

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ
МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ
MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL
METHODS OF ECONOMICS**

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-3-156-166

УДК 338



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 15.06.2020

после рецензирования / Revised: 28.07.2020

принятия статьи / Accepted: 28.08.2020

И.В. Артеменко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
г. Москва, Российская Федерация

E-mail: aiv87@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-2959>

В.С. Олешко

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
г. Москва, Российская Федерация

E-mail: OleshkoVS@mai.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6512-7502>

**О вероятностном подходе к оценке эффективности разработки
перспективных образцов авиационной техники**

Аннотация: Создание перспективной авиационной техники является важным направлением государственной политики. Принятию правильного решения на создание перспективной авиационной техники способствует экономическая оценка эффективности разработки, предметом которой является актуализация выделяемых на это ресурсов. Важной составляющей обеспечения высокой достоверности оценки эффективности разработки перспективной авиационной техники является методология ее проведения, направленная на точное определение экономических показателей. Авторами представлен порядок использования в экономической оценке эффективности разработки перспективной авиационной техники показателя вероятности экономического успеха при определении целесообразности принятия проекта тактико-технического задания на ее разработку. Для повышения точности экономической оценки предлагается использовать среднеквадратическую ошибку альтернативных способов проведения расчетов стоимостей выполнения мероприятий по стадиям жизненного цикла образца авиационной техники. Оценку затрат на разработку перспективной вспомогательной установки военно-транспортного самолета целесообразно проводить на основе трудоемкости разработки, определяемой в зависимости от ее базовых сложности и стоимости. Апробация предложенной методики проведена авторами на примере перспективной вспомогательной силовой установки военно-транспортного самолета. Эта методика применима для расчетов затрат и для других видов техники на всех стадиях ее жизненного цикла.

Ключевые слова: экономика, экономическая оценка, вероятность, авиация, воздушный транспорт, полет, летательный аппарат, авиационная техника.

Цитирование. Артеменко И.В., Олешко В.С. О вероятностном подходе к оценке эффективности разработки перспективных образцов авиационной техники // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11, № 3. С. 156–166. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-3-156-166>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

I.V. Artemenko

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation

E-mail: aiv87@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3336-2959>

V.S. Oleshko

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation

E-mail: OleshkoVS@mai.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6512-7502>

On the probabilistic approach to evaluating the effectiveness of developing promising aircraft models

Abstract: Creating a promising aircraft is an important area of state policy. Making the right decision to create a promising aircraft technology contributes to the economic assessment of the development efficiency. The subject of economic assessment is the updating of resources allocated for the development of the aircraft. An important component of ensuring high reliability of evaluating the effectiveness of the development of a promising aircraft is the methodology of its implementation. The methodology of economic assessment is aimed at determining economic indicators. The authors present the procedure for using the probability of economic success indicator in the economic assessment of the effectiveness of developing a promising aircraft when determining the feasibility of adopting a draft tactical and technical task for the development of an aircraft. To improve the accuracy of the economic assessment, it is proposed to use the standard error of alternative methods for calculating the cost of performing activities at the stages of the aircraft life cycle. The authors tested the proposed method on the example of a promising auxiliary power plant of a military transport aircraft. It is advisable to evaluate the cost of developing a promising auxiliary installation of a military transport aircraft based on the complexity of the development, determined depending on its basic complexity and cost. The authors tested the proposed method on the example of a promising auxiliary power plant of a military transport aircraft. The proposed method is applicable for calculating costs for other types of equipment at all stages of its life cycle.

Key words: economics, economic assessment, probability, aviation, air transport, flight, aircraft, aviation equipment.

Citation. Artemenko I.V., Oleshko V.S. On the probabilistic approach to evaluating the effectiveness of developing promising aircraft models. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 3, pp. 156–166. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-3-156-166>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Игорь Вадимович Артеменко – кандидат экономических наук, доцент, профессор Военного института МАИ, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 125993, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4.

© Владимир Станиславович Олешко – кандидат технических наук, доцент, профессор Военного института МАИ, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 125993, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4.

© Igor V. Artemenko – Candidate of Economic Sciences, associate professor, professor of the Military Institute MAI, Moscow Aviation Institute (National Research University), 4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993, Russian Federation.

© Vladimir S. Oleshko – Candidate of technical sciences, associate professor, professor of the Military Institute MAI, Moscow Aviation Institute (National Research University), 4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993, Russian Federation.

Введение

Авиационная промышленность и гражданского, и военного назначения в нашей стране динамично развивается. Разрабатываются, испытываются, производятся и эксплуатируются новые изделия перспективной авиационной техники (АТ). Под АТ понимаются воздушные суда (самолеты, вертолеты, планеры, управляемые мишени, беспилотные и дистанционно пилотируемые летательные аппараты, экранопланы), их двигатели, агрегаты и бортовое оборудование, авиационные средства поражения, а также авиационные тренажеры. Примерами новых отечественных воздушных судов могут служить:

– пассажирские самолеты SSJ-100, Ил-114-300, МС-21;

– транспортные самолеты Ил-112В, Ил-276, Ил-106;

– боевые самолеты: Су-57, МиГ-35, МиГ-41, перспективный авиационный комплекс дальней авиации;

– вертолеты Ми-28Н, Ми-35М, Ка-62, Ка-90;

– беспилотные летательные аппараты, такие как «Альтиус-У», «Орион», «Сириус», С-70 «Охотник» и другие.

Повышение уровня развития научно-производственного комплекса по разработке и производству АТ как гражданского, так и военного назначения является важным направлением государственной политики.

Разработка, производство и эксплуатация именно новых проектов АТ при прочих равных условиях создают максимальный экономический эффект [1–3]. При рациональном подходе возможно не только несохранение на прежнем уровне, но даже и сокращение затрат бюджетных средств, выделяемых государством на эти проекты [4–9].

Научоемкость авиационной промышленности велика и постоянно растет. Однако увеличение штатов и количества научно-исследовательских организаций, проводящих научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области создания перспективных образцов АТ, в условиях сохранения рентабельности весьма затруднительно. Поэтому необходимо решение задач по повышению эффективности научно-исследовательской деятельности научных и инженерных работников. Решение нами здесь видится в совершенствовании организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, одной из составляющей которого является оптимизация материальных и трудовых затрат, финансовых ресурсов государства.

Создание перспективной АТ в условиях соблюдения целесообразности и рациональности использования материальных и трудовых затрат, финансовых ресурсов государства требует качественного тщательного анализа эффективности их научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Несомненно, важнейшей составляющей экономического анализа разработки перспективной АТ является экономическая оценка ее эффективности [10; 11].

Исходные данные

Создание перспективной АТ на начальном этапе сопровождается формированием тактико-технического задания, включающим требуемые ее качественные и количественные характеристики. Важной составляющей тактико-технического задания является техническое задание на выполнение опытно-конструкторских работ по ее созданию. Предметом экономической оценки разработки, производства, транспортирования, хранения, эксплуатации, ремонта и утилизации АТ является актуализация выделяемых на это ресурсов.

Для оценки эффективности разработки перспективных образцов АТ нами предлагается реализация условия превышения количественного значения экономического эффекта, который возможно достичь в результате ревалоризации существующих образцов АТ над величиной дополнительных финансовых, материальных и трудовых затрат, сопровождающих реализацию этого процесса. Это условие может выполняться в случае мониторинга показателей верхней лимитной стоимости и полных затрат, оцениваемых при создании перспективной АТ, поскольку методика расчета величины верхней лимитной стоимости включает в себя показатель количественного значения экономического эффекта, приходящегося на единицу оцениваемого ее образца.

Разработка, производство, хранение, эксплуатация, ремонт и утилизация новой АТ будут целесообразными, если осуществляется соблюдение следующего неравенства:

$$Z_{\text{полн}} < C_{\text{пред}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{полн}}$ – математическое ожидание значения полных затрат на разработку перспективной АТ, \mathbb{P} ;
 $C_{\text{пред}}$ – ориентировочная предельная стоимость изделия АТ, зафиксированная в контракте, \mathbb{P} .

Оценка эффективности разработки перспективного образца АТ, планируемого к производству, выполняется на начальном этапе реализации программных мероприятий составления проекта тактико-технического задания с применением величин вероятностного характера. Здесь, несомненно, большое значение имеет величина доверительной вероятности результатов расчетов целесообразности мероприятий. Доверительная вероятность результатов расчетов характеризует достоверность проводимого прогноза. Расчет величины стоимостного показателя проводится с учетом вероятности экономического успеха реализации производства АТ согласно формуле

$$P \cdot (Z_{\text{полн}} < C_{\text{пред}}) = F \cdot \frac{C_{\text{пред}} - Z_{\text{полн}}}{\sigma_3}, \quad (2)$$

где P – вероятность успешной реализации мероприятий по созданию перспективной АТ;

F – функция распределения Гаусса – Лапласа;

σ_3 – среднеквадратическое отклонение величины полных затрат на реализацию мероприятий по созданию перспективной АТ, тыс. P .

Оценка эффективности разработки перспективной АТ, получения экономического эффекта от данного мероприятия взаимосвязана с выполнением условия согласно формуле (1). Вероятность получения экономического эффекта при заданных стоимостных характеристиках показывает достоверность получаемых нами результатов. Рассчитываемая согласно формуле (2) величина предлагается для использования в органах государственного управления, проводящих прогнозирование рациональности разработки и производства перспективных образцов АТ. Прогнозирование целесообразно проводить с выбором наиболее предпочтительного варианта реализации мероприятий по созданию перспективных образцов АТ. В таблице 1 представлено ранжирование уровней достоверности оценки эффективности разработки перспективной АТ [4]. Выбор ранга вероятностей достоверности оценки, представленных в таблице 1, также осуществляет орган государственного управления, принимающий решение о создании и производстве перспективной АТ.

Таблица 1 – Ранжирование уровней достоверности оценки

Table 1 – Ranking of assessment confidence levels

Уровень вероятности	Качественная характеристика вероятности
0,70	Достаточно вероятно
От 0,75 до 0,90	Весьма вероятно
0,95	В значительной степени вероятно
1,00	Полностью достоверно

Достоверность проводимой оценки эффективности разработки перспективной АТ и целесообразности проведения плановых мероприятий реализации тактико-технического задания, несомненно, обеспечивается принятием во внимание ошибок, возникающих при прогнозировании стоимостных показателей.

Значение достоверности оценки эффективности создания перспективной АТ зависит от следующих факторов:

- объема партии АТ, представленной для оценки, то есть объема репрезентативной выборки, показатели которой могут быть использованы при разработке экономико-математической модели;
- количества и состава факторов, учитываемых в экономико-математической модели, применяемой в процессе оценки эффективности создания перспективной АТ;
- коэффициента корреляции факторов и затрат на реализацию программных мероприятий по созданию перспективной АТ и других.

На значение стоимости создания перспективной АТ оказывают влияние достаточно большое количество калькуляционных статей и их составляющих, к которым относятся:

- тактико-технические характеристики изделий АТ;
- экономические и технические показатели возможных исполнителей государственного оборонного заказа;
- конъюнктура цен на сырье, материалы и покупные комплектующие изделия, необходимые для реализации программных мероприятий;
- социально-экономическая и налоговая политика государства и другие.

Расширение номенклатуры учитываемых экономических и технических факторов, как внутренних, так и внешних, делает экономическую модель создания перспективной АТ более гибкой к изменениям условий функционирования.

Однако каждый учитываемый в экономической модели оценки фактор должен иметь необходимое количество исходных данных, в том числе статистических. Это условие не всегда можно обеспечить, и, кроме того, большой массив статистической информации значительно увеличивает трудоемкость самого оценивания эффективности создания перспективной АТ. Более того, необходимые исходные данные могут обладать в реальных условиях большой степенью неопределенности, что в итоге может способствовать снижению достоверности оценки эффективности создания перспективной АТ. Это вызвано следующими основными причинами:

- возможным уменьшением объемов финансирования ежегодного государственного оборонного заказа (в части, касающейся, например, Воздушно-космических сил России), что ведет к уменьшению номенклатуры разрабатываемых и производимых существующих и новых образцов АТ, и ошибками в расчетах как себестоимости, стоимости нового образца АТ в целом, так и ее структуры;
- достаточно продолжительным интервалом времени разработки перспективной АТ и в особенности новых поколений воздушных судов, исчисляемым годами;
- проектированием перспективных образцов АТ, не имеющих производимых ранее аналогов (особенно это актуально для изделий АТ, работающих на новых физических принципах).

Таким образом, оценка целесообразности и эффективности выполнения программных мероприятий государственного оборонного заказа на сопровождение всего жизненного цикла изделия АТ, включающего, как известно, такие составляющие, как разработку, производство, эксплуатацию, модернизацию, ремонт и утилизацию, базируется на результатах их экономической оценки, выполняемой вероятностными методами временных и стоимостных показателей [4–8].

Методы

Важной составляющей обеспечения высокой достоверности оценки эффективности разработки перспективной АТ является методология ее проведения, ее методическое обеспечение, направленное на определение:

- экономических показателей, непосредственно входящих в сопровождающие документы реализации программных мероприятий по разработке перспективной АТ;
- доверительного интервала результатов оценки эффективности разработки перспективной АТ;
- рисков показателей невыполнения программных мероприятий по разработке перспективной АТ [12].

Существующие методики экономической оценки эффективности разработки перспективной АТ включают следующие основные методы оценки эффективности разработки.

1. Метод разделения стоимости разработки перспективной АТ по годам с дифференцированием ее по текущим среднегодовым ценам. Согласно этому методу, стоимость разработки изделия АТ берется в качестве базовой. При этом данная стоимость определяется с учетом отраслевого индекса-дефлятора. Могут также быть использованы в расчетах, согласно данному методу, и индексы-дефляторы по видам экономической деятельности. Для дифференцирования финансовых средств по годам разработки перспективной АТ при расчетах данным методом целесообразно использовать их усредненное распределение в зависимости от этапа опытно-конструкторской работы по созданию ее образца и планируемой длительности каждого этапа работ.

2. Метод расчета стоимости научно-исследовательской работы по созданию перспективной АТ, которая, как известно, предшествует опытно-конструкторской работе по созданию новых образцов АТ. Данный метод предполагает учет и использование следующих способов оценки эффективности:

- способ, основанный на оценке номенклатуры решаемых в научно-исследовательской работе научных задач, их важность и сложность, их влияние на дальнейшие программные мероприятия по созданию перспективной АТ;
- способ, основанный на анализе стоимости научно-исследовательской работы с учетом материальных и нематериальных затрат.

3. Метод оценки стоимости опытно-конструкторской работы по созданию перспективной АТ. Данный метод в зависимости от номенклатуры учитываемых экономических показателей включает три основных методологических способа:

– способ, основанный на разбиении стоимости опытно-конструкторской работы по созданию перспективной АТ на две составляющие: первую, характеризующую затраты на выполнение проектных работ, и вторую, характеризующую затраты на изготовление опытных образцов АТ, проведение их предварительных и приемочных испытаний;

– способ, основанный на условном разбиении образца АТ на отдельные функциональные технические системы и определении стоимости разработки всего изделия как на совокупности стоимостей каждой технической системы в отдельности;

– способ, основанный на технико-экономической оценке соотношения стоимости опытно-конструкторской работы по созданию перспективной АТ и стоимости разработки серийно производимого образца-прототипа АТ при анализе минимального количества исходных данных (данный методологический способ может быть применен при условии значительного изменения долгосрочной концепции развития АТ).

4. Метод оценки стоимости производства перспективной АТ. Данный метод в зависимости от сложившихся обстоятельств может включать следующие методологические способы:

– способ, основанный на учете тактико-технических характеристик образца АТ, определяющих его значимость как объекта государственного оборонного заказа;

– способ, основанный на инженерном анализе изделий перспективной АТ и назначении эффективной технологии их производства на авиастроительных предприятиях.

5. Метод оценки стоимостей последующих видов ремонта (текущего, среднего и капитального) АТ. Данный метод основан на соотношении стоимости производства новой АТ и стоимости ее ремонта. Особенностью этого метода является гипотеза о том, что чем выше стоимость производства АТ, тем выше и стоимость его ремонта, основанная на подобию технологии изготовления и ремонта, а следовательно, и определенной зависимости их стоимостей. Преимущественно данный метод используется при разработке долгосрочных концептуальных планов развития АТ, когда еще достоверно неизвестны содержание и стоимость выполнения ремонтных работ на АТ.

6. Метод оценки стоимостных показателей создания наземной инфраструктуры для размещения, хранения и эксплуатации изделий АТ. Данный метод учитывает различие реализации указанных мероприятий по климатическим зонам – тропической, пустынной, умеренной, арктической. Соответственно, и стоимости размещения, хранения и эксплуатации АТ в различных климатических зонах различаются.

7. Метод оценки эффективности разработки перспективной АТ, основанный на учете длительности всего жизненного цикла изделия АТ, то есть совокупности таких основных его стадий, как разработка, производство, эксплуатация, модернизация, ремонт и утилизация изделия авиационной техники. Для использования данного метода необходима объективная оценка как общей длительности жизненного цикла образца АТ, так и отдельных стадий его жизненного цикла.

8. Метод оценки точности стоимостных и временных показателей разработки перспективной АТ. Данный метод имеет в своем составе порядок проведения верификации прогнозных значений указанных величин при определенном доверительном вероятностном интервале.

9. Метод оценки вероятности нереализации программных мероприятий по разработке перспективной АТ. Метод оценивает как вероятность нереализации отдельных этапов, так и всего комплекса мероприятий.

Перечисленные нами методы, реализующие методическое обеспечение оценки эффективности разработки перспективной АТ, позволяют на начальной стадии создания проекта тактико-технического задания оценивать целесообразность реализации программных мероприятий, подкрепленную знанием вероятностных характеристик. К таким вероятностным характеристикам относятся в первую очередь математическое ожидание (точнее, его оценка) полных затрат на разработку данного образца АТ и среднее квадратическое отклонение данной величины [13]. Методика расчета оценки математического ожидания и среднего квадратического отклонения полных затрат нами предлагается следующая.

Оценка математического ожидания значения полных затрат $Z_{\text{полн}}$ на разработку всей партии новой АТ определяется по формуле, тыс. Р [14]:

$$Z_{\text{полн}} = \frac{Z_{\text{полн}}^{\min} + Z_{\text{полн}}^{\max}}{2}, \quad (3)$$

где $Z_{\text{полн}}^{\min}$ – минимальное значение полных затрат на разработку перспективной АТ, тыс. Р ;

$Z_{\text{полн}}^{\max}$ – максимальное значение полных затрат на новый образец АТ, тыс. Р .

Среднее квадратическое отклонение полных затрат σ_z определяется следующим образом, тыс. Р [14]:

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{(Z_{\text{полн}}^{\min} - Z_{\text{полн}})^2 + (Z_{\text{полн}}^{\max} - Z_{\text{полн}})^2}{2}}. \quad (4)$$

Среднее квадратическое отклонение затрат σ_z , определяемое по формуле (4), характеризует ошибку расчетов полных затрат для всего жизненного цикла партии АТ.

Причем

$$Z_{\text{полн}}^{\min} = Z_p^{\min} + N \cdot (Z_p^{\min} + Z_3^{\min} + Z_M^{\min} + Z_{\text{рем}}^{\min} + Z_y^{\min}), \quad (5)$$

$$Z_{\text{полн}}^{\max} = Z_p^{\max} + N \cdot (Z_p^{\max} + Z_3^{\max} + Z_M^{\max} + Z_{\text{рем}}^{\max} + Z_y^{\max}), \quad (6)$$

где Z_p^{\min} и Z_p^{\max} – прогнозные минимальная и максимальная величины затрат на разработку перспективной АТ соответственно, тыс. Р ;

N – количество новых изделий АТ, обеспечивающих потребности, например, Министерства обороны России (Воздушно-космические силы), шт.;

Z_p^{\min} и Z_p^{\max} – прогнозные минимальная и максимальная величины затрат на серийное производство одного изделия перспективной АТ соответственно, тыс. Р ;

Z_3^{\min} и Z_3^{\max} – прогнозные минимальная и максимальная величины затрат на эксплуатацию (в данный показатель входят также затраты на транспортирование и хранение) одного образца перспективной АТ соответственно, тыс. Р ;

Z_M^{\min} и Z_M^{\max} – прогнозные минимальная и максимальная величины затрат на модернизацию одного изделия АТ соответственно, тыс. Р ;

$Z_{\text{рем}}^{\min}$ и $Z_{\text{рем}}^{\max}$ – прогнозные минимальная и максимальная величины затрат на все виды ремонта (текущий, средний и капитальный) одного изделия АТ соответственно, тыс. Р ;

Z_y^{\min} и Z_y^{\max} – прогнозные минимальная и максимальная величины затрат на утилизацию после списания одного отслужившего изделия АТ соответственно, тыс. Р .

Учитывая изложенное, выполним экономическую оценку технико-экономической оценки образца перспективной АТ на примере вспомогательной силовой установки (ВСУ) военно-транспортного самолета.

Полученные результаты

Минимальные и максимальные затраты на создание перспективной ВСУ военно-транспортного самолета рассчитываются в следующем порядке. Оценку затрат на разработку перспективной ВСУ целесообразно проводить на основе трудоемкости затрат на ее разработку, определяемой в зависимости от базовых сложности и стоимости ВСУ [4].

Выбирается базовая ВСУ-прототип, наиболее близкая к оцениваемой перспективной. Далее определяются трудоемкость разработки базовой ВСУ – $T_{\text{баз}}$ (единицами измерения трудоемкости являются чел.·мес.) и коэффициент K_c , характеризующий уровень сложности разработки, оцениваемой перспективной ВСУ относительно базовой. На основе этого рассчитывается трудоемкость разработки новой перспективной ВСУ $T_{\text{нов}}$ согласно следующей формуле, чел.·мес.:

$$T_{\text{нов}} = K_c \cdot T_{\text{баз}}. \quad (7)$$

Коэффициент сложности K_c целесообразно выбирать в зависимости от уровня сложности разработки перспективной ВСУ согласно таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициента сложности

Table 2 – Values of difficulty coefficient

Уровень сложности разработки	K_c
Менее сложный	0,8
Аналогичный	1,0
Более сложный	1,2
Значительно более сложный	1,5

Коэффициент K_c , согласно таблице 2, выбирается на основе сравнительного анализа задач, решаемых при оценке разработки перспективной ВСУ и базовой установки-прототипа с использованием процедуры экспертных оценок.

Начальный уровень затрат на разработку перспективной ВСУ Z_p в ценах расчетного момента времени может определяться по формуле

$$Z_p = T_{\text{нов}} \cdot C_1, \quad (8)$$

где C_1 – стоимость единицы трудоемкости работ по разработке перспективной ВСУ военно-транспортного самолета, приведенная к расчетному моменту времени, тыс. P .

Исходные данные, используемые нами в расчетах величины затрат разработки перспективной ВСУ военно-транспортного самолета, согласно формулам (3)–(8), представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчетов затрат на разработку ВСУ

Table 3 – Initial data for calculating the cost of developing an auxiliary power plant

Параметр	Формула	Значение параметра			
K_c	–	0,8	1,0	1,2	1,5
$T_{\text{баз}}$, чел.·мес.	–	120			
$T_{\text{нов}}$, чел.·мес.	(7)	96	120	144	180
C_1 , тыс. P	–	200			
Z_p , тыс. P	(8)	19200	24000	28800	36000
N	–	200			

Из таблицы 2 принимаем, к примеру, минимальную величину затрат на разработку перспективной ВСУ военно-транспортного самолета $Z_p^{\text{min}} = 28800$ тыс. P (при $K_c = 1,2$) и ее же максимальную величину $Z_p^{\text{max}} = 36000$ тыс. P (при $K_c = 1,5$). Затраты на реализацию других стадий жизненного цикла ВСУ военно-транспортного самолета представлены в таблице 4.

Затраты на реализацию всех стадий жизненного цикла ВСУ военно-транспортного самолета – разработки, серийного производства, эксплуатации, модернизации, всех видов ремонта (текущего, сред-

него и капитального) и утилизации, представленные в таблице 4, – взяты на основании экспертных оценок с учетом прогнозов Министерства экономического развития Российской Федерации [15].

Таблица 4 – Минимальная и максимальная величины затрат на реализацию стадий жизненного цикла перспективной ВСУ, тыс. ₹

Table 4 – Minimum and maximum costs for the implementation of the life cycle stages of a prospective auxiliary power plant, thousand ₹

Стадия жизненного цикла	Минимум	Максимум
Разработка	28 800	36 000
Производство	3000	5000
Эксплуатация	5000	6000
Модернизация	1000	2000
Ремонт	2000	4000
Утилизация	40	50

Далее, согласно формулам (5) и (6) соответственно, рассчитываем минимальное $Z_{\text{полн}}^{\min}$ и максимальное $Z_{\text{полн}}^{\max}$ значения полных затрат на новую ВСУ:

$$Z_{\text{полн}}^{\min} = 28800 + 200 \cdot (3000 + 5000 + 1000 + 2000 + 40) = 2\,236\,800 \text{ тыс. ₹};$$

$$Z_{\text{полн}}^{\max} = 36000 + 200 \cdot (5000 + 6000 + 2000 + 4000 + 50) = 3\,446\,000 \text{ тыс. ₹}.$$

Согласно формулам (3) и (4) соответственно, находим $Z_{\text{полн}}$ и σ_3 :

$$Z_{\text{полн}} = \frac{Z_{\text{полн}}^{\min} + Z_{\text{полн}}^{\max}}{2} = \frac{2\,236\,800 + 3\,446\,000}{2} = 2\,841\,400 \text{ тыс. ₹};$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{(Z_{\text{полн}}^{\min} - Z_{\text{полн}})^2 + (Z_{\text{полн}}^{\max} - Z_{\text{полн}})^2}{2}} = \sqrt{\frac{(2\,236\,800 - 2\,841\,400)^2 + (3\,446\,000 - 2\,841\,400)^2}{2}} = 604\,600 \text{ тыс. ₹}$$

Среднее квадратическое отклонение полных затрат, рассчитанное по формуле (4), характеризует возможную ошибку в расчетах стоимости всего жизненного цикла партии новых ВСУ военнотранспортного самолета. Поэтому итоговая запись стоимости полных затрат на партию ВСУ военнотранспортного самолета будет выглядеть следующим образом:

$$Z_{\text{полн}} = 2\,841\,400 \pm 604\,600 \text{ тыс. ₹}.$$

Полученное значение оценки математического ожидания значения полных затрат для всей партии новых ВСУ $Z_{\text{полн}}$ сравнивают, согласно формуле (1), с предельной стоимостью $C_{\text{пред}}$, зафиксированной в контракте, и затем принимается решение о целесообразности разработки и закупки новых образцов АТ.

Заключение

Использование показателя вероятности экономического успеха при оценке целесообразности включения перспективной АТ в проект тактико-технического задания позволяет сделать выбор в пользу наиболее эффективных с экономической точки зрения мероприятий. При этом важное значение в оценке эффективности разработки и производства имеет точность расчетов полных затрат на образец перспективной АТ. Для ее определения предлагается использовать среднеквадратическую ошибку альтернативных способов проведения расчетов стоимостей выполнения мероприятий по фазам жизненного цикла АТ, что позволяет определить достоверный интервал получаемых оценок.

Данная методика апробирована на примере перспективной ВСУ военно-транспортного самолета и может быть полезна для расчетов полных затрат для других видов техники на всех стадиях ее жизненного цикла.

Библиографический список

1. Балацкий Е.В., Юревич М.А. Технологический эффект масштаба и экономический рост // *Terra Economicus*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 43–57. DOI: <http://doi.org/10.18522/2073-6606-2020-18-1-43-57>.
2. Goldberg C., Nalianda D., Sethi V., Pilidis P., Singh R., Kyprianidis K. Assessment of an energy-efficient aircraft concept from a techno-economic perspective // *Applied Energy*, 2018, vol. 221, pp. 229–238. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.163>.
3. Hartley K. Rising Costs: Augustine Revisited // *Defence and Peace Economics*, 2020, vol. 31, iss. 4, pp. 434–442. DOI: <https://doi.org/10.1080/10242694.2020.1725849>.
4. Артеменко И.В., Олешко В.С. Военно-экономическая оценка начальной стоимости разработки перспективных авиационных материалов // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. 2019. № 1 (141). С. 73–75. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37156692>.
5. Артеменко И.В., Олешко В.С. Методология военно-экономической оценки стоимости перспективных образцов авиационной техники // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. 2018. № 3 (139). С. 65–70. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35575899>.
6. Артеменко И.В., Олешко В.С. Оценка производственных возможностей предприятия оборонно-промышленного комплекса по выпуску и ремонту авиационной техники // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. 2018. № 2 (138). С. 57–61. URL: http://izdat.ntkompas.ru/editions/for_readers/archive/article_detail.php?SECTION_ID=160&ELEMENT_ID=23363.
7. Артеменко И.В., Олешко В.С. Оценка прибыли предприятия по производству авиационной техники военного назначения // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. 2017. № 2 (134). С. 77–83. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29276488>.
8. Артеменко И.В., Олешко В.С. Экономическое обоснование стоимости работ, выполняемых предприятиями оборонно-промышленного комплекса в авиационных частях Воздушно-космических сил России // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. 2016. № 3 (131). С. 58–63. URL: http://izdat.ntkompas.ru/editions/for_readers/archive/article_detail.php?SECTION_ID=160&ELEMENT_ID=22752.
9. Подборнова Е.С., Макрачева А.В. Инновационное развитие предприятий машиностроительного комплекса // *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. 2020. Т. 11, № 1. С. 43–51. DOI: <http://dx.doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-1-43-51>.
10. Тихонов Г.В. Методика адаптации малых и средних предприятий России к кризисным условиям // *Вестник Московского авиационного института*. 2017. Т. 24, № 3. С. 236–240. URL: <http://www.elibrary.ru/item.asp?id=29408114>.
11. Reis A., Siddiqi A., Weck O. Evolution stages of aircraft manufacturing firms // *Systems Engineering*, 2019, vol. 22, iss. 3, pp. 255–270. DOI: <http://doi.org/10.1002/sys.21476>.
12. Kamsu-Foguem B., Tiako P. Risk information formalisation with graphs // *Computers in Industry*, 2017, vol. 85, pp. 58–69. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compind.2016.12.004>.
13. Zhang M., MacKenzie C.A., Krejci C., Jackman J., Hu G., Hu C.Y., Burnett G.A., Graunke A.A. Probabilistic methods for long-term demand forecasting for aviation production planning // *Industrial and Manufacturing Systems Engineering Conference Proceedings and Posters*, 2017, no. 176. pp. 1294–1299. URL: https://lib.dr.iastate.edu/imse_conf/176.
14. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва: ИЦ «Академия». 2003. 464 с.
15. Сайт Министерства экономического развития России. URL: <http://old.economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/prognoz>.

References

1. Balatsky E.V., Yurevich M.A. Technological economies of scale and economic growth. *Terra Economicus*, 2020, vol. 18, issue 1, pp. 43–57. DOI: <http://doi.org/10.18522/2073-6606-2020-18-1-43-57>. (In Russ.)
2. Goldberg C., Nalianda D., Sethi V., Pilidis P., Singh R., Kyprianidis K. Assessment of an energy-efficient aircraft concept from a techno-economic perspective. *Applied Energy*, 2018, vol. 221, pp. 229–238. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.163>.
3. Hartley K. Rising Costs: Augustine Revisited. *Defence and Peace Economics*, 2020, vol. 31, issue 4, pp. 434–442. DOI: <http://doi.org/10.1080/10242694.2020.1725849>.
4. Artyomenko I.V., Oleshko V.S. Military-economic assessment of the initial cost of the development of advanced aviation materials. *Defense Industry Achievements – Russian Scientific and Technical Progress*, 2019, no. 1 (141), pp. 73–75. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37156692>. (In Russ.)
5. Artyomenko I.V., Oleshko V.S. Methodology of military-economic evaluation of the cost of advanced aircraft. *Defense Industry Achievements – Russian Scientific and Technical Progress*, 2018, no. 3 (139), pp. 65–70. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35575899>. (In Russ.)
6. Artemenko I.V., Oleshko V.S. Assessment of production capabilities of the enterprise of the military-industrial complex for production and repair of aircraft. *Defense Industry Achievements – Russian Scientific and Technical Progress*, 2018, no. 2 (138), pp. 57–61. Available at: http://izdat.ntckompas.ru/editions/for_readers/archive/article_detail.php?SECTION_ID=160&ELEMENT_ID=23363. (In Russ.)
7. Artyomenko I.V., Oleshko V.S. Assessment of the profits of the enterprise for production of military aviation technique. *Defense Industry Achievements – Russian Scientific and Technical Progress*, 2017, no. 2 (134), pp. 77–83. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29276488>. (In Russ.)
8. Artyomenko I.V., Oleshko V.S. Economic justification the cost of the works performed by the enterprises of the military-industrial complex in the aviation units of the Air-Space forces of Russia. *Defense Industry Achievements – Russian Scientific and Technical Progress*, 2016, no. 3 (131), pp. 58–63. Available at: http://izdat.ntckompas.ru/editions/for_readers/archive/article_detail.php?SECTION_ID=160&ELEMENT_ID=22752. (In Russ.)
9. Podbornova E.S., Makracheva A.V. Innovative development of enterprises of the machine-building complex. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 1, pp. 43–51. DOI: <http://dx.doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-1-43-51>. (In Russ.)
10. Tikhonov G.V. Methodology for Russia's small and medium-sized enterprises adaptation to crisis conditions. *Aerospace MAI Journal*, 2017, vol. 24, no. 3, pp. 236–240. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29408114>. (In Russ.)
11. Reis A., Siddiqi A., Weck O. Evolution stages of aircraft manufacturing firms. *Systems Engineering*, 2019, vol. 22, issue 3, pp. 255–270. DOI: <http://doi.org/10.1002/sys.21476>.
12. Kamsu-Foguem B., Tiako P. Risk information formalisation with graphs. *Computers in Industry*, 2017, vol. 85, pp. 58–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.12.004>.
13. Zhang M., MacKenzie C.A., Krejci C., Jackman J., Hu G., Hu C.Y., Burnett G.A., Graunke A.A. Probabilistic methods for long-term demand forecasting for aviation production planning. *Industrial and Manufacturing Systems Engineering Conference Proceedings and Posters*, 2017, no. 176, pp. 1294–1299. Available at: https://lib.dr.iastate.edu/imse_conf/176.
14. Wentzel E.S. Probability theory. Moscow: ITs «Akademiia», 2003, 464 p. (In Russ.)
15. Website of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation. Available at: <http://old.economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/prognoz>. (In Russ.)