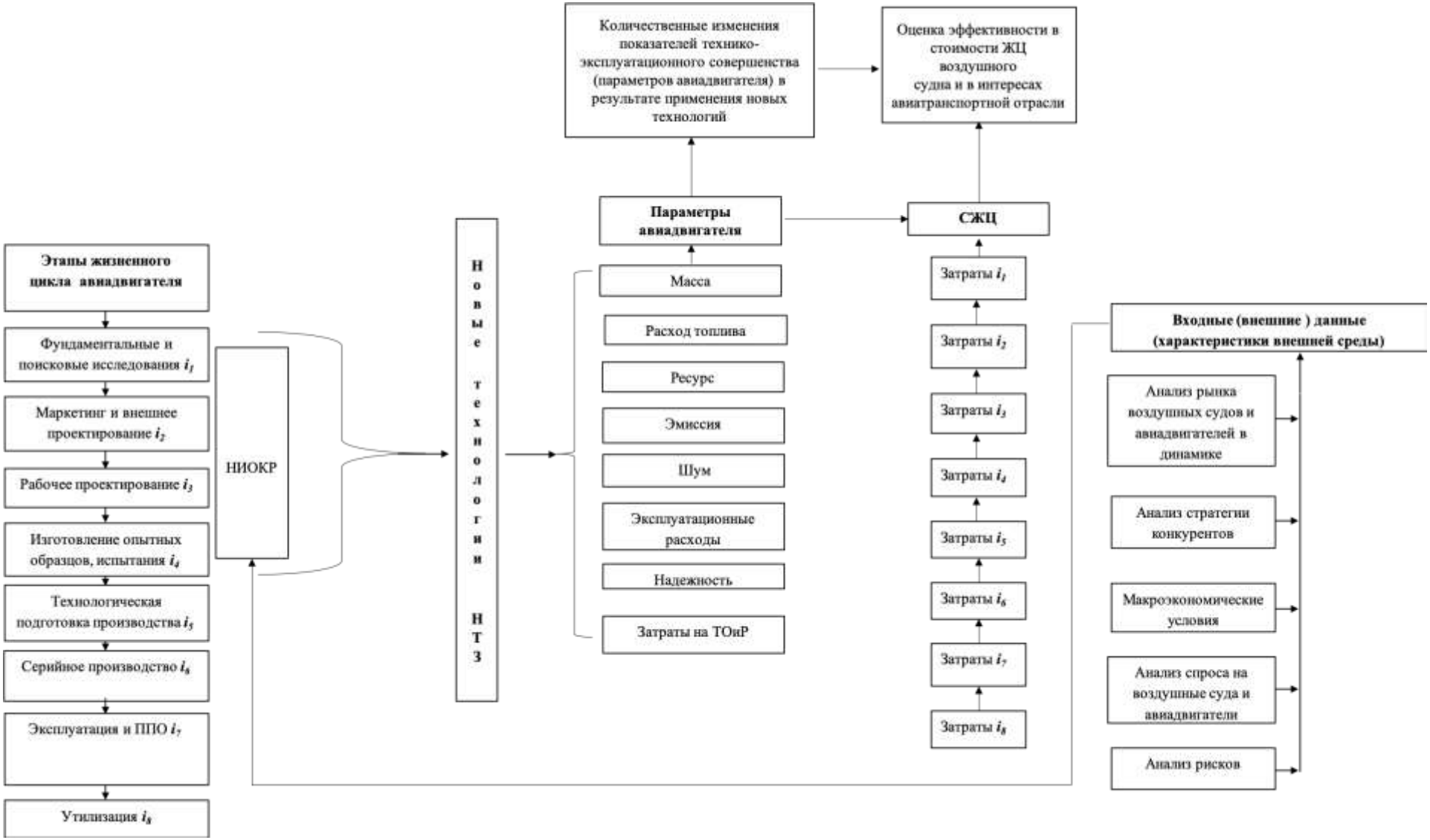

Схема 1 – Концептуальная и функциональная связь разработки новых технологий с блоком показателей технико-эксплуатационного совершенства авиадвигателя

$$A_Э = \Delta Э \cdot V_{авиатр.работ}$$

Абсолютный эффект ($A_Э$) от реализации результатов НИОКР составит величину прироста (изменения) удельного показателя (Э), умноженного на объемы использования данного типа авиадвигателя в отрасли в тонно-километрах, пасс-километрах или кресло-километрах транспортной работы ВС, на которых будут установлены авиадвигатели за период их жизненного цикла.

Библиографический список

1. «Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических систем железнодорожного транспорта» утвержденная распоряжением ОАО РЖД от 27.12.2007 г. № 2459р.

2.Горелов Б.А., Гязова М.М. Ключевые показатели эффективности и формирование ориентированного на конечный результат механизма стимулирования в рамках контрактов жизненного цикла // СТИН – Станки Инструмент. – 2017. – №10.

3. Клочков В.В., Гусманов Т.М. Проблемы прогнозирования спроса на перспективные гражданские самолеты российского производства // Проблемы прогнозирования. – 2007. – № 2. – С. 16-31.

4. Клочков В.В., Гусманов Т.М. Маркетинговые информационные технологии в авиастроении // Маркетинг в России и за рубежом. – 2007. – № 6.– С. 10–18.

5. Фридлянд А.А., Гязова М.М., Карапетян А.Г. Оптимизация основных требований технического задания и проектно-эксплуатационных характеристик воздушного судна на основе концепции стоимости жизненного цикла//Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2018. – №24. – С.27-39.

6. http://iatu.ulstu.ru/wp-content/uploads/2015/08/Форсайт-Развития-авиационной-науки-и-технологий-до-2030-года-и-дальнейшую-перспективу

References

1. «Methodology for determining the cost of the life cycle and the limit price of rolling stock and complex technical systems of railway transport» approved by the Russian Railways decree dated 27.12.2007 № 2459р.

2. Gorelov B.A., Gyazova M.M. Key performance indicators and the formation of an incentive-based incentive mechanism within life-cycle contracts. // STIN – Machine Tools. – 2017. – № 10.

3. Klochkov V.V., Gusmanov T.M. Problems of Forecasting Demand for Promising Civil Aircraft of Russian Production // Problems of Forecasting. – 2007. – № 2. – P. 16-31.

4. Klochkov V.V., Gusmanov T.M. Marketing information technologies in aircraft building // Marketing in Russia and abroad. – 2007. – № 6. – P. 10-18.

5. Fridlyand A.A., Gyazova M.M., Karapetyan A.G. Optimization of the basic requirements of the technical assignment and design-operational characteristics of theaircraft based on the concept of the value of the life cycle // Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation. – 2018. – №24. – P.27-39.

6. http://iatu.ulstu.ru/wp-content/uploads/2015/08/Foresight-Development-Aviation-Science-and-Technologies-Up to-2030-year-and-A-Future.