



АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА НА СТОИМОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОЗДАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. Р. Поляков, Э. А. Орусбиева

Государственный университет управления,
Москва, Россия

О. А. Смоляков

Национальный исследовательский центр «Институт имени Н. Е. Жуковского»,
Жуковский, Россия

В статье описано развитие одного из направлений деятельности Центрального института авиационного моторостроения имени П. И. Баранова – технико-экономического исследования в области газотурбинного двигателя. Представлена схема использования опыта, приобретенного в процессе создания двигателя, на основе опережающего научно-технического задела (НТЗ). На примере гипотетического перспективного турбореактивного двухконтурного двигателя силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета было рассмотрено влияние организации работ по созданию опережающего задела на величину затрат и сроки разработки авиадвигателя. В рамках данного исследования авторы проанализировали влияние различных вариантов формирования НТЗ на стоимостные показатели процесса создания авиационного двигателя. Для достижения данной цели были изучены особенности различных способов организации соответствующих работ, проанализировано влияние уровня готовности технологий и преемственности работ на результирующие показатели, предложен соответствующий инструментарий и осуществлены расчеты на конкретном примере. В ходе исследования были использованы методы анализа, синтеза, сравнения, корреляционного анализа, математического моделирования.

Ключевые слова: уровень готовности технологий, технико-экономическая оценка, авиационная отрасль, опытно-конструкторские работы.

ANALYZING IMPACT OF SPECIFIC BUILDING PROGRESSIVE ACADEMIC AND TECHNICAL GROUNDWORK ON COST FACTORS IN AIRCRAFT MOTOR DEVELOPMENT

Aleksej R. Polyakov, Elza A. Orusbieva

State University of Management, Moscow, Russia

Oleg A. Smolyakov

Scientific Research Center "N. E. Zhukovsky Institute",
Zhukovsky, Russia

The article described the development of one line in the work of the Central P.I. Baranov Institute of Aircraft Motor-Building, i.e. technical and economic research in the field of gas-turbine engine. A scheme of using the experience gained in the process of motor development was presented, which is based on progressive academic and technical groundwork (ATG). As an example the authors used hypothetic turbo-reactive two-contour engine of the power unit of the supersonic jet to study the impact of organizing work aimed at building- up progressive groundwork by the amount of costs and periods of aircraft motor development. Within the frames of this research the authors

analyzed the impact of various types of ATG building on cost factors of aircraft engine development. To attain the goal they studied characteristics of different modes of work organization, analyzed the impact of the level of technology readiness and work succession on final indicators, they also put forward the adequate tools and carried out estimations of the concrete example. During the research methods of analysis, synthesis, comparison, correlative analysis and mathematic modeling were used.

Keywords: level of technology readiness, technical and economic estimation, aircraft industry, R & D work.

Введение

В настоящее время во многих отраслях промышленности особенно актуальны задачи, связанные с оценкой уровня готовности технологий (УГТ), что активно используется в рамках исследований, направленных на разработку новых технологий и изделий. Различные варианты организации исследований, в том числе в авиационной отрасли, приводят к существенным различиям во временных и финансовых затратах при создании научно-технического задела, который используется при создании перспективной авиационной техники. В зависимости от вариантов формирования НТЗ определяются как стоимостные показатели, так и временные, что указывает на эффективность принимаемых управленческих решений в части создания новых образцов авиационной техники. Это особенно актуально для авиационных двигателей (АД) новых поколений, в которых используются неклассические конструкторские подходы, например, в гибридных силовых установках и силовых установках для сверхзвукового пассажирского самолета.

Особенности формирования НТЗ

Достижимые характеристики наукоемкой продукции, к которой, несомненно, относится летательный аппарат (ЛА), в значительной степени определяются начальными стадиями ее жизненного цикла и УГТ, которые формируют научно-технический задел при создании авиационных двигателей для летательных аппаратов. По мере повышения УГТ возникает необходимость в их системной интеграции, обеспечивающей синергетический эффект с учетом планируемого внедрения в технологическую платформу (формируемого облика летательного аппарата).

Данную интеграцию целесообразно реализовывать на 4–6 уровнях готовности технологий в рамках сформированных комплексных научно-технологических проектов (КНТП), цель которых – формирование концепции перспективного ЛА в создании самолетов нового поколения. На этих этапах ведется отработка сформированных и разрабатываемых технологий, которые вносятся в перечень необходимых технологий для конкретной продукции (в нашем случае – АД) и характеризуются рядом особенностей. Одна из них заключается в изменении масштаба применения элемента изделия, который меняется при переходе от компонента к агрегату и комплексу, другая включает условия функционирования (окружающая среда) [2; 7].

Специфика определения таких условий функционирования определяется назначением технологий, однако общий подход таков, что используются условия, отображающие весь спектр предполагаемых вариантов применения технологии, используемой в компоненте (УГТ 5) или агрегате/комплексе (УГТ 6), в которых проявляется предусмотренная к использованию разрабатываемая или разработанная технология, с тем чтобы определить, необходимы ли какие-либо конструктивные изменения компонента, агрегата, узла и т. д. для обеспечения требуемой эффективности изделия в целом [6].

Создание опережающего НТЗ сопровождается необходимостью непрерывного пополнения информационной базы организаций-разработчиков технологий авиационной отрасли с целью последующего использования как разработчиками, так и изготовителями авиационной техники. Одним из основных источников информации о передовых технологиях отрасли яв-

ляются паспорта технологий, которые позволяют агрегировать и хранить информацию о текущем и ранее достигнутых УГТ с подтверждением результатами проведенных оценок. Паспорт технологии содержит основную информацию о технологии, а также результаты соответствующих исследований для потенциальных пользователей информационной базы НТЗ с целью принятия решения – использовать в потенциальной работе уже разработанную технологию в том виде, в каком она есть на текущий момент, использовать ее с доведением до определенного уровня готовности либо дополнительно осуществлять разработку требуемой технологии.

В Центральном институте авиационного моторостроения имени П. И. Баранова накоплен богатый опыт и создан уникальный методический аппарат технико-экономических исследований процессов разработки, производства и эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) [5]. На его основе проводятся исследования для формирования и поиска подходов технико-экономической оценки АД неклассической схемы: гибридных силовых установок, электрических силовых установок и т. д. [4].

Вместе с тем аппарат исследования в области технико-экономических исследований процессов разработки опытно-конструкторских работ (ОКР) и опытного производства АД постоянно развивается и совершенствуется, отвечая на новые вызовы и адаптируясь к решению новых актуальных задач.

Формируемые в авиационном двигателестроении новые методологии, имеющие высокие удельные параметры, ресурс и эксплуатационную надежность, предусматривают проведение работ по опережающей отработке перспективных конструктивных решений до начала разработки как прототипа, так и опытного двигателя, что обеспечит своевременное серийное производство АД, необходимых для внутреннего рынка.

На рис. 1 в схематичном виде представлен процесс разработки двигателя, включающий работы по созданию опережающего задела, который условно можно разбить на следующие стадии:

- формирование облика газогенератора (главного энергоузла двигателя), АД, отработка конструкции и технологии изготовления элементов двигателя и его основных узлов (I стадия);
- отработка конструкции газогенератора с учетом облика АД (II стадия);
- создание экспериментального двигателя – демонстратора технологий (экспериментального образца двигателя) (III стадия);
- разработка прототипа и опытного двигателя (IV стадия).

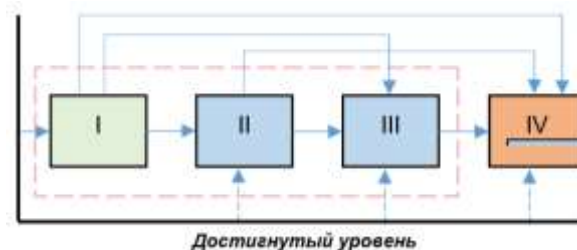


Рис. 1. Схема использования опыта, приобретенного в процессе создания двигателя на основе опережающего задела: I–III – стадии создания замысла; IV – стадия создания опытного двигателя

Стадия IV имеет следующие особенности, характеризующие цикличность процессов при создании АД:

- опыт доводки, передаваемый от предшествующих этапов создания двигателя;
- опыт доводки двигателей-аналогов, доведенных полностью, находящихся в серийном производстве.

Влияние преемственности на стоимость и сроки создания двигателя

Затраты труда, денежных средств и времени, необходимых для осуществления всех этапов создания двигателя, зависят не только от УГТ, но и от преемственности

работ при переходе от одной стадии создания опережающего задела к другой.

Влияние преемственности на стоимостные и временные показатели можно учесть, используя обобщенный показатель преемственности разработки [3]. При этом интегрально учитывается как уровень готовности применяемых технологий к рассматриваемому моменту времени, так и различие в объемах доводочных работ отдельных узлов двигателя. Кроме того, показатель преемственности влияет на стоимость (трудоемкость) изготовления основных узлов двигателя и, соответственно, са-

мого АД в целом, а также на потребное количество комплектов для доводки с учетом уровня конструктивной преемственности узлов, степени их доведенности и др.

Полный объем работ Q_{ki}^* , выполненный на стадии k по узлу i , может быть представлен в виде суммы объема работ, который необходимо выполнить в случае, когда отработка элементов на предшествующих стадиях завершена, и добавочных объемов работ при неполной отработке элементов [3]:

$$\begin{aligned} Q_{li}^* &= f_{li} X_{li}^{-\alpha}, \quad Q_{\Pi i}^* = f_{\Pi i} (\sum_{l=1}^2 \omega_{\Pi li} X_{\Pi li}^{-\alpha}) + (Q_{li}^* - f_{li})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\Pi i}, \\ Q_{\text{III} i}^* &= f_{\text{III} i} (\sum_{l=1}^3 \omega_{\text{III} li} X_{\text{III} li}^{-\alpha}) + (Q_{li}^* - f_{li})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{I} \text{III} i} + (Q_{\Pi i}^* - f_{\Pi i})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{II} \text{III} i}, \\ Q_{\text{IV} i}^* &= f_{\text{IV} i} (\sum_{l=1}^4 \omega_{\text{IV} li} X_{\text{IV} li}^{-\alpha}) + (Q_{li}^* - f_{li})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{II} \text{III} i} + (Q_{\Pi i}^* - f_{\Pi i})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{III} \text{IV} i} + (Q_{\text{III} i}^* - f_{\text{III} i})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{III} \text{IV} i}, \quad (1) \end{aligned}$$

где Q_{ki}^* – полный объем работ по узлу i на стадии k ;

f_{ki} – функция, позволяющая учитывать влияние основных данных двигателя (узла, элемента) на технико-экономические показатели процесса создания;

X_{kli} – конструктивная преемственность элементов узла на стадии k по отношению к аналогичным элементам узла на предшествующих стадиях;

α – статистический коэффициент;

ω_{kli} – доля стоимости (трудоемкости) доводочных работ по элементам узла, заимствованным от конструкций, отработанных на предшествующих стадиях создания задела ($l = 2 \div k$), и от двигателей-аналогов,

доведенных полностью ($l = 1$), в общей трудоемкости работ по созданию узла;

$K_{\text{дл}k}$ – степень доведенности (отработанности) узла на стадии k ;

Y_{jk} – доля конструктивных элементов, передаваемая от стадии j к последующей стадии k .

Подставляя в представленном выше соотношении предшествующие выражения в последующие и суммируя значения по узлам, получим зависимости, которые могут быть использованы для определения обобщенного значения преемственности разработки, необходимого для расчета технико-экономических показателей по стадиям опережающего задела:

$$\begin{aligned} K_{\text{нрI}}^* &= (\sum_i \lambda_{li} X_{li}^{-\alpha})^{\frac{1}{\alpha}}, \\ K_{\text{нрII}}^* &= (\sum_i \lambda_{\Pi i} [\sum_{l=1}^2 \omega_{\Pi li} X_{\Pi li}^{-\alpha}] + (\lambda_{li} X_{li}^{-\alpha} - \lambda_{li})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\Pi i})^{\frac{1}{\alpha}}, \\ K_{\text{нрIII}}^* &= (\sum_i \lambda_{\text{III} i} [\sum_{l=1}^3 \omega_{\text{III} li} X_{\text{III} li}^{-\alpha}] + (\lambda_{li} X_{li}^{-\alpha} - \lambda_{li})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{I} \text{III} i} + [\lambda_{\Pi i} [\sum_{l=1}^2 \omega_{\Pi li} X_{\Pi li}^{-\alpha}] + \\ &+ (\lambda_{li} X_{li}^{-\alpha} - \lambda_{li})(1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{II} \text{III} i} - \lambda_{li}](1 - K_{\text{дл}}) Y_{\text{III} \text{III} i})^{\frac{1}{\alpha}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
K_{прIV}^* = & (\sum_i \lambda_{IVi} [\sum_{l=1}^3 \omega_{IVli} X_{IVli}^{-\alpha}] + (\lambda_{II} X_{II}^{-\alpha} - \lambda_{II})(1 - K_{дI}) Y_{IVi} + [\lambda_{III} [\sum_{l=1}^2 \omega_{IIIli} X_{IIIli}^{-\alpha}] + \\
& + (\lambda_{II} X_{II}^{-\alpha} - \lambda_{II})(1 - K_{дI}) Y_{IIIi} - \lambda_{III}](1 - K_{дII}) Y_{IVi} + [\lambda_{III} [\sum_{l=1}^3 \omega_{IIIli} X_{IIIli}^{-\alpha}] + \\
& + (\lambda_{II} X_{II}^{-\alpha} - \lambda_{II})(1 - K_{дI}) Y_{IIIi} + [\lambda_{III} [\sum_{l=1}^2 \omega_{IIIli} X_{IIIli}^{-\alpha}] + \\
& + (\lambda_{II} X_{II}^{-\alpha} - \lambda_{II})(1 - K_{дI}) Y_{IIIi} - \lambda_{III}](1 - K_{дII}) Y_{IIIi} - \lambda_{III}](1 - K_{дIII}) Y_{IVi})^{\frac{1}{\alpha}},
\end{aligned}
\quad (2)$$

где $K_{пр,k}$ – обобщенный показатель преемственности работ на k -й стадии по отношению к предшествующей стадии;

λ_{ki} – весовой коэффициент, характеризующий относительную сложность доводки узла i на стадии k .

На примере гипотетического перспективного турбореактивного двухконтурного двигателя (ТРДД) силовой установки сверхзвукового пассажирского самолета нового поколения рассмотрим, как влияет организация работ по созданию задела на величину затрат и сроки – основные технико-экономические показатели процесса разработки.

Варианты организации работ по созданию двигателя зададим, изменяя значения степени доведенности узлов на стадии I, газогенератора на стадии II и экспериментального образца двигателя на стадии III, а имеющуюся неопределенность в уровне конструктивной преемственности – на стадии IV (создание прототипа или опытного двигателя).

Неопределенность, связанная с заданием исходных значений ω , $K_{дI}$, Y , X , возникающая ввиду наличия между ними значимой корреляционной связи, может быть устранена в результате упрощения представления о передаче конструкторского опыта путем рассмотрения только последовательной цепи передачи опыта. В этом случае используемая при расчете затрат и сроков зависимость (2) для определения обобщенного показателя преемственности на стадиях работ существенно упрощается, так как $Y_{IIV} = Y_{III} = Y_{IV} = 0$.

Апробация результатов

Затраты и сроки на разработку определялись с использованием экономико-

математического аппарата, разработанного в ЦИАМ, в основе которого лежат методы прямого счета, аналитические модели, статистические методы и модели, имитационные модели [3].

Результаты расчета затрат и сроков разработки рассматриваемого двигателя приведены на рис. 2 и 3.

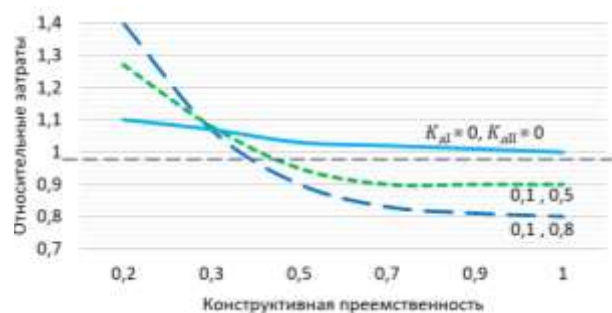


Рис. 2. Влияние конструктивной преемственности перспективного двигателя и степени доведенности его элементов на этапе создания задела на общие затраты по созданию двигателя (с учетом затрат на создание опережающего задела) (везде $K_{дIII} = 0,2$)

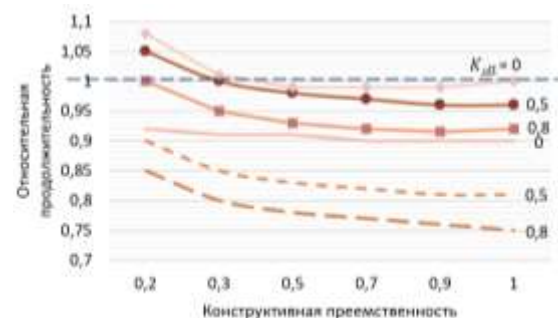


Рис. 3. Влияние конструктивной преемственности перспективного двигателя и степени доведенности его элементов на этапе создания задела на общие затраты по созданию двигателя (с учетом затрат на создание опережающего задела) (везде $K_{дI} = 0,1$; $K_{дIII} = 0,2$)

Анализ этих результатов показывает, что наибольшее влияние на сроки завершения работ по разработке опытного двигателя, на общие затраты и продолжительность всего цикла создания, включая отработку перспективных критических технологий как создание задела, реализованного на экспериментальном образце двигателя, оказывает преемственность конструкции опытного двигателя по отношению к конструктивным решениям, отработанным в процессе создания опережающего задела.

В самом благоприятном случае (при высокой степени доведенности узлов и элементов двигателя на соответствующих стадиях задела и при высоком уровне конструктивной преемственности опытного двигателя) создание опережающего задела обеспечивает снижение общих затрат примерно на 40–50% (рис. 2) и уменьшение суммарной продолжительности общего цикла создания двигателя примерно на 25% (рис. 3) по сравнению с уровнем соответствующих показателей процесса создания двигателя без задела.

При низкой конструктивной преемственности в связи с невысоким уровнем масштабируемости примененных в процессе создания авиадвигателя критических технологий (которая также возможна при больших различиях опытного и экспериментального двигателей) уровень затрат и общая длительность цикла создания двигателя (включая время на создание задела)

могут оказаться на 30–50% выше, чем при создании двигателя без задела.

Заключение

Независимо от уровня конструктивной преемственности длительность разработки опытного двигателя (начиная с рабочего проектирования до проведения испытаний) при наличии опережающего задела снижается (при высоком уровне конструктивной преемственности сроки разработки могут уменьшаться в 1,5–2 раза), поэтому для более эффективного использования преимуществ создания двигателя на базе опережающего задела следует больше усилий направлять на отработку технологий и конструкций элементов в составе узлов и газогенераторов, что приведет к снижению негативного эффекта, возможного в силу неопределенности облика экспериментального образца двигателя, являющегося основой будущего опытного двигателя.

Полученные результаты целесообразно использовать при разработке карт развития технологий, где отражается вся необходимая информация, обеспечивающая реализацию разрабатываемой технологии. Формируется бизнес-проект конкретной технологии, в котором учитываются основные аспекты мониторинга и контроля как временных показателей, так и стоимостных. Полный пакет карт развития технологий в соответствии с перечнем необходимых технологий, сформированным на предварительных стадиях, обеспечит выполнение технико-экономической оценки всего НТЗ.

Список литературы

1. Бомштейн К. Г., Дутов А. В., Клочков В. В. Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения : монография. – М. : НИЦ «Ин-т им. Н. Е. Жуковского», 2019.
2. Дутов А. В., Клочков В. В. Методы оценки влияния технологий на характеристики перспективной продукции и достижение целей научно-технического развития (на примере гражданской авиации) // Экономика науки. – 2020. – Т. 6. – № 1-2. – С. 35–45.
3. Поляков А. Р., Оздоева Э. А. Исследование влияния термодинамических параметров на стоимость и сроки разработки двигателя для сверхзвукового пассажирского самолета // Фундаментальные проблемы создания СПС нового поколения : сборник тезисов между-

народной конференции (4–9 сентября 2022 г.). – М. : Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского, 2022. – С. 172–173.

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

5. Смоляков О. А., Нестеренко Б. Г., Оздоева Э. А., Поляков А. Р. Разработка концепции программного обеспечения технико-экономической оценки жизненного цикла авиационного двигателя как элемента цифровой экономики авиадвигателестроения // Сборник тезисов Международной научно-технической конференции по авиационным двигателям ICAM 2020. (18–21 мая 2021 г.). – М. : ЦИАМ им. П. И. Баранова, 2020. – С. 340–344.

6. Сухарев А. А., Власенко А. О. Применение показателей уровня готовности технологий при планировании комплексных научно-технологических проектов в авиастроении // Экономика науки. – 2020. – № 1-2. – С. 19–24.

7. Сыпало К. И., Поляков К. И., Медведский А. Л., Бабичев О. В. Создание демонстратора технологии авиастроения // Труды МАИ. – 2017. – № 95. – С. 19–24.

References

1. Bomshteyn K. G., Dutov A. V., Klochkov V. V. Upravlenie nauchno-tekhnologicheskimi razvitiem vysokotekhnologichnoy promyshlennosti: problemy i resheniya: monografiya [Management of Scientific and Technological Development of High-Tech Industry: Problems and Solutions, monograph]. Moscow, Scientific Research Center "In-t im. N. E. Zhukovsky", 2019. (In Russ.).

2. Dutov A. V., Klochkov V. V. Metody otsenki vliyaniya tekhnologiy na kharakteristiki perspektivnoy produktsii i dostizhenie tseley nauchno-tekhnicheskogo razvitiya (na primere grazhdanskoy aviatsii) [Methods for Assessing the Influence of Technologies on the Characteristics of Promising Products and Achieving the Goals of Scientific and Technological Development (using the example of civil aviation)]. *Ekonomika nauki* [Economics of Science], 2020, Vol. 6, No. 1-2, pp. 35–45. (In Russ.).

3. Polyakov A. R., Ozdoeva E. A. Issledovanie vliyaniya termodinamicheskikh parametrov na stoimost i sroki razrabotki dvigatelya dlya sverkhzvukovogo passazhirskogo samoleta [Study of the Influence of Thermodynamic Parameters on the Cost and Timing of Engine Development for a Supersonic Passenger Aircraft]. *Fundamentalnye problemy sozdaniya SPS novogo pokoleniya: sbornik tezisov mezhdunarodnoy konferentsii (4–9 sentyabrya 2022 g.)* [Fundamental Problems of Creating a New Generation ATP. Collection of Abstracts of the International Conference (September 4–9, 2022)]. Moscow, Central Aerohydrodynamic Institute named after Professor N. E. Zhukovsky, 2022, pp. 172–173. (In Russ.).

4. Polyakov A. R., Smolyakov O. A., Ozdoeva E. A., Neklyudova A. M., Zakharchenko V. S., Varyukhin A. N. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost primeneniya silovykh ustanovok netraditsionnykh skhem dlya grazhdanskikh letatelnykh apparatov razlichnogo naznacheniya [Technical and Economic Efficiency of Using Power Plants of Non-Traditional Designs for Civil Aircraft for Various Purposes]. *Vestnik universiteta* [Bulletin of the University], 2023, No. 3, pp. 117–126. (In Russ.).

5. Smolyakov O. A., Nesterenko B. G., Ozdoeva E. A., Polyakov A. R. Razrabotka kontseptsii programmnoy obespecheniya tekhniko-ekonomicheskoy otsenki zhiznennogo tsikla aviatsionnogo dvigatelya kak elementa tsifrovoy ekonomiki aviadvigatelestroeniya [Development of a Software Concept for Technical and Economic Assessment of the Life Cycle of an Aircraft Engine as an Element of the Digital Economy of Aircraft Engine Manufacturing].

Sbornik tezisev Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po aviatsionnym dvigatelyam ICAM 2020. (18–21 maya 2021 g.) [Collection of Abstracts of the International Scientific and Technical Conference on Aviation Engines ICAM 2020. (May 18–21, 2021)]. Moscow, CIAM im. P. I. Baranova, 2020, pp. 340–344. (In Russ.).

6. Sukharev A. A., Vlasenko A. O. *Primenenie pokazateley urovnya gotovnosti tekhnologiy pri planirovanii kompleksnykh nauchno-tekhnologicheskikh proektov v aviastroenii* [Application of Technology Readiness Level Indicators When Planning Complex Scientific and Technological Projects in Aircraft Construction]. *Ekonomika nauki* [Economics of Science], 2020, No. 1-2, pp. 19–24. (In Russ.).

7. Sypalo K. I., Polyakov K. I., Medvedskiy A. L., Babichev O. V. *Sozdanie demonstratora tekhnologii aviastroeniya* [Creation of an Aircraft Technology Demonstrator]. *Trudy MAI* [Proceedings of MAI], 2017, No. 95, pp. 19–24. (In Russ.).

Поступила: 30.05.2024

Принята к печати: 18.09.2024

Сведения об авторах

Алексей Романович Поляков

аспирант кафедры бухгалтерского учета, аудита и налогообложения ГУУ.

Адрес: ФГБОУ ВО «Государственный университет управления»,
109542, Москва,

Рязанский проспект, д. 99.

E-mail: wqep@ya.ru

ORCID: 0000-0002-6000-6637

Эльза Ахметовна Орусбиева

старший преподаватель кафедры математических методов в экономике и управлении ГУУ.

Адрес: ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», 109542, Москва,
Рязанский проспект, д. 99.

E-mail: ozdoeva.1994@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6882-7715

Олег Александрович Смоляков

начальник отдела

НИЦ «Институт имени Н. Е. Жуковского».

Адрес: ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н. Е. Жуковского»,
140180, Московская область, Жуковский,
ул. Жуковского, д. 1.

E-mail: smolykov_osa@mail.ru

Information about the authors

Aleksej R. Polyakov

Post-Graduate Student of the Department of Accounting, Audit and Taxation of the State University of Management.

Address: State University of Management,
99 Ryazan Avenue, Moscow, 109542,
Russian Federation.

E-mail: wqep@ya.ru

ORCID: 0000-0002-6000-6637

Elza A. Orusbieva

Senior Lecturer of the Department for Mathematical Methods in Economics and Management of the SUM.

Address: State University of Management,
99 Ryazan Avenue, Moscow, 109542,
Russian Federation.

E-mail: ozdoeva.1994@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6882-7715

Oleg A. Smolyakov

Head of Department of the Scientific Research Center "N. E. Zhukovsky Institute".

Address: Scientific Research Center
"N. E. Zhukovsky Institute", 1 Zhukovsky Str.,
Zhukovsky, Moscow Region, 140180,
Russian Federation.

E-mail: smolykov_osa@mail.ru