Научная статья
УДК 519.2

Методика выбора вида работ по созданию образца вооружения, военной и специальной техники в условиях неопределенности

Сергей Владимирович Стукалин, Максим Александрович Семернин

Аннотация. Предложена методика выбора вида проведения работ по созданию нового образца (составной части, узла, элемента) вооружения, военной и специальной техники (новых технологий для вооружения военной и специальной техники) в условиях неопределенности на основе байесовского метода, который позволяет принять решение по критерию минимального риска. Основным достоинством предлагаемого подхода является возможность определения оптимальной стратегии при непредсказуемых исходах.

Ключевые слова: стратегия; риск; априорная вероятность; апостериорная вероятность; перспективный образец вооружения и военной техники; технология

Для цитирования: Стукалин С.В., Семернин М.А. Методика выбора вида работ по созданию образца вооружения, военной и специальной техники в условиях неопределенности // Вооружение и экономика. 2025. №1(71). С. 67-74.

Original article

The Methodology of the Work Type Selection for Military and Special Equipment Sample Creation in Conditions of Uncertainty

Sergei V. Stukalin, Maksim A. Semernin

Abstract. An approach is method of the work type selection for a new sample (component, node, element) of military and special equipment weapons (new technologies for military and special equipment weapons) creation in conditions of uncertainty based on the Bayesian method, which allows to make a decision based on the minimum risk criterion. The main advantage of the proposed approach is the ability to determine the optimal strategy for unpredictable outcomes.

Keywords: strategy; risk; a priori probability; a posteriori probability; promising model of weapons and military equipment; technology

For citation: Stukalin S.V., Semernin M.A. The Methodology of the Work Type Selection for Military and Special Equipment Sample Creation in Conditions of Uncertainty. Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics. 2025;71(1): 67-74. (In Russ.).

Перспективная система вооружения представляет собой совокупность образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) с новыми функциями и улучшенными характеристиками, достижение которых во многом обеспечивается за счет создания опережающего научно-технического задела[1] (НТЗ), который, в обобщенном виде, включает [1-7]:

научные знания о явлениях, физических, химических и биологических эффектах, законах и закономерностях, имеющих оборонное значение;

составные части, модули и блоки ВВСТ, разработанные на основе принципиально новых материалов и веществ, изделий электронной компонентной базы;

экспериментальные и макетные образцы перспективного ВВСТ.

Создание перспективных образцов ВВСТ осуществляется в соответствии с идеологией «от системного понимания развития ВВСТ – к уровню их тактико-технических характеристик – направлениям создания научно-технического задела – концентрации ресурсов (финансовых, научных, материальных и др.) на проведение наиболее приоритетных фундаментальных, поисковых и прикладных оборонных исследований» [8]. При реализации данного подхода обеспечивается взаимная увязка по срокам и содержанию системных проектов развития межвидовых и видовых систем вооружения, работ по формированию облика образцов ВВСТ, а также исследований и разработок инновационного характера.

По заказу Минобороны России мероприятия по созданию основных элементов НТЗ планируются в рамках Программы развития базовых военных технологий, являющейся

[1] Борисов Ю.И. Особый задел // Военно-промышленный курьер. 2017. №9(673). 21 сентября.

© Стукалин С.В., Семернин М.А., 2025

составной частью государственной программы вооружения, и реализуются посредством размещения заданий государственного оборонного заказа [9].

Вместе с тем в условиях специальной военной операции [10] возникла необходимость поиска новых подходов для ускоренного создания перспективных образцов ВВСТ и военных технологий. Для решения данной задачи были внедрены механизмы постановки оперативных опытно-конструкторских работ (ОКР) и проведения предприятиями промышленности инициативных разработок в интересах Минобороны России[2].

Оперативная ОКР выполняется в ограниченные сроки по тактико-техническим требованиям, разрабатываемым довольствующим органом военного управления (ОВУ) совместно с профильными научно-исследовательскими организациями.

Инициативные разработки в интересах Минобороны России выполняются предприятиями промышленности за счет собственных средств без финансирования из государственного бюджета по предъявляемым заинтересованными ОВУ требованиям с проведением государственных или приравненных к ним испытаний созданных образцов ВВСТ (военно-технического имущества) и утверждением соответствующей технической документации.

Данные механизмы показали высокую эффективность и оперативность при разработке новых и модернизации существующих образцов ВВСТ, которые, в том числе, находят широкое применение в ходе проведения специальной военной операции.

В настоящей статье авторами разработана формализованная методика по выбору заказывающим органом военного управления рационального варианта создания составной части (узла, элемента) ВВСТ (образца ВВСТ) в условиях неопределенности, для снижения которой могут проводиться военно-технические эксперименты в условиях, приближенных к реальным.

Для решения данной задачи авторами предлагается использовать математический аппарат теории игр в части вероятностных моделей прогнозирования и оценки состояний «природы» с проведением неидеального эксперимента. В основу методики положен байесовский метод принятия решения на основе критерия минимального риска[3]. В данной статье под «природой» авторами понимается возможность создания образца ВВСТ с требуемыми тактико-техническими характеристиками (ТТХ).

В вербальном виде задача может быть сформулирована следующим образом: разработать методику, позволяющую сделать обоснованный выбор варианта создания образца ВВСТ, минимизирующего возможные риски с учетом возможности проведения военно-технического эксперимента (ВТЭ) по подтверждению заявленных ТТХ образца вооружения.

В формализованном виде постановка задачи имеет вид:

$$A^* = argmin\, f\,(A, B, D),$$

где: A^* – стратегия создания образца ВВСТ, обеспечивающая минимизацию риска;
A – возможные стратегии создания образца ВВСТ;
B – результаты военно-технического эксперимента;
D – матрица «прибыли» от создания ВВСТ.

Блок-схема предлагаемой методики представлена на рисунке 1.

[2] Соответствующие инструкции органам военного управления утверждены в Минобороны России установленным порядком в период 2022-2024 гг.

[3] Стронгин Р.Г. Основы информационных технологий. Исследование операций. Модели экономического поведения: учеб. пособие. М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. С. 189-191; Ганичева А.В., Ганичев А.В. Теория принятия решений: учеб. пособие. М.: Лань. С. 36-46.

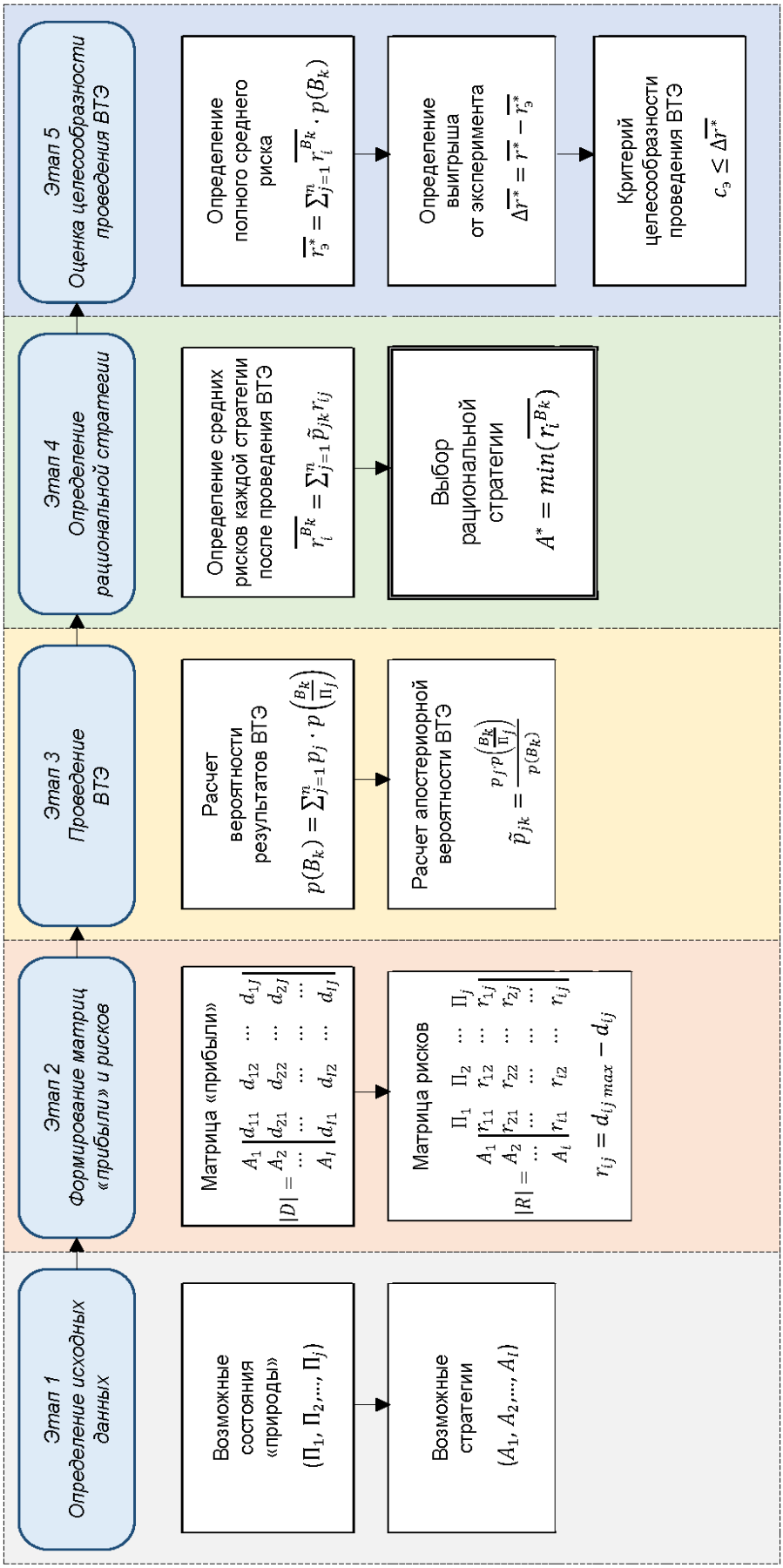

Рисунок 1 – Блок-схема предлагаемой методики выбора вида работ по созданию образца вооружения военной и специальной техники в условиях неопределенности

Этап 1. Определение возможных состояний «природы» и имеющихся стратегий создания образца ВВСТ.

В рамках предлагаемой методики определяются состояния «природы» ($\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_j$), характеризуемые возможными априорно заданными вероятностями реализации $p_1, p_2, \ldots, p_j$ и возможные стратегии ОВУ ($A_1, A_2, \ldots, A_I$) создания образца ВВСТ.

Число и состав состояний «природы» и возможных стратегий зависит от наличия исходных данных.

Этап 2. Формирование матриц прибыли и рисков.

Матрица прибыли $|D|$ и априорные вероятности p_j формируются на основе имеющейся информации о планируемом к реализации проекте, включая оценку готовности научно-технического задела, результатов ранее проведенных исследований, наличия научно-исследовательских коллективов и оборудования для исследований, направлениях реализации предполагаемых результатов, готовности оборонно-промышленного комплекса (ОПК) к производству образца ВВСТ.

Кроме того, во внимание может приниматься ретроспективный анализ результатов ранее проведенных разработок в рассматриваемой научно-технической области.

$$|D| = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \cdots \\ A_I \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \Pi_1 & \Pi_2 & \cdots & \Pi_J \end{array} \\ \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1J} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2J} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{I1} & d_{I2} & \cdots & d_{IJ} \end{vmatrix} \end{array},$$

где: I – количество стратегий создания образца ВВСТ;
J – количество возможных состояний «природы».

Элементы матрицы D характеризуют условную «прибыль» от реализации каждой стратегии, под которой понимается «полезность» создаваемого образца ВВСТ для системы вооружения ВС РФ, и могут задаваться как в стоимостном виде, так и в условных единицах с учетом возможности использования образца ВВСТ, направленности на противодействие одному или нескольким технологическим вызовам или угрозам безопасности Российской Федерации в технологической сфере.

На основе матрицы «прибылей» D по формуле (1) определяется матрица рисков создания образца ВВСТ R:

$$|R| = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \cdots \\ A_i \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \Pi_1 & \Pi_2 & \cdots & \Pi_j \end{array} \\ \begin{vmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{vmatrix} \end{array}.$$

$$r_{ij} = d_{ij\,max} - d_{ij}, \qquad (1)$$

где: r_{ij} – риски реализации i-й стратегии при j-м состоянии «природы»;
d_{ij} – элементы матрицы D, характеризующие условную «прибыль» от реализации i-й стратегии.

Этап 3. Проведение военно-технического эксперимента.

Для выбора рационального варианта создания образца ВВСТ заказывающим органом военного управления может проводиться ВТЭ. Результаты такого эксперимента также зависят от состояний «природы» и характеризуются условными вероятностями $p(B_k/\Pi_j)$. Апостериорные вероятности состояний «природы» $\tilde{p}_{jk}$ уточняют априорные вероятности и находятся по формуле (2):

$$\tilde{p}_{jk} = \frac{p_j \cdot p\left(\frac{B_k}{\Pi_j}\right)}{p(B_k)},$$

$$p(B_k) = \sum_{j=1}^{n} p_j \cdot p\left(\frac{B_k}{\Pi_j}\right), \quad (2)$$

где: B_k – k-й результат ВТЭ;
$p(B_k)$ – вероятность получения k-го результата ВТЭ;
p_j – априорная вероятность j-го состояния «природы», $\sum_{j=1}^{n} p_j = 1$;
$p(B_k/\Pi_j)$ – условная вероятность k-го результата ВТЭ для j-го состояния «природы»;
$\tilde{p}_{jk}$ – апостериорная вероятность j-го состояния «природы» при k-м результате ВТЭ.

Организация ВТЭ включает проверку основных ТТХ создаваемого образца ВВСТ путем проведения отдельных видов и категорий испытаний (механических, климатических, специальных), число которых непосредственно влияет на общую стоимость ВТЭ $\mathrm{c}_э$.

Этап 4. Выбор рациональной стратегии.

Выбор рационального варианта (стратегии) создания образца ВВСТ осуществляется на основе среднего риска его реализации с учетом результата, полученного при проведении ВТЭ B_k по формуле:

$$\overline{r_i^{B_k}} = \sum_{j=1}^{n} \tilde{p}_{jk} r_{ij}, \quad (3)$$

где: $\overline{r_i^{B_k}}$ – средний риск реализации i-й стратегии создания образца ВВСТ с учетом k-го результата ВТЭ.

Отсюда:

$$A^*(B_k) = min(\overline{r_i^{B_k}}), \quad (4)$$

где: $A^*(B_k)$ – рациональная стратегия стратегии создания образца ВВСТ для k-го результата ВТЭ.

Этап 5. Технико-экономическая оценка целесообразности проведения ВТЭ.

С учетом стоимости проведения ВТЭ, которая может стать дополнительным бременем для заказывающего органа военного управления (головного исполнителя мероприятия), необходимо наличие критерия целесообразности его проведения. Для этого рассчитываются полный средний риск с проведением ВТЭ ($\overline{r_э^*}$) и минимальный средний риск без ВТЭ ($\overline{r^*}$) по формулам (5) и (6):

$$\overline{r_э^*} = \sum_{j=1}^{n} \overline{r_i^{B_k}} \cdot p(B_k), \quad (5)$$

$$\overline{r^*} = \sum_{j=1}^{n} p_j r_{ij}, \quad (6)$$

где $\overline{r_i^{B_k}}$ – минимальный средний риск для k-го результата ВТЭ.

Далее определяется выигрыш от проведения эксперимента:

$$\Delta\overline{r^*} = \overline{r^*} - \overline{r_э^*}. \quad (7)$$

Выигрыш $\Delta\overline{r^*}$ является критерием целесообразности проведения эксперимента и показывает, на сколько средний риск при проведении эксперимента меньше, чем средний риск без проведения. При этом проведение ВТЭ может считаться целесообразным с технико-экономической точки зрения при:

$$c_э \leq \Delta\overline{r^*}, \tag{8}$$

где $c_э$ – стоимость проведения ВТЭ.

Технико-экономическая оценка критерия целесообразности может проводиться на этапе планирования ВТЭ с привлечением НИО Минобороны России, осуществляющим военно-научное сопровождение проводимой разработки. В этом случае апостериорные вероятности состояний «природы» определяются специалистами НИО экспертным методом на основе анализа имеющихся документов.

Работоспособность предложенной методики продемонстрирована на гипотетическом примере создания технологии адаптивного маскировочного покрытия.

В рамках примера определены следующие состояния «природы» (Π_1, Π_2, Π_3):

Π_1 – образец будет создан с заданными тактико-техническими характеристиками;

Π_2 – образец будет создан с тактико-техническими характеристиками, частично отступающими от заданных тактико-технических требований;

Π_3 – образец не будет создан.

Возможными стратегиями ОВУ (A_1, A_2, A_3) создания образца ВВСТ являются:

A_1 – НИОКР по ГОЗ;

A_2 – оперативная ОКР;

A_3 – инициативная работа.

При этом на основе анализа результатов предварительных испытаний макетного образца определены априорные вероятности состояний «природы»: $p_1 = 0{,}4$, $p_2 = 0{,}3$, $p_3 = 0{,}3$.

Требуется определить рациональную стратегию выбора вида работы (A^*) и провести технико-экономическую оценку целесообразности проведения ВТЭ.

Возможные результаты военно-технического эксперимента (B):

тактико-технические характеристики полностью подтвердились (B_1);

тактико-технические характеристики подтвердились частично (B_2);

тактико-технические характеристики не подтвердились (B_3).

Потенциальная «прибыль» от использования технологии адаптивного маскировочного покрытия в ВС РФ задана матрицей D:

$$|D| = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 \end{array} \\ \begin{vmatrix} 5 & 6 & 2 \\ 7 & 4 & 1 \\ 5 & 3 & 5 \end{vmatrix} \end{array}.$$

Технологические риски создания технологии покрытия определены по формуле (1):

$$|R| = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \Pi_1 & \Pi_2 & \Pi_3 \end{array} \\ \begin{vmatrix} 2 & 0 & 3 \\ 0 & 2 & 4 \\ 2 & 3 & 0 \end{vmatrix} \end{array}.$$

Условные вероятности $p(B_k/\Pi_j)$ результатов ВТЭ заданы матрицей:

$$\begin{array}{c} \\ \Pi_1 \\ \Pi_2 \\ \Pi_3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} B_1 & B_2 & B_3 \end{array} \\ \begin{vmatrix} 0{,}5 & 0{,}3 & 0{,}2 \\ 0{,}4 & 0{,}3 & 0{,}3 \\ 0{,}2 & 0{,}3 & 0{,}5 \end{vmatrix} \end{array}.$$

По формулам (2) и (3) вычислим вероятности результатов экспериментов, апостериорные вероятности каждого возможного результата ВТЭ B_k и соответствующие средние риски. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены средние риски возможных стратегий при различных результатах ВТЭ.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Результаты ВТЭ B_k	Вероятности результатов ВТЭ $p(B_k)$	Апостериорные вероятности $\tilde{p}_{jk}$	Средние риски $\overline{r_i^{B_k}}$
B_1	0,38	$\tilde{p}_{11} = 0{,}52$ $\tilde{p}_{21} = 0{,}31$ $\tilde{p}_{31} = 0{,}21$	$\overline{r_1} = 1{,}62$ $\overline{r_2} = 1{,}55$ $\overline{r_3} = 2{,}25$
B_2	0,3	$\tilde{p}_{12} = 0{,}4$ $\tilde{p}_{22} = 0{,}3$ $\tilde{p}_{32} = 0{,}3$	$\overline{r_1} = 1{,}48$ $\overline{r_2} = 1{,}72$ $\overline{r_3} = 1{,}53$
B_3	0,32	$\tilde{p}_{13} = 0{,}19$ $\tilde{p}_{23} = 0{,}28$ $\tilde{p}_{33} = 0{,}47$	$\overline{r_1} = 1{,}83$ $\overline{r_2} = 2{,}48$ $\overline{r_3} = 1{,}32$

Таблица 2 – Средние риски стратегий при различных результатах ВТЭ

	Π_1	Π_2	Π_3	$\overline{r_i}$ *при* B_1	$\overline{r_i}$ *при* B_2	$\overline{r_i}$ *при* B_3
A_1	5	6	2	1,62	1,48	1,83
A_2	7	4	1	1,55	1,72	2,48
A_3	5	3	5	2,25	1,53	1,32
Оптимальные стратегии				A_2	A_1	A_3

Анализ полученных расчетов позволяет сделать следующие выводы:

если в результате эксперимента тактико-технические характеристики полностью подтвердились (B_1), то рациональной стратегией будет проведение оперативной ОКР (A_2);

если в результате эксперимента тактико-технические характеристики подтвердились частично (B_2), то наиболее предпочтительным вариантом создания образца ВВСТ будет являться НИОКР по ГОЗ (A_1);

если в результате эксперимента тактико-технические характеристики не подтвердились (B_3), то продолжение работ по созданию образца ВВСТ возможно только в инициативном порядке за счет средств предприятия-разработчика (A_3).

Полный средний риск с проведением ВТЭ: $\overline{r_i^*} = 1{,}45$ ед.

Минимальный средний риск без ВТЭ: $\overline{r^*} = 1{,}7$ ед.

Выигрыш от эксперимента: $\Delta\overline{r^*} = 0{,}25$ ед.

Если эксперимент равен или меньше, чем $0{,}25$, то его проводить целесообразно.

Таким образом, авторами предложена формализованная методика к выбору органом военного управления из возможных вариантов создания образца ВВСТ, позволяющая минимизировать возможные риски.

Достоинством предложенной методики является возможность снижения априорной неопределенности путем проведения ВТЭ и технико-экономической оценки целесообразности его проведения.

Применение предложенной методики позволит заказывающим органам военного управления повысить обоснованность принимаемых решений в процессе формирования предложений в ежегодные государственные оборонные заказы и перечни инициативных работ, выполнение которых целесообразно за счет собственных средств организаций оборонно-промышленного комплекса.

Список источников

1. Оружие современной России: сирийский экзамен / Под ред. А.Ю. Криворучко. М.: Оружие и технологии, 2019. 244 с.
2. Буренок В.М. О перспективах развития вооружения, военной и специальной техники на основе опыта специальной военной операции // Вооружение и экономика. 2024. №2(68). С. 5-9.
3. Буренок В.М. Принципы обеспечения инновационного развития Вооруженных Сил Российской Федерации // Вооружение и экономика. 2016. №1(34). С. 3-8.
4. Буренок В.М., Старожук Е.А. Оружие будущего. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 215 с.
5. Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения / Под общ. ред. А.В. Дутова, В.В. Клочкова. М.: Институт им. Н.Е. Жуковского, 2019. 248 с.
6. Ачасов О.Б., Пронин А.Ю. Тенденции развития военных технологий в современных условиях // Вооружение и экономика. 2023. №1(63). С. 84-91.
7. Пронин А.Ю., Карпачев И.А., Морозов В.В. К вопросу межведомственной координации и взаимной увязке программ и планов создания перспективного вооружения в современных условиях военно-технической политики // Известия РАРАН. 2023. №4(129). С. 25-30.
8. Реулов Р.В., Стукалин С.В., Пронин А.Ю. Развитие базовых военных технологий на современном этапе: обоснование, планирование, реализация // Вооружение и экономика. 2022. №3(61). С. 78-91.
9. Реулов Р.В., Смирнов С.С., Стукалин С.В. Современные подходы к разработке нетрадиционных образцов вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2022. №4(62). С. 70-81.
10. Шумов В.В. Почему Россия достигнет целей специальной военной операции? Количественный анализ // Вооружение и экономика. 2024. №3(69). С. 63-74.

Информация об авторах

С.В. Стукалин – кандидат технических наук, доцент, SPIN код автора 6402-8084.
М.А. Семернин – SPIN код автора 4987-9779.