

Метод оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению*

Цель исследования. Высокотехнологичная продукция представляет собой сложнотехнические изделия, созданные на основе применения уникальных производственных процессов, либо продукцию, реализующую свои потребительские функции с использованием новейших физико-технических эффектов. Целью исследования является разработка нового метода оценки готовности высокотехнологичной продукции к производству. Создание высокотехнологичной продукции представляет собой весьма сложный и затратный процесс, который включает формирование научно-технического задела с широким использованием научных достижений. Так, например, процесс создания научно-технического задела в интересах проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ включает в себя этапы формирования научного, научно-технологического и производственно-технологического заделов. Поэтому оценка готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению имеет специфические особенности.

Материалы и методы. В условиях недостаточного финансирования создания научно-технического задела и принципиальной невозможности проведения фундаментальных научных исследований по «широкому спектру», актуальной задачей становится формирование такого рационального состава исследований, который позволял бы создавать изделия высокотехнологичной продукции с высоким качеством и высокой степенью готовности к промышленному изготовлению. В настоящее время методический инструментарий оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению находится на самом начальном этапе проработки, хотя актуальность подобных оценок возникает в процессе обоснования практически любой опытно-конструкторской работы, т.к. это обеспечивает повышение качества создаваемой продукции. Повышение качества высокотехнологичной продукции – многогранная проблема. Основными слагаемыми качества являются технический уровень, заложенный в документации на изделие, степень реализации этого уровня в процессе изготовления изделия.

Проведенное исследование базируется на теории экономической науки. Предложен метод оценки готовности высокотехнологич-

ной продукции к промышленному изготовлению, включающая все его этапы: от формирования концептуальной технологической схемы изделия до расчета уровня производственно-технологической готовности. Важной особенностью разработанного метода является использование математического аппарата, в том числе классического метода экспертных оценок, с учетом авторского варианта его модификации применительно к рассматриваемой задаче.

Результаты. Разработанный метод базируется на представлении перспективного изделия высокотехнологичной продукции в виде совокупности функционально-технологических блоков, включающих в себя множество различных технологий, и использовании экспертных оценок для оценки уровня готовности производственных технологий и технологической готовности изделия к промышленному изготовлению. Предлагаемый метод обладает научной новизной, которую определяет представление перспективного изделия высокотехнологичной продукции в виде совокупности функционально-технологических блоков, каждый из которых включает в себя некоторое множество различных технологий (как уже существующих, так и новых), позволяющих при их совместном использовании (функционировании) обеспечить требуемые характеристики высокотехнологичной продукции.

Заключение. Практическое использование разработанного метода оценки представляется наиболее эффективным в рамках современных концепций управления высокотехнологичными предприятиями. Предложенный метод может быть использован при подготовке производственно-технологического задела для перспективных изделий высокотехнологичной продукции. Работоспособность разработанного метода оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению продемонстрирована на числовом примере и апробирована в процессе управления производством данной продукции.

Ключевые слова: высокотехнологичная продукция, функционально-технологические блоки, уровень готовности, экспертные оценки.

Aleksandr M. Batkovskiy¹, Aleksandr V. Leonov², Aleksey Yu. Pronin²,

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

² 46 Central Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

Method for assessing the readiness of high-tech products for industrial production

Purpose of the study. High-tech products are complex products created on the basis of the application of unique production processes, or products that realize their consumer functions using the latest physical and technical effects. The aim of the study is to develop a new method for assessing the readiness of high-tech products for production. The creation of high-tech products is a very complex and

expensive process, which involves the formation of a scientific and technical reserve with the wide use of scientific achievements. For example, the process of creating a scientific and technical reserve in the interests of conducting research and development work includes the stages of the formation of scientific, scientific & technological and industrial-technological reserves. Therefore, the assessment of

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 16-06-00028а.

the readiness of high-tech products for industrial production has specific features.

Materials and methods. In the conditions of insufficient funding to create a scientific and technical base and the fundamental impossibility of carrying out fundamental scientific research on a "wide spectrum," the current task is to form such a rational research composition that would allow the creation of high-tech products with high quality and a high degree of the readiness for industrial production. At present, the methodological tools for assessing the readiness of high-tech products for industrial production is at the first stage of development, although the relevance of such estimates arises in the process of justifying almost any experimental design work. This ensures an improvement in the quality of the products created. Improving the quality of high-tech products is a multifaceted problem. The main quality components are the technical level in the product documentation, the degree of implementation of this level in the manufacturing process of the product.

The research is based on the theory of economic science. A method is proposed for assessing the readiness of high-tech products for industrial production, including all its stages: from the formation of the conceptual technological scheme of the product to the calculation of the level of production and technological readiness. An important feature of the developed method is the use of a mathematical apparatus, including the classical method of expert evaluations, taking

into account the author's version of its modification in relation to the problem under consideration.

Results. The developed method is based on the presentation of a promising product of high-tech products in the form of a set of functional and technological blocks that include a variety of different technologies and the use of expert assessments to assess the level of readiness of production technologies and the technological readiness of the product for industrial production. The proposed method has scientific novelty, which determines the representation of a promising product of high-tech products in the form of a set of functional and technological blocks, each of which includes a number of different technologies (both existing and new) that allow for their joint use (operation) required characteristics of high-tech products.

The conclusion. Practical use of the developed method of evaluation seems to be the most effective in the framework of modern concepts of managing high-tech enterprises. The offered method can be used at preparation of industrial-technological reserve for perspective products of high-tech production. The efficiency of the developed method for assessing the readiness of high-tech products for industrial production is demonstrated on a numerical illustration and tested in the process of managing the production of this product.

Keywords: high-technology products, functional-technological blocks, level of readiness, expert estimates.

Введение

При создании высокотехнологичной продукции (ВТП) необходимо учитывать ряд специфических особенностей, в частности:

- уникальность разработки важнейших технологий;
- высокая степень технологического риска;
- отсутствие прототипов (изделий-аналогов);
- сравнительно неустойчивый уровень развития необходимой технологической базы;
- универсальный характер большинства используемых технологий, имеющих перспективы двойного применения.

Сложность определения уровня готовности ВТП в значительной степени обуславливается природой оцениваемых объектов — научно-технических знаний, технических идей и конструктивно-технологических решений [1; 2]. Указанные факторы определяют важность исследования рассматриваемой проблемы. Как свидетельствует анализ работ по рассматриваемой проблематике инструментарий оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению находится

еще в стадии разработки. [3; 4; 5]. Отмеченные обстоятельства определяют актуальность проблемы, решаемой в данной статье.

В основу предлагаемого метода положено представление каждого ФТБ в виде совокупности различных технологий, в том числе уже существующих и новых технологий, позволяющих совместно обеспечить требуемые параметры функционально-технологических блоков в рамках заданных ограничений по ресурсам и срокам его создания [6]. При проведении расчетов предложено использовать экспертные оценки для определения уровня

готовности производственных технологий к промышленному изготовлению изделий ВТП.

Содержание метода оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению

Общая схема метода оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению представлена в виде следующей последовательности этапов (рис. 1).

Содержание данного метода включает в себя следующие этапы [7; 8].

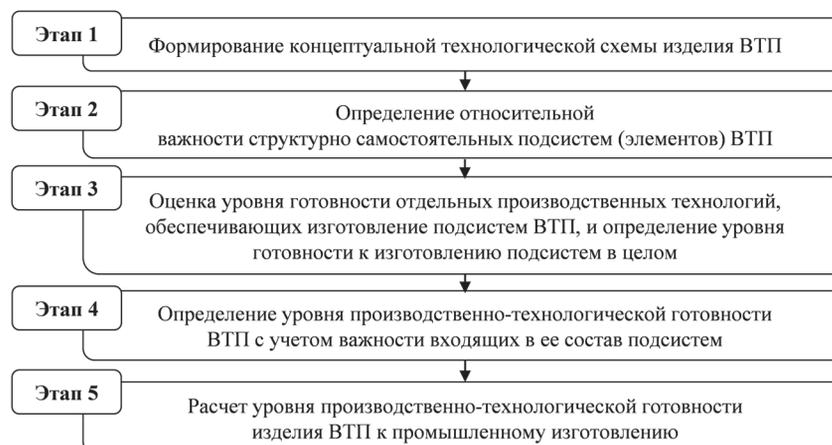


Рис. 1. Общая схема метода оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению

Этап 1. Формирование концептуальной технологической схемы изделия высокотехнологичной продукции

Под концептуальной технологической схемой изделия высокотехнологичной продукции понимается структурное описание основных подсистем (элементов) и перечень производственных технологий, на основе которых предполагается промышленное изготовление ВТП.

Изделие (O) может быть представлено совокупностью, состоящей из N относительно самостоятельных функционально-технологических блоков $S = (s_i | i = \overline{1, N})$, для промышленного изготовления которых применяются производственные технологии $T = (t_{ij} | i = \overline{1, N}, j = \overline{1, m_i})$, где m_i – количество производственных технологий, обеспечивающих изготовление i -ого ФТБ. Каждому ФТБ s_i назначается коэффициент относительной важности w_i . Коэффициенты относительной важности $W = (w_i | i = \overline{1, N})$ могут быть определены предварительно или рассчитаны по приведенной ниже методике.

С учетом введенных обозначений концептуальная технологическая схема изделия вы-

сокотехнологичной продукции с системных позиций описывается следующей структурой $O = \langle S, N, W, T \rangle$ (рис. 2).

Некоторые примеры концептуальной технологической схемы изделий высокотехнологичной продукции приведены в работах [9; 10; 11].

Этап 2. Определение относительной важности функционально-технологических блоков, входящих в состав изделия высокотехнологичной продукции

Определение относительной важности функционально-технологических блоков включает в себя два этапа:

- измерение или получение данных от лица, принимающего решение (ЛПР), о предпочтениях относительно важности рассматриваемых ФТБ;

- обработка полученных данных формальными математическими методами [12].

В результате каждому функционально-технологическому блоку ставится в соответствие неотрицательное число w_i , $i = \overline{1, N}$ такое что:

$$\forall i \quad 0 < w_i < 1, \quad \sum_{i=1}^N w_i = 1, \quad (1)$$

где N – количество оцениваемых функционально-технологических блоков; w_i , $i = \overline{1, N}$ – коэффициенты относительной важности.

Для определения w_i используются различные методические подходы, в том числе на основе парных сравнений и с учетом компетентности экспертов [13; 14]. При использовании метода парных сравнений оцениваемых объектов заполняется следующая матрица

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mN} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где a_{jk} – результат сравнения j -го функционально-технологического блока с k -м.

При этом значения a_{jk} , $j, k = \overline{1, N}$ могут принимать следующие значения:

$$a_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й и } k\text{-й ФТБ} \\ & \text{имеют одинаковую} \\ & \text{важность;} \\ 3, & \text{если } j\text{-й ФТБ немного} \\ & \text{важнее } k\text{-го;} \\ 5, & \text{если } j\text{-й ФТБ существенно} \\ & \text{важнее } k\text{-го;} \\ 7, & \text{если } j\text{-й ФТБ значительно} \\ & \text{важнее } k\text{-го;} \\ 9, & \text{если } j\text{-й ФТБ абсолютно} \\ & \text{важнее } k\text{-го.} \end{cases}$$

В случае необходимости a_{jk} может принимать промежуточные значения, т.е. 2, 4, 6, 8.

На элементы матрицы парных сравнений накладывается требование взаимной дополняемости:

$$a_{kj} = \frac{1}{a_{jk}}, \quad k, j = \overline{1, N}. \quad (3)$$

Элементы матрицы парных сравнений a_{jk} рассматриваются в качестве оценок отношений w_j и w_k , то есть:

$$a_{jk} = \frac{w_j}{w_k}, \quad w_j, w_k \in W, \quad (4)$$

где $W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix}$ – вектор действительных искомых коэффициентов относительной важности объектов.

С целью повышения достоверности результатов экспер-

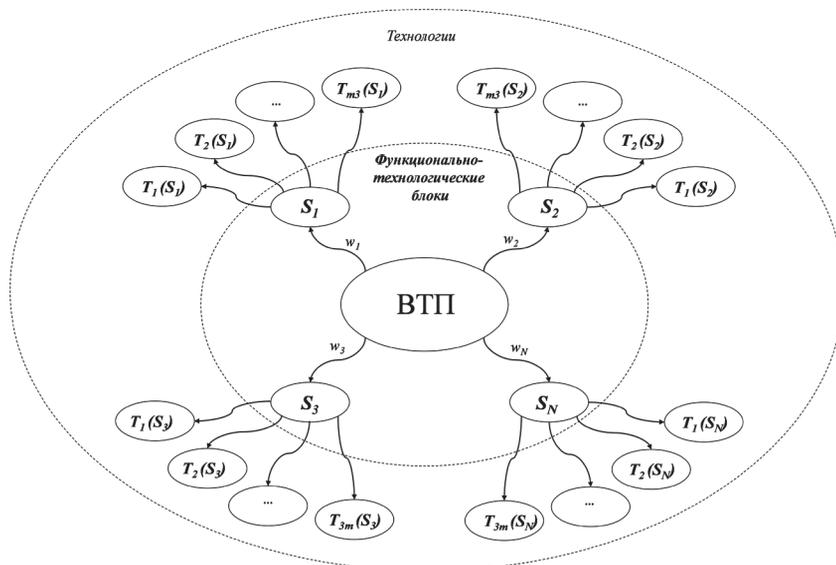


Рисунок 2. Системное представление типовой концептуально-технологической схемы изделий

тизы целесообразно работать с группой экспертов. В силу субъективных представлений и несовершенства экспертов как «измерителей», оценки, получаемые от каждого из них, могут несколько отличаться. Поэтому для удобства дальнейшего использования оценки необходимо агрегировать в единую шкалу. В качестве способа агрегирования индивидуальных шкал отношений может быть использована итерационная процедура Миркина [15].

Этап 3. Оценка степени готовности производственных технологий к изготовлению

функционально-технологических блоков изделия высокотехнологичной продукции

В общем случае, когда впервые изобретена и концептуализирована новая технология, она, как правило, непригодна для немедленного применения [16]. Новые технологии обычно подвергаются экспериментированию, улучшению, испытаниям и проверкам с постепенно нарастающими требованиями. И только тогда, когда подтверждена эффективность и надежность технологии, она может быть внедрена в состав изделия высокотехно-

логичной продукции [17; 18].

Оценка готовности отдельных производственных технологий осуществляется экспертными методами с использованием вербально-числовой шкалы, устанавливающей однозначное соответствие между проработанностью производственной технологии и ее числовой оценкой [19]. Для оценки уровня готовности производственных технологий предлагается использовать вербально-числовую шкалу, описание которой представлено на рис. 3.

Данная шкала для оценки уровня готовности технологий требует от специалистов, привлекаемых к экспертизе, дать однозначный ответ на вопрос – «На каком уровне в настоящий момент находится технология?». В данной вербально-числовой шкале уровни готовности производственных технологий с 1 по 3 не используются на практике, так как на этапе концептуальных исследований по созданию изделий высокотехнологичной продукции еще невозможно определить требуемые для них производственные технологии. Использование дополнительного десятого уровня (PL_{10}) связано с возможностью дальнейшего развития производственных технологий, когда изделие высокотехнологичной продукции уже находится на стадии полномасштабного производства. Таким образом, в результате оценки готовности отдельных производственных технологий должна быть получена таблица со строками переменной размерности:

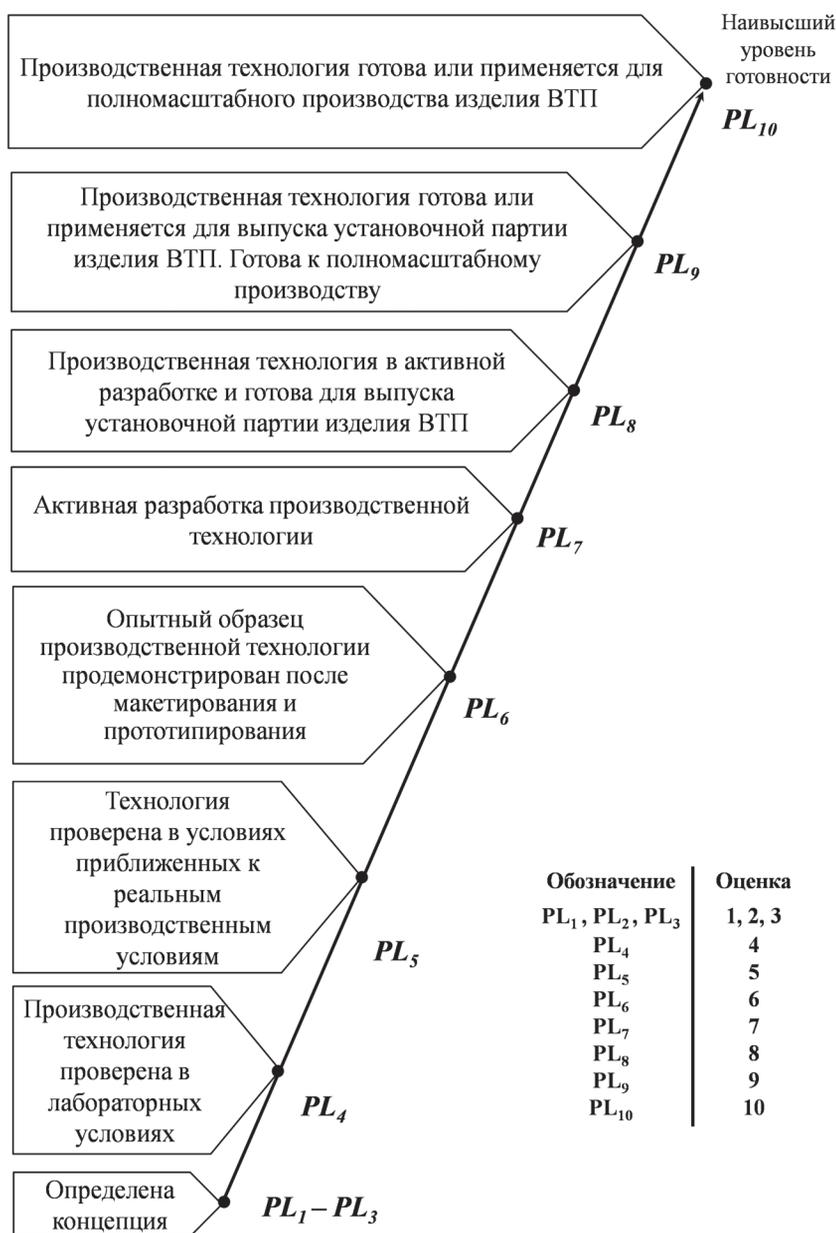


Рис. 3. Вербально-числовая шкала для оценки уровня готовности производственных технологий

$$T = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1m_1} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2m_2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ t_{N1} & t_{N2} & \dots & t_{Nm_N} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Элемент таблицы t_{ij} представляет собой оценку готовности j -ой промышленной технологии, применяемой для изготовления i -го функцио-

нально-технологического блока изделия высокотехнологичной продукции.

Оценка обеспеченности функционально-технологических блоков изделия высокотехнологичной продукции производственными технологиями определяется по формуле:

$$s_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} t_{ij}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (6)$$

Полученные оценки определяют средний уровень готовности производственных технологий к применению для изготовления функционально-технологических блоков.

Этап 4. Определение уровня технологической готовности изделия высокотехнологичной продукции с учетом важности входящих в его состав функционально-технологических блоков

Обобщенная количественная оценка уровня готовности производственно-технологического задела для изготовления изделия высокотехнологичной продукции в целом определяется по формуле:

$$L_{обп} = \sum_{i=1}^N w_i \cdot s_i. \quad (7)$$

Этап 5. Расчет уровня производственно-технологической готовности изделия высокотехнологичной продукции к его промышленному изготовлению

Уровень производственно-технологической готовности изделия высокотехнологичной продукции определяет степень соответствия имеющегося производственно-технологического задела требуемому заделу, обеспечивающему изготовление изделия ВТП для проведения его испытаний в реальной обстановке [20; 21]. Данным условиям отвечает уровень проработки производственных технологий с показателем PL_6 .

Таким образом, уровень производственно-технологической готовности изделия высокотехнологичной продукции рассчитывается по формуле:

$$K_{ПГ} = \frac{L_{обп}}{PL_6} \cdot 100\%. \quad (8)$$

Показатель $K_{ПГ}$ определяет усредненный с учетом важности структурных элементов изделия процент готовности производственных технологий для промышленного производства рассматриваемого изделия высокотехнологичной продукции.

Пример расчета уровня производственно-технологической готовности изделия высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению

Рассмотрим гипотетическое изделие высокотехнологичной продукции, состоящее из четырех относительно самостоятельных функционально-технологических блоков. Технологическая концепция изделия высокотехнологичной продукции представлена на рис. 4.

В соответствии с технологической концепцией (рис. 4) необходимо определить коэффициенты относительной важности четырех функционально-технологических блоков, входящих в состав некоторого изделия высокотехнологичной продукции. К экспертизе при-

влечено четыре специалиста, каждый из которых произвел парные сравнения функционально-технологических блоков. Эксперты для обработки представили следующие матрицы парных сравнений:

Первая пара

$$A^{(1)} = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A^{(2)} = \begin{vmatrix} 1 & 5 & 7 & 9 \\ 1/5 & 1 & 3 & 1 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Вторая пара

$$A^{(3)} = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 7 & 3 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

$$A^{(4)} = \begin{vmatrix} 1 & 3 & 7 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Результаты обработки этих матриц приведены в табл. 1.

Результаты итерационного процесса агрегирования полученных от экспертов индивидуальных шкал представлены в табл. 2.

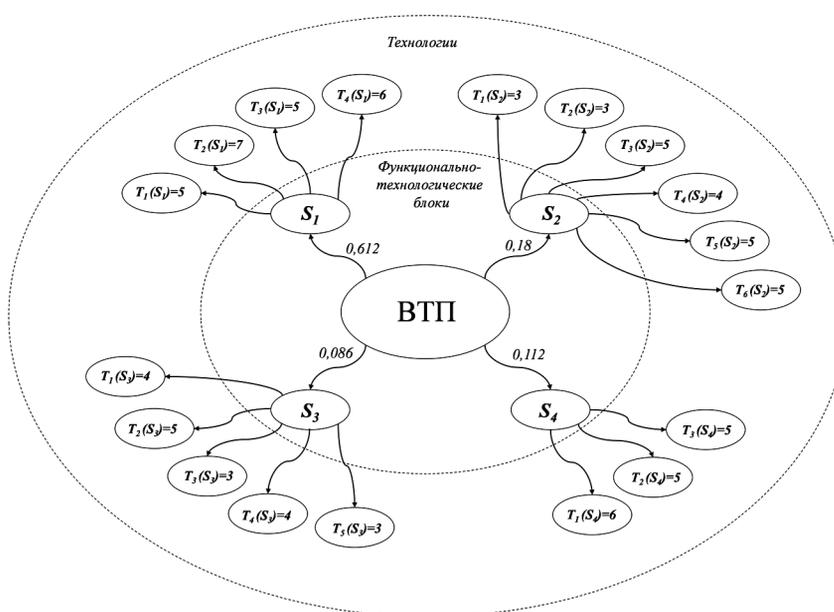


Рис. 4. Технологическая концепция изделия высокотехнологичной продукции (пример)

Таблица 1

Результаты обработки матриц парных сравнений

Эксперты	Шкала				Максимальное собственное значение
	$w_1^{(i)}$	$w_2^{(i)}$	$w_3^{(i)}$	$w_4^{(i)}$	
Эксперт № 1	0,640	0,176	0,080	0,104	4,162
Эксперт № 2	0,680	0,147	0,077	0,096	4,140
Эксперт № 3	0,552	0,199	0,095	0,153	4,127
Эксперт № 4	0,592	0,191	0,089	0,128	4,105

Таблица 2

Результаты решения задачи агрегирования

Номер шага	w_1	w_2	w_3	w_4
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,609	0,181	0,086	0,123
3	0,605	0,185	0,087	0,123
4	0,612	0,180	0,086	0,122

Таблица 3

Результаты расчета

Функционально-технологические блоки	Степень готовности	Результаты
ФТБ ₁	5,75	$L_{обр} = 5,25$ $K_{пт} = 87,4\%$
ФТБ ₂	4,17	
ФТБ ₃	3,8	
ФТБ ₄	5,33	

Итоговые коэффициенты относительной важности имеют следующие значения:

$$w_1 = 0,612, w_2 = 0,180, w_3 = 0,086, w_4 = 0,122.$$

Промежуточные результаты определения уровня готовности производственных технологий, необходимых для промышленного изготовления рассматриваемого изделия высокотехнологичной продукции, представлены в табл. 3.

Таким образом, производство рассматриваемого изделия высокотехнологичной продукции в среднем на 87,4% обеспечено готовыми к использованию (внедренными в производство) производственными технологиями. Значительно отстают от требуемого уровня готовности производственные технологии ФТБ₂ и ФТБ₃. Для их форсированного развития потребуется выделение дополнительных материальных и трудовых ресурсов.

Разработанный метод предлагается к использованию специалистами оборонных отраслей промышленности при оценке научного и производственно-технологического заделов для создания перспективных изделий высокотехнологичной продукции.

Заключение

В данной статье рассмотрены следующие основные вопросы:

- содержание метода оценки готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению;
- пример расчета уровня производственно-технологической готовности изделия высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению.

Предложенные модели базируются на современных методах оценки технологий в различных их сочетаниях и модификациях, что обеспечивает комплексное технико-экономическое оценивание готовности высокотехнологичной продукции к промышленному изготовлению.

Разработанный метод целесообразно использовать для оценки возможностей предприятий в конкурсном участии на выполнении заказов по созданию высокотехнологичной продукции.

Литература

1. Клочков В.В., Николенко В.Ю. Современная организация создания авиатехники. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. 348 с.
2. Батьковский А.М., Фомина А.В., Батьковский М.А., Калачихин П.А., Клочков В.В., Леонов А.В., Пронин А.Ю., Семенова Е.Г., Стяжкин А.Н., Тельнов Ю.Ф., Трофимец В.Я., Трофимец Е.Н. Совершенствование управления оборонно-промышленным комплексом. М.: ОнтоПринт, 2016. 472 с.
3. Бендиков М.А., Фролов И.А. Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития. М.: Наука, 2007. 583 с.
4. Mazurkiewicz A., Belina B., Giesko T., Karsz-

References

1. Klochkov V.V., Nikolenko V.Yu. Sovremennaya organizatsiya sozdaniya aviatekhniki. Moscow: FGBOU VPO MGUL, 2013. 348 p. (In Russ.)
2. Bat'kovskiy A.M., Fomina A.V., Bat'kovskiy M.A., Kalachikhin P.A., Klochkov V.V., Leonov A.V., Pronin A.Yu., Semenova E.G., Styazhkin A.N., Tel'nov Yu.F., Trofimets V.Ya., Trofimets E.N. Sovershenstvovanie upravleniya oboronno-promyshlennym kompleksom. Moscow: OntoPrint, 2016. 472 p. (In Russ.)
3. Bendikov M.A., Frolov I.A. Vysokotekhnologichnyy sektor promyshlennosti Rossii: sostoyanie, tendentsii, mekhanizmy innovatsionnogo razvitiya. Moscow: Nauka, 2007. 583 p. (In Russ.)
4. Mazurkiewicz A., Belina B., Giesko T., Karsz-

nia W. Operational system for the assessment of the implementation maturity level of technical innovations // Maintenance Problems. 2013. No. 4. P. 79–92.

5. Belina B., Giesko T., Łopacińska L., Walasik M. Setting of criteria in the commercial potential assessment method of innovative technological solutions // Maintenance Problems. 2013. No. 2. P. 221–234.

6. Хаматханова А.М. Готовность к промышленному внедрению как индикатор выбора приоритетных технологических направлений // Экономика науки. 2016. Т. 2. № 1. С. 23–34.

7. Семенов С.С., Воронов Е.М., Полтавский А.В. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем / под ред. Е.Я. Рубиновича. М.: ЛЕНАРД, 2016 520 с.

8. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю., Фомина А.В. Технологические аспекты процесса создания перспективных образцов радиоэлектронной продукции // Радиопромышленность. 2016. № 4. С. 135–145.

9. Клочков В.В. Управление инновационным развитием наукоемкой промышленности: модели и решения. М.: ИПУ РАН, 2010. 168 с.

10. Демьянова О.В., Ишкова Е.И. Особенности формирования стратегии устойчивого развития предприятия в условиях современного кризиса. // Финансы и кредит. № 6. Т. 23. С. 310–319.

11. Calderon M. The Pillars Of Cost-Effectiveness: A Practical Guideline For New Technology Cost-Effective Decision-Making. Value In Health. 2015 18(3). A102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jval.2015.03.598>

12. Бальбердин В., Белевцев А., Бендерский Г. Прикладные методы оценки и выбора решений в стратегических задачах инновационного менеджмента. М.: Дашков & Со, 2014. 240 с.

13. Петриченко Г.С., Петриченко В.Г. Методика оценки компетентности экспертов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 109. С. 80–91.

14. Финаев В.И., Игнатьев В.В. Системы управления на основе объединения классической и нечеткой моделей объекта. М.: Физматлит, 2013. 156 с.

15. Миркин Б.Г. Проблемы группового выбора. М.: Наука, 1974. 256 с.

16. Пашков П.М. Методология бизнес-анализа. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т экономики и управления, 2015. 212 с.

17. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров. М.: СЗГЗТУ, 2006. 186 с.

18. Amendola B. Cost effectiveness in new technologies, 2013, V. 18, Supplement 1, 9-11. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpor.2013.04.002>

19. Просветов Г.И. Математические методы и модели в экономике: задачи и решения. 2-е изд., перераб. М.: Издательство «Альфа-Пресс», 2016. 304 с.

nia W. Operational system for the assessment of the implementation maturity level of technical innovations. Maintenance Problems. 2013. No. 4. P. 79–92.

5. Belina B., Giesko T., Łopacińska L., Walasik M. Setting of criteria in the commercial potential assessment method of innovative technological solutions. Maintenance Problems. 2013. No. 2. P. 221–234.

6. Khamatkhanova A.M. Gotovnost' k promyshlennomu vnedreniyu kak indikator vybora priorytetnykh tekhnologicheskikh napravleniy. Ekonomika nauki. 2016. Vol. 2. No. 1. P. 23–34. (In Russ.)

7. Semenov P.S., Voronov E.M., Poltavskiy A.V. Metody prinyatiya resheniy v zadachakh otsenki kachestva i tekhnicheskogo urovnya slozhnykh tekhnicheskikh sistem / ed. E.Ya. Rubinovicha. Moscow: LENARD, 2016 520 P. (In Russ.)

8. Bat'kovskiy A.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu., Fomina A.V. Tekhnologicheskie aspekty protsessa sozdaniya perspektivnykh obraztsov radioelektronnoy produktsii. Radiopromyshlennost'. 2016. No. 4. P. 135–145.

9. Klochkov V.V. Upravlenie innovatsionnym razvitiem naukoemkoy promyshlennosti: modeli i resheniya. Moscow: IPU RAN, 2010. 168 P.

10. Dem'yanova O.V., Ishkova E.I. Osobennosti formirovaniya strategii ustoychivogo razvitiya predpriyatiya v usloviyakh sovremennogo krizisa. Finansy i kredit. No. 6. Vol. 23. P. 310–319.

11. Calderon M. The Pillars Of Cost-Effectiveness: A Practical Guideline For New Technology Cost-Effective Decision-Making. Value In Health. 2015 18(3). A102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jval.2015.03.598>

12. Balyberdin V., Belevtsev A., Benderskiy G. Prikladnye metody otsenki i vybora resheniy v strategicheskikh zadachakh innovatsionnogo menedzhmenta. Moscow: Dashkov & So, 2014. 240 P.

13. Petrichenko G.S., Petrichenko V.G. Metodika otsenki kompetentnosti ekspertov. Politematicheskiy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. No. 109. P. 80–91.

14. Finaev V.I., Ignat'ev V.V. Sistemy upravleniya na osnove ob"edineniya klassicheskoy i nechetkoy modeley ob"ekta. Moscow: Fizmatlit, 2013. 156 P.

15. Mirkin B.G. Problemy gruppovogo vybora. Moscow: Nauka, 1974. 256 P.

16. Pashkov P.M. Metodologiya biznes-analiza. Novosibirsk: Novosib. gos. un-t ekonomiki i upravleniya, 2015. 212 p.

17. Romanov V.N. Sistemnyy analiz dlya inzhenerov. Moscow: SZGZTU, 2006. 186 p.

18. Amendola B. Cost effectiveness in new technologies, 2013, V. 18, Supplement 1, 9-11. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpor.2013.04.002>

19. Prosvetov G.I. Matematicheskie metody i modeli v ekonomike: zadachi i resheniya. 2nd ed. Moscow: Izdatel'stvo «Al'fa-Press», 2016. 304 P.

20. Хрусталёв Е.Ю., Хрусталёв О.Е. Модельный инструментарий оценки производственной и финансовой надежности наукоемких и высокотехнологичных предприятий // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 3 (462). С. 402–412.

21. Баженов О.В., Галенкова А.Д. Развитие методики прогнозирования при моделировании комплексных экономических систем // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 3 (462). С. 573–581.

20. Khrustalev E.Yu., Khrustalev O.E. Model'nyy instrumentariy otsenki proizvodstvennoy i finansovoy nadezhnosti naukoemkikh i vysokotekhnologichnykh predpriyatiy. Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika. 2017. Vol. 16. No. 3 (462). P. 402–412.

21. Bazhenov O.V., Galenkova A.D. Razvitie metodiki prognozirovaniya pri modelirovanii kompleksnykh ekonomicheskikh sistem. Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika. 2017. Vol. 16. No. 3 (462). P. 573–581.

Сведения об авторах

Александр Михайлович Батьковский

Д.э.н., профессор кафедры

МАИ, Москва, Россия

Эл. почта: batkovsky@yandex.ru

Тел.: +7 916-638-53-10

Александр Васильевич Леонов

Д.э.н., профессор, ведущий научный сотрудник

46 ЦНИИ МО РФ,

Москва, Россия

Эл. почта: alex.clein51@yandex.ru

Пронин Алексей Юрьевич

К.т.н., старший научный сотрудник

46 ЦНИИ МО РФ,

Москва, Россия

Эл. почта: pronin46@bk.ru

Information about the authors

Aleksandr M. Batkovskiy

Dr. Sci. (Economics), Professor of the Department

MAI, Moscow, Russia

E-mail: batkovskiy_a@instel.ru

Tel.: +7 916-638-53-10

Aleksandr V. Leonov

Dr. Sci. (Economics), Professor, Leading Researcher

46 Central Research Institute of the Ministry of

Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

E-mail: alex.clein51@yandex.ru

Aleksey Yu. Pronin

Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher

46 Central Research Institute of the Ministry of

Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia

E-mail: pronin46@bk.ru