

Технико-экономическая эффективность применения силовых установок нетрадиционных схем для гражданских летательных аппаратов различного назначения

Поляков Алексей Романович¹

Начальник сектора

ORCID: 0000-0002-6000-6637, e-mail: alerompol@mail.ru

Смоляков Олег Александрович¹

Науч. сотрудник

ORCID: 0000-0002-2074-2138, e-mail: smolykov_osa@mail.ru

Оздоева Эльза Ахметовна²

Ассист. каф. математических методов в экономике и управлении

ORCID: 0000-0001-6882-7715, e-mail: ozdоеva.1994@mail.ru

Неклюдова Анастасия Михайловна¹

Инженер-программист

ORCID: 0000-0001-5763-1768, e-mail: nek-a@ya.ru

Захарченко Виктор Савельевич¹

Канд. техн. наук, начальник отдела

ORCID: 0000-0003-0858-0014, e-mail: vszaharchenko@ciam.ru

Варюхин Антон Николаевич¹

Канд. техн. наук, зам. генерального директора, директор исследовательского центра

«Гибридные и электрические силовые установки»

ORCID: 0000-0002-4691-5228, e-mail: anvaryukhin@ciam.ru

¹ Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова, г. Москва, Россия

² Государственный университет управления, г. Москва, Россия

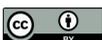
Аннотация

С целью разработки методического аппарата оценки различных стадий жизненного цикла гибридных/электрических силовых установок рассмотрены существующие подходы к оценке затрат на разработку, производство и эксплуатацию авиадвигателей традиционной схемы силовых установок для определения стоимостных рамок и их дальнейшей гармонизации с технико-экономическими граничными условиями новых элементов в схеме гибридных/электрических силовых установок. Определена актуальность решения задач по оценке технико-экономической эффективности и прогнозирования стоимости гибридных силовых установок. Для решения поставленных задач предложен методический подход определения граничных условий и критериев. В рамках данного методического подхода произведена предварительная оценка стоимости основных стадий жизненного цикла авиационных двигателей для различных вариантов традиционных силовых установок. На основе полученных оценок сформированы критерии экономической эффективности применения гибридной силовой установки различной мощности для воздушных судов гражданского назначения. Представлен расчетно-параметрический анализ стоимостной оценки вариантов авиационных двигателей, входящих в силовую установку традиционной схемы. Определена роль сведений бухгалтерского и управленческого учета в экономико-математических моделях, позволяющая качественно отражать экономическую эффективность жизненного цикла авиационных изделий.

Для цитирования: Поляков А.Р., Смоляков О.А., Оздоева Э.А., Неклюдова А.М., Захарченко В.С., Варюхин А.Н. Технико-экономическая эффективность применения силовых установок нетрадиционных схем для гражданских летательных аппаратов различного назначения // Вестник университета. 2023. № 3. С. 117–126.

Ключевые слова

Технико-экономическая эффективность, стоимость, затраты, бухгалтерский учет, управленческий учет, стоимостная оценка, критерии эффективности



Technical and economic efficiency of the unconventional propulsion units use for civilian aircraft of various purposes

Aleksej R. Polyakov¹

Head of the sector

ORCID: 0000-0002-6000-6637, e-mail: alerompol@mail.ru

Oleg A. Smolyakov¹

Researcher

ORCID: 0000-0002-2074-2138, e-mail: smolykov_osa@mail.ru

El'za A. Ozdoeva²

Assistant at the Department of Mathematical Methods in Economics and Management

ORCID: 0000-0001-6882-7715, e-mail: ozdoeva.1994@mail.ru

Anastasiya M. Neklyudova¹

Software engineer

ORCID: 0000-0001-5763-1768, e-mail: nek-a@ya.ru

Viktor S. Zakharchenko¹

Cand. Sci. (Tech.), Head of Department

ORCID: 0000-0003-0858-0014, e-mail: vszaharchenko@ciam.ru

Anton N. Varyukhin¹

Cand. Sci. (Tech.), Deputy Director General, Director of Research Center "Hybrid and Electric Power Plants"

ORCID: 0000-0002-4691-5228, e-mail: anvaryukhin@ciam.ru

¹ Central Institute of Aviation Motors, Moscow, Russia

² State University of Management, Moscow, Russia

Abstract

In order to develop a methodological apparatus for assessing various stages of the life cycle of hybrid/electric propulsion units, the existing approaches to estimating the costs of developing, manufacturing and operating aircraft engines of the traditional propulsion units scheme for determining the cost framework and their further harmonization with the technical and economic boundary conditions of new elements in the hybrid/electric SU scheme are considered. The relevance of solving the problems of assessing the technical and economic efficiency and forecasting the cost of hybrid propulsion units is determined. To solve the tasks, a methodological approach to determining boundary conditions and criteria is proposed. Within the framework of this methodological approach, a preliminary assessment of the cost of the main stages of the life cycle of aircraft engines for various variants of traditional propulsion units was made. Based on the estimates obtained, criteria for the economic efficiency of using a hybrid propulsion unit of various capacities for civil aircraft were formed. A computational and parametric analysis of the cost estimation of variants of aircraft engines included in the propulsion unit of the traditional scheme is presented. The role of accounting and management accounting data in economic and mathematical models is determined, which makes it possible to qualitatively reflect the economic efficiency of the life cycle of aviation products.

Keywords

Technical and economic efficiency, cost, costs, accounting, management accounting, cost estimation, efficiency criteria

For citation: Polyakov A.R., Smolyakov O.A., Ozdoeva E.A., Neklyudova A.M., Zakharchenko V.S., Varyukhin A.N. (2023) Technical and economic efficiency of the unconventional propulsion units use for civilian aircraft of various purposes. *Vestnik universiteta*, no. 3, pp. 117–126.



ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в авиационной отрасли реализуется множество перспективных проектов по созданию авиационных силовых установок (далее – СУ) с применением новых конструкторских решений. К активно развиваемым направлениям относится разработка гибридных (далее – ГСУ) и электрических (далее – ЭСУ) силовых установок [1; 2]. Одним из проблемных вопросов, влияющих на принятие решения о целесообразности создания уникальных авиационных СУ (ГСУ и ЭСУ) является отсутствие методики оценки технико-экономической эффективности их применения на летательных аппаратах (далее – ЛА) различного назначения с учетом оценки стоимости основных стадий жизненного цикла. Если для СУ на двигателях традиционных схем вопросы оценки стоимости их жизненного цикла проработаны и применяются на практике, то в случае ГСУ/ЭСУ эта задача характеризуется большой неопределенностью в силу ее новизны. Кроме того, схемы ГСУ и ЭСУ с входящими в них компонентами достаточно многообразны, что, в свою очередь, усложняет решение задач по оценке технико-экономической эффективности.

Рассматривая схемы ГСУ для различных ЛА, в их составе помимо газотурбинного двигателя (далее – ГТД) имеются элементы (компоненты), которые значимо могут повлиять на стоимость жизненного цикла СУ, такие как: электродвигатель, генератор электрического тока, аккумуляторный блок, топливный элемент и т.д. По набору характеристик такие СУ схожи с СУ, в составе которых применяется ГТД, но если рассматривать ГСУ покомпонентно, то возникают свои особенности, которые следует учитывать при оценке затрат на их эксплуатацию.

В силу отсутствия необходимого опыта эксплуатации и, соответственно, данных о технико-экономических результатах использования ГСУ и ЭСУ возникает необходимость сформулировать критерии сравнительной оценки применения рассматриваемых типов СУ в составе воздушных судов. Данная задача чрезмерно сложная и весьма актуальная. На ранних этапах становления этого направления в авиадвигателестроении весьма продуктивным и целесообразным видится использование на практике относительных критериев, основанных на оценке затрат по новым типам СУ с аналогичными затратами для СУ традиционных схем той же мощности или тяги.

Для определения предельных границ, на основе которых будут сформированы критерии экономической эффективности использования ГСУ по сравнению с традиционными типами, в данной статье представлена оценка стоимостных рамок этапов жизненного цикла ГТД (входящих в состав традиционных СУ и ГСУ, без учета новых элементов) с альтернативным набором значений параметров. В качестве базовых были приняты условия, согласно которым:

- 1) для однодвигательных и двухдвигательных вариантов СУ необходимо проводить расчеты отдельно;
- 2) с учетом того, что на экономические результаты проекта значительное влияние оказывает эффект масштаба в зависимости от выбранной стратегии производства, должны быть рассмотрены различные варианты обеспечения необходимой мощности за счет как двухдвигательной СУ (тем самым, снижая затраты на единицу наукоемкой продукции при укрупнении производства в долгосрочном периоде), так и однодвигательной СУ (уменьшая краткосрочные и среднесрочные производственные издержки соответственно).

Условно, для СУ с применением одного двигателя традиционной схемы (а именно, турбовинтового ГТД) рассматривались следующие авиационные двигатели различной мощности:

- ТвГТД-1, мощностью 950 л.с.;
- ТвГТД-2, мощностью 1000 л.с.;
- ТвГТД-3, мощностью 1100 л.с.;
- ТвГТД-4, мощностью 1200 л.с.

Для СУ с применением двух авиационных двигателей традиционной схемы рассматривались следующие двигатели:

- ТвГТД-5, мощностью 500 л.с.;
- ТвГТД-6, мощностью 550 л.с.;
- ТвГТД-7, мощностью 600 л.с.;
- ТвГТД-8, мощностью 650 л.с.

МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ

На начальных этапах создания двигателя для прогнозирования затрат на опытно-конструкторские работы обычно прибегают к укрупнённым статистическим моделям, устанавливающим связь между величиной стоимости разработки ГТД и независимыми переменными, характеризующими параметры двигателя и условия его разработки. Указанное позволило получить зависимости для укрупненной оценки ожидаемых затрат на опытно-конструкторские работы для авиационных двигателей различного назначения. Эти зависимости учитывают влияние на затраты массогабаритных и удельных параметров, температуры газа перед турбиной, преемственности разрабатываемого двигателя.

Для моделирования затрат на опытно-конструкторские работы была использована модель следующего вида [3, 4]:

$$C_{ОКР} = a_0 \cdot G_{ВЛ}^{a_1} \cdot \pi_K^{a_2} \cdot \left(\frac{T_{Г}}{1000} \right)^{a_3} \cdot K_{ПР}^{a_4}, \quad (1)$$

где $G_{ВЛ}$ – расход воздуха через внутренний (П) контур двигателя, кг/с; π_K – суммарная степень повышения давления; $T_{Г}$ – максимальная температура газа перед турбиной, К; $K_{ПР}$ – коэффициент конструктивно-технологической преемственности разработки; a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 – статистические коэффициенты, отражающие влияние входящих в модель факторов и рассчитанные на сведениях отчетности (бухгалтерского и управленческого учета).

Продолжительность разработки двигателей ($T_{ОКР}$) рассчитывается по статистической модели следующего вида [3, 4]:

$$T_{ОКР} = b_0 \cdot M_{ДВ}^{b_1} \cdot \left(\frac{T_{Г}}{1000} \right)^{b_2} \cdot (T - 2001)^{b_3} \cdot K_{ПР}^{-b_4}, \quad (2)$$

где $M_{ДВ}$ – масса проектируемого двигателя, т; $T_{Г}$ – максимальная температура газа перед турбиной, К; T – календарный год проведения расчета; $K_{ПР}$ – обобщённый коэффициент преемственности проектируемого двигателя; b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 – статистические коэффициенты, отражающие влияние входящих в модель факторов и рассчитанные на сведениях отчетности (бухгалтерского и управленческого учета).

На основе приведенных статистических моделей (1) и (2), была проведена оценка ожидаемых затрат на опытно-конструкторские работы и сроков их проведения по каждому варианту СУ для следующих двух возможных сценариев.

1. Предложенные для использования в СУ авиадвигатели традиционной схемы разрабатываются в условиях современной технологической оснащённости и текущей обстановки на внутреннем и внешнем рынках (применительно к данному сценарию был принят коэффициент преемственности, определяющий степень использования в новой конструкции деталей, заимствованных из других изделий, уже освоенных производством на уровне 70–80 %, поскольку данный вариант разработки не предполагает использование принципиально новых технических решений в процессе создания авиационных двигателей).

2. Для воздушных судов гражданского назначения к разработке предлагаются авиадвигатели уровня 2030-х г. с учетом условия реализуемости разработки ГСУ (применительно к данному сценарию был принят коэффициент преемственности 40–50 %, так как создаются перспективные авиационные двигатели нового уровня).

Поскольку для двух описанных случаев конструктивно-технологическая преемственность разрабатываемых авиационных двигателей будет различаться, то и сроки разработки, и затраты на нее будут отличаться.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ОДНОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Для проведения расчетов авторами были определены основные технические параметры авиационных двигателей, исходя из предполагаемой размерности воздушного судна. Таким образом, для СУ, включающей один турбовинтовой ГТД, были определены необходимые технические параметры [5].

Исходя из принятых сценариев и исходных данных, были получены результаты оценки стоимости и продолжительности разработки двигателей рассматриваемого класса мощности с технологической преемственностью 70–80 % и 40–50 %.

Как следует из полученных данных, для авиадвигателей с технологической преемственностью 70–80 % при практически одинаковых сроках разработки (≈ 4 г.) ожидаемый размер потребного финансирования разработки увеличивается в зависимости от повышения оптимальных газодинамических параметров, включая мощность изделия. В среднем стоимость разработки различных вариантов двигателей данного класса мощности отличается на ≈ 2 –6%.

Для двигателей с технологической преемственностью 40–50 % сроки разработки увеличились \approx на 1 г., ожидаемый размер стоимости разработки при увеличении новизны разработки (за счет снижения преемственности до 40–50 %) увеличивается по сравнению с предыдущим вариантом примерно на ≈ 33 %.

На рис. 1 представлены граничные условия стоимостных оценок, отражающие целесообразность разработки ГСУ для воздушных судов принятой размерности.

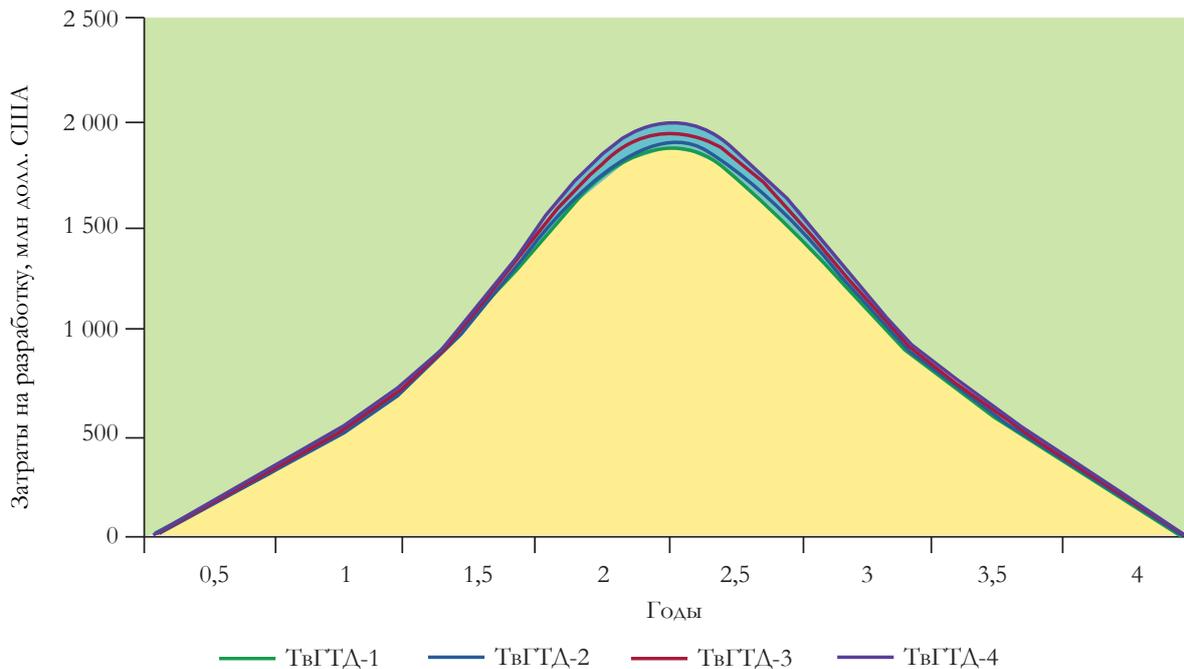


Рис. 1. Граничные условия стоимости разработки ГСУ при преемственности 70–80 %

На основе результатов оценки стоимости и сроков разработки рассматриваемых вариантов двигателей в составе однодвигательной СУ можно сделать следующие выводы:

- наибольшая экономическая эффективность применения ГСУ для воздушных судов гражданской авиации с точки зрения их разработки достигается в случае, если характеристическая линия затрат будет попадать в область ниже граничных линий ТвГТД-1 (выделена желтым цветом);
- в случае, если характеристическая линия затрат на создание двигателя попадет в зеленую зону (выше граничной линии ТвГТД-4), в качестве более эффективной следует рассматривать СУ с авиационным двигателем традиционной схемы;
- если характеристическая линия затрат на разработку двигателя окажется в голубой зоне (граничные линии ТвГТД-4 – ТвГТД-2), то применение СУ с новыми конструкторскими решениями и традиционных схем с точки зрения технико-экономических показателей возможно считать относительно равнозначным.

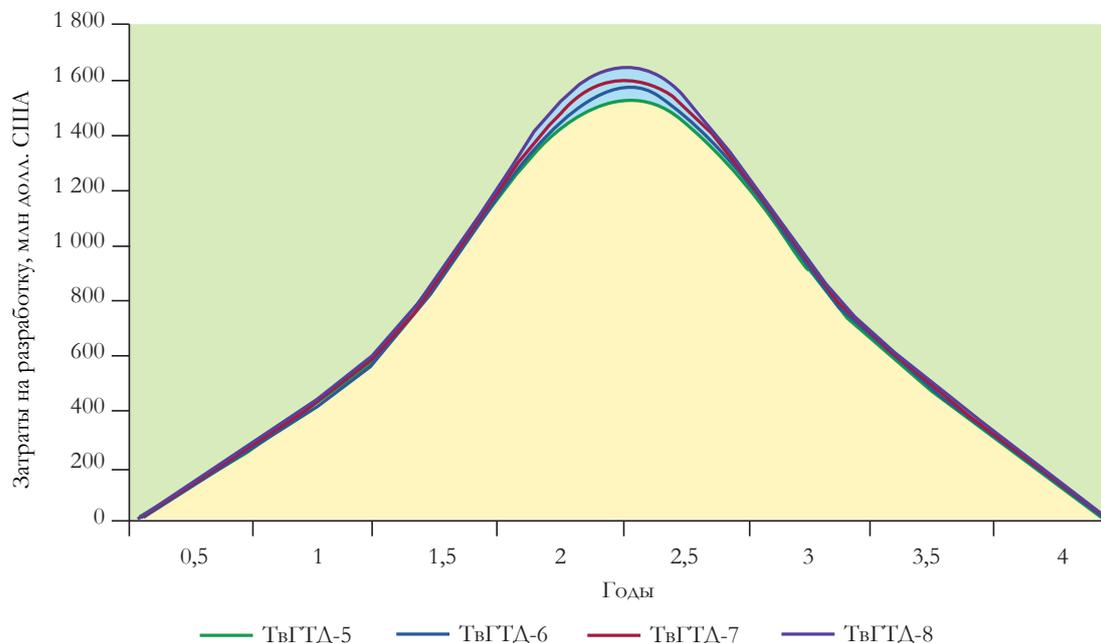
Граничные значения зон эффективности будут сдвигаться в зависимости от технологической преемственности разрабатываемых двигателей с учетом указанных параметров двигателя.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ДВУХДВИГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Расчеты для варианта СУ с двумя авиационными двигателями выполнялись аналогично расчетам для однодвигательной СУ, а именно, в соответствии с принятыми сценариями и исходными данными, были получены результаты оценки стоимости и продолжительности разработки двигателей рассматриваемого класса мощности с технологической преемственностью 70–80 % и 40–50 %.

Как следует из полученных результатов, сроки разработки увеличились \approx на 1 г., ожидаемый размер стоимости разработки двигателей данного класса мощности при увеличении новизны разработки (за счет снижения преемственности до 40–50 %) увеличивается по сравнению с предыдущим вариантом на \approx 24–29 %.

На рис. 2 представлены стоимостные граничные условия целесообразности разработки ГСУ для воздушных судов принятой размерности.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 2. Стоимостные граничные условия целесообразности разработки ГСУ при преемственности 70–80 %

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- наибольшую эффективность применение ГСУ для воздушных судов гражданского назначения будет иметь в случае, если характеристическая линия затрат на разработку двигателя будет попадать в область ниже граничной линии ТвГТД-5 (желтая область);
- в случае, если характеристическая линия затрат на создание авиадвигателя попадет в зеленую зону (выше граничной линии ТвГТД-8), в качестве более эффективной следует рассматривать СУ с двигателем традиционной схемы;
- если характеристическая линия затрат на разработку двигателя окажется в голубой зоне (границы линий ТвГТД-5 – ТвГТД-8), то разработка ГСУ и традиционных схем будет экономически равнозначна.

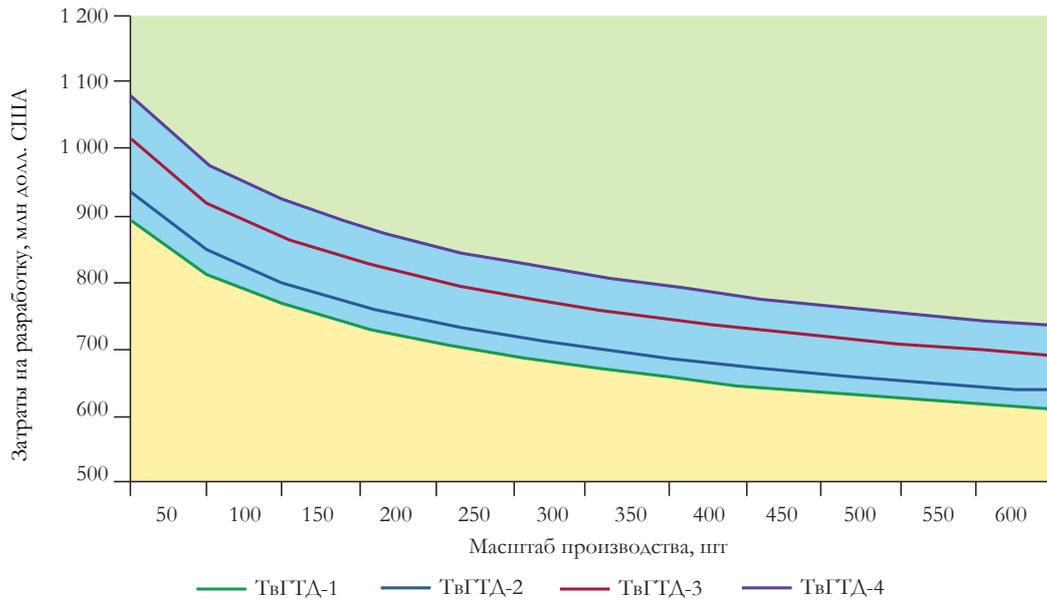
Таким образом, граничные значения зон эффективности будут сдвигаться в зависимости от технологической преемственности разрабатываемых двигателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАДИИ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Технико-экономическая оценка стадии серийного производства предполагает расчет стоимости (себестоимости) выпускаемой продукции и цены производства по статистической модели базовой цены авиационного двигателя с заданными характеристиками в условиях мирового рынка [4; 6; 7].

Предположим, что планируется производство авиадвигателей рассматриваемого класса мощности для применения в составе однодвигательной СУ с соответствующими техническими параметрами в количестве 300 штук. Производство двигателей для двухдвигательной СУ с соответствующими техническими параметрами принято в количестве 600 штук. Объем производства в обоих случаях определен, исходя из условной потребности в воздушных судах – 300 самолетов.

Как показывают полученные результаты, в случае с однодвигательной СУ (рис. 3) наиболее дорогим в производстве оказался двигатель мощностью 1200 л.с. (ТвГТД-4).



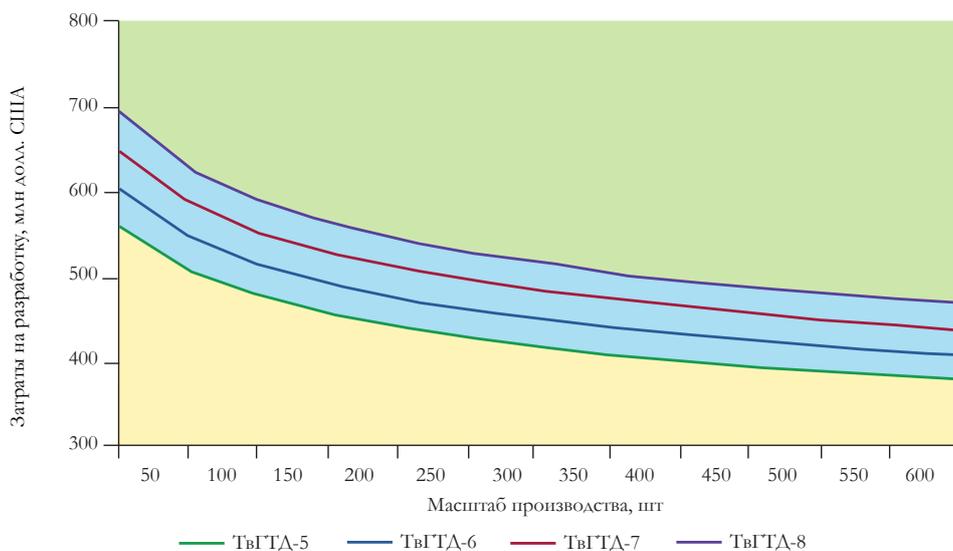
Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 3. Оценка предполагаемой стоимости производства авиационных двигателей различной мощности при различных масштабах производства для однодвигательной СУ

Осуществленные расчеты позволили определить следующее в разрезе стадии серийного производства:

- применение ГСУ для воздушных судов гражданской авиации будет иметь большую эффективность в случае, если точка соотношения затрат на производство двигателя для принятого масштаба его выпуска будет попадать в область ниже граничной линии ТвГТД-1 (желтая область);
- в случае, если точка, координатами которой являются затраты на производство и принятый масштаб выпуска авиационных двигателей, попадет в зеленую зону (выше граничной линии ТвГТД-4), то экономически выгодной на этапе производства окажется СУ традиционного типа;
- если затраты при принятом масштабе производства двигателя окажутся в голубой зоне (граничные линии ТвГТД-1 – ТвГТД-4), то ГСУ и традиционные схемы экономически будет иметь относительно равную эффективность.

В случае с двухдвигательной СУ (рис. 4), как показывают полученные результаты, наиболее дорогим в производстве оказался двигатель ТвГТД-8 мощностью 650 л.с.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 4. Оценка предполагаемой стоимости производства авиационных двигателей различной мощности при различных масштабах производства для двухдвигательной СУ

В этом случае на основе результатов оценки стоимостных характеристик стадии производства рассматриваемых вариантов авиационных двигателей определено, что:

- применение ГСУ для гражданских воздушных судов будет иметь большую эффективность в случае, если точка соотношения затрат на производство двигателя для принятого масштаба его выпуска будет попадать в область ниже граничной линии ТвГТД-5 (желтая область);
- в случае, если точка, координатами которой являются затраты на производство и принятый масштаб выпуска авиационных двигателей, попадет в зеленую зону (выше граничной линии ТвГТД8), то экономически более выгодной на стадии производства считается СУ традиционного типа;
- если затраты при принятом масштабе производства двигателя окажутся в голубой зоне (линии ТвГТД-5 – ТвГТД-8), то применение ГСУ и традиционных схем с точки зрения их экономической эффективности можно считать равнозначными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Эксплуатация – важнейшая стадия жизненного цикла авиационного двигателя, во многом определяющая эффективность проекта его создания в целом. Для стоимостной оценки двигателей на этапе эксплуатации целесообразно применять методику расчета прямых эксплуатационных расходов, разработанную в Центральном институте авиационного моторостроения имени П.И. Баранова [4; 8–10].

Оценки прямых эксплуатационных расходов в части двигателя, включающих в себя амортизационные расходы, расходы на техобслуживание и ремонт, а также затраты на топливо, приходящиеся на один пассажиро-километр, характеризующие эффективность применения двигателей в составе СУ самолета, позволили сделать соответствующие выводы.

На основе результатов оценки стоимости эксплуатации двигателей в составе СУ с применением одного авиадвигателя существует возможность определить, что:

- наибольшую эффективность применение ГСУ для воздушных судов рассматриваемой размерности будет иметь в случае, если затраты стадии эксплуатации ориентировочно не будут превышать 11 000 долл. США;
- в случае, если затраты на эксплуатацию авиационного двигателя превышают 13 000 долл. США, целесообразно использовать СУ традиционного типа;
- в остальных случаях применение ГСУ и традиционных схем с точки зрения экономического эффекта можно считать равноценным.

В случае эксплуатации двигателей в составе двухдвигательной СУ существует возможность определить, что:

- наибольшую эффективность использование авиационного двигателя для гражданских малоразмерных самолетов будет иметь в случае, если размер затрат стадии эксплуатации не будет превышать $\approx 11\,300$ долл. США;
- в случае, если затраты на эксплуатацию авиационного двигателя превышают 16 000 долл. США, целесообразно использовать СУ традиционного типа;
- в остальных случаях применение рассматриваемых новых СУ и традиционных схем будет экономически равноэффективно.

Критические значения неизменны вне зависимости от новизны производимых авиационных двигателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом существующего задела по разработке авиадвигателей нетрадиционных схем был предложен подход к формированию критериев оценки экономической эффективности применения ГСУ или ЭСУ для воздушных судов гражданского назначения, основанный на сравнении затрат по новым типам двигателей с аналогичными затратами для двигателей традиционных схем той же мощности.

Представлены подходы к оценке затрат на разработку, производство и эксплуатацию СУ традиционной схемы для определения стоимостных рамок и их дальнейшей гармонизации с технико-экономическими граничными условиями гибридных/электрических СУ.

Отраженные в статье результаты исследования позволили определить следующие выводы:

- наибольшую эффективность применение ГСУ на воздушном судне гражданской авиации будет иметь в случае, если значения затрат будут соответствовать области граничных линий, отражающих минимальные значения затрат соответствующих стадий жизненного цикла рассматриваемых вариантов авиационных двигателей;

- в случае, если результаты оценки затрат на соответствующую стадию жизненного цикла изделия попадают в область выше максимальных значений, то целесообразно применять СУ традиционного типа;
- если по результатам расчетов полученные значения стоимости стадии жизненного цикла двигателя для ГСУ будут находиться в рамках границ значений аналогичных показателей для традиционных авиационных двигателей, то применение как нетрадиционных схем, так и традиционных схем экономически равнозначно;
- разработанные методические основы должны быть уточнены и более конкретизированы по мере накопления данных относительно специфики разработки, производства и эксплуатации новых, нетрадиционных элементов СУ с целью формирования действенного и эффективного инструмента оценки стоимости эксплуатации гибридных/электрических СУ при оптимизации конструктивно-схемных решений и характеристик.

Таким образом, к решению задач технико-экономического анализа, прогнозирования стоимости и цены жизненного цикла авиадвигателя следует подходить индивидуально, исходя из внедряемых в перспективное изделие новых конструкторских решений. При этом целесообразно использовать сведения, подтверждающие факт хозяйственной деятельности предприятий, участвующих в разработке авиационных компонентов, технологий, узлов и прочих элементов, применяемых в процессе создания СУ нетрадиционных схем, к которым относятся ГСУ и ЭСУ. В то же время требуется формировать информационно-аналитическую систему, соответствующую реалиям настоящего времени, обеспечивающую решение рассматриваемых проблемных вопросов [11, 12].

Библиографический список

1. ТАСС. *Авиадвигатели будущего. Гибридная силовая установка – новый путь для авиации*. <https://tass.ru/armiya-i-opk/11936997> (дата обращения: 09.01.2023).
2. TechInsider. *Как устроены электросамолеты будущего*. <https://www.techinsider.ru/technologies/405322-vverh-na-elektrichestve-elektrosamolyoty-budushchego/> (дата обращения: 12.12.2022).
3. Подольский А.Г., Просвирнина Н.В. Особенности верификации прогнозов технико-экономических показателей. *Московский экономический журнал*. 2020;(1):428–435 с. <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10030>
4. Смоляков О.А., Оздоева Э.А., Поляков А.Р. *Программа для ЭВМ «Программа для оценки технико-экономической эффективности авиационного двигателестроения с учетом рисков»*. RU2020663105 (Патент) 2020.
5. Григорьев В.А., Ждановский А.В. *Выбор параметров и термодинамические расчеты авиационных газотурбинных двигателей*. Самара: Изд-во Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева; 2009. 202 с.
6. Зинченко А.С., Чернер Н.В., Боброва М.Б. Исследование основных направлений прогнозирования стоимостных показателей разработки авиационной техники. *Вестник университета*. 2016;7(8):76–78 с.
7. Клочков В.В. Экономические проблемы организации конкурентоспособного производства в российском авиационном двигателестроении. *Экономическая наука современной России*. 2006; 3(34):80–89 с.
8. Смоляков О.А., Оздоева Э.А., Поляков А.Р. *Программа для ЭВМ «Программа для выполнения стоимостного анализа сценариев эксплуатации парка авиационных двигателей»*. RU2021665028 (Патент) 2021.
9. Климов В.Г., Масляков Д.В. Вопросы определения ставки летного час авиационного двигателя в долгосрочных сервисных соглашениях. *Столыпинский вестник*. 2022;5(28):40–48 с.
10. Далецкий Е.С. Оценка эффективности эксплуатации изделий авиатехники при эксплуатации до безопасного отказа. *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации*. 2008; (130):180–187 с.
11. Высокандцев А.П., Калачанов В.В., Лапушкина Е.А., Ратникова Е.А. Разработка автоматизированной системы при усложнении требований экономической безопасности в авиационной отрасли. *Инновации и инвестиции*. 2022; (2):239–244 с.
12. Мизиковский И.Е. Разработка контрольно-оценочных инструментов системы бухгалтерского управленческого учета промышленного предприятия. *Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского*. Серия: Социальные науки. 2022;1(65):36–42 с. https://doi.org/10.52452/18115942_2022_1_36

References

1. TASS. *Aircraft engines of the future. Hybrid propulsion is a new path for aviation*. <https://tass.ru/armiya-i-opk/11936997> (accessed 09.01.2023).
2. TechInsider. *How the electric airplanes of the future work*. <https://www.techinsider.ru/technologies/405322-vverh-na-elektrichestve-elektrosamolyoty-budushchego/> (accessed 12.12.2022).

3. Podolsky A.G., Prosvirina N.V. Features of verification of forecasts of technical and economic indicators. *Moscow Economic Journal*. 2020; (1):428–435 pp. [https:// doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10030](https://doi.org/10.24411/2413-046X-2020-10030)
4. Smolyakov O.A., Ozdoeva E.A., Polyakov A.R. *Computer program “Program for assessing the technical and economic efficiency of aircraft engine building taking into account risks”*. RU2020663105 (Patent) 2020.
5. Grigoriev V.A., Zhdanovsky A.V. *The choice of parameters and thermogasodynamic calculations of aviation gas turbine engines*. Samara: Samara State Aerospace University Publ. House; 2009. (In Russian).
6. Zinchenko A.S., Cherner N.V., Bobrova M.B. Research of the main directions of forecasting the cost indicators of the development of aviation equipment. *Vestnik universiteta*. 2016;7(8):76–78 pp.
7. Klochkov V.V. Economic problems of the organization of competitive production in the Russian aviation engine building. *Economic science of modern Russia*. 2006; 3(34):80–89 pp.
8. Smolyakov O.A., Ozdoeva E.A., Polyakov A.R. *Computer program “Program for performing cost analysis of scenarios for the operation of aircraft engine fleet”*. RU2021665028 (Patent) 2021.
9. Klimov V.G., Maslyakov D.V. Issues of determining the flight hour rate of an aircraft engine in long-term service agreements. *Stolypinskii vestnik*. 2022;5(28):40–48 pp.
10. Daletsky E.S. Evaluation of the efficiency of operation of aircraft products during operation to safe failure. *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoi aviatsii*. 2008; (130):180–187 pp.
11. Vysekantsev A.P., Kalachanov V.V., Lapushkina E.A., Ratnikova E.A. Development of an automated system with increasing complexity of economic security requirements in the aircraft industry. *Innovation and investment*. 2022; (2):239–244 pp.
12. Mizikovskiy I.E. Development of control and evaluation tools of the accounting management accounting system of an industrial enterprise. *Vestnik Nizhgorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo. Seriya: Sotsial’nye nauki*. 2022;1 (65):36–42 pp. [https:// doi.org/ 10.52452/18115942_2022_1_36](https://doi.org/10.52452/18115942_2022_1_36)