

УДК 355/359

doi: 10.53816/20753608\_2025\_3\_93

## МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЛИКА НОВОГО ОРУЖИЯ

## MODELS OF FORMING THE TECHNOLOGICAL APPROACH OF NEW WEAPONS

*А.В. Леонов<sup>1</sup>, чл.-корр. РАРАН А.Ю. Пронин<sup>1</sup>, В.В. Трущенко<sup>2</sup>*

*РАРАН, 46 ЦНИИ Минобороны России*

*A.V. Leonov, A.Y. Pronin, V.V. Trushchenkov*

В систематизированном виде представлены модели формирования технологического облика нового оружия и пример их практической реализации при обосновании создания лазерной системы. Главной отличительной особенностью предложенных моделей является возможность реализации многовариантного выбора технологического облика нового оружия с учетом совместного использования существующих и новых технологий.

**Ключевые слова:** технологический облик, новое оружие, научно-технический задел, программно-целевое планирование, модель, экспертное моделирование, имитационное моделирование.

The models of formation of the technological appearance of new weapons and an example of their practical implementation in substantiation of creation of a laser system are presented in a systematized form. The main distinctive feature of the proposed models is the possibility of implementing a multi-variant choice of the technological appearance of new weapons taking into account the joint use of existing and new technologies.

**Keywords:** technological appearance, new weapons, scientific and technical groundwork, program-target planning, model, expert modeling, simulation modeling.

В последние годы все большую актуальность приобретает системное проектирование нового оружия [1], одним из важнейших направлений которого является технологическое проектирование, предназначенное для формирования технологического облика нового оружия.

Для решения этой важнейшей задачи необходим соответствующий научно-методический аппарат, в том числе модели, позволяющие учитывать:

– целостную совокупность этапов формирования технологического облика нового оружия и их взаимосвязь;

– возможность совместного использования традиционных и новых технологий при создании нового оружия;

– необходимость решения оптимизационных задач по обоснованию рационального варианта конструктивно-технологического построения нового оружия;

– взаимосвязь требований, предъявляемых заказчиком к технологическому облику нового оружия, и потребностей в проведении фундаментальных научных исследований (ФНИ), направленных на формирование научно-технического задела (НТЗ), с учетом финансовых ограничений;

– возможность использования искусственного интеллекта для повышения эффективности решения прикладных задач по формированию технологического облика нового оружия.

В данной статье в систематизированном виде представлены модели формирования технологического облика нового оружия, учитывающие приведенные выше требования, и практический пример использования этих моделей при обосновании создания лазерной системы.

### Систематизация моделей формирования технологического облика нового оружия

Ниже представлены следующие виды моделей: общая, технологическая, оптимизационная, экспертная, имитационная и прикладная.

В систематизированном виде данные модели представлены на рис. 1.

### Общая модель

Общая модель формирования технологического облика нового оружия приведена на рис. 2.

Формирование технологического облика нового оружия на рис. 2 представлено в виде многоэтапного многоконтурного процесса, базирующегося на следующих принципах:

– обоснования множества возможных и выбора рациональных вариантов на каждом этапе (контур  $\{V\}$ );

– обоснования требований, предъявляемых последующим этапом к предыдущему этапу (контур  $\{S\}$ ).

Предложенная модель позволяет в едином контуре интегрировать процессы, связанные с проведением фундаментальных научных исследований по созданию новых технологий и функциональных блоков, построенных на их совмест-

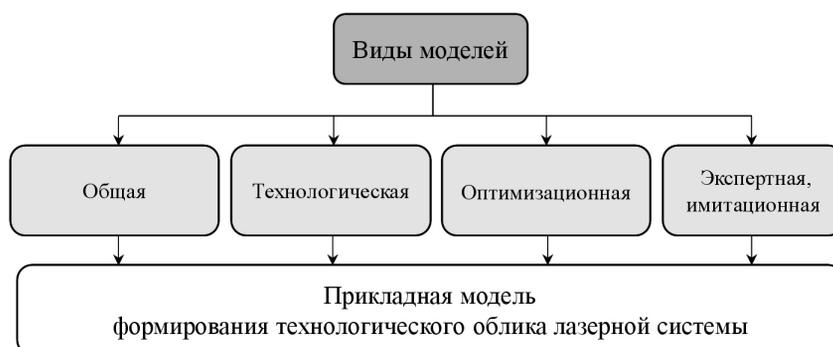


Рис. 1. Систематизация моделей формирования технологического облика нового оружия

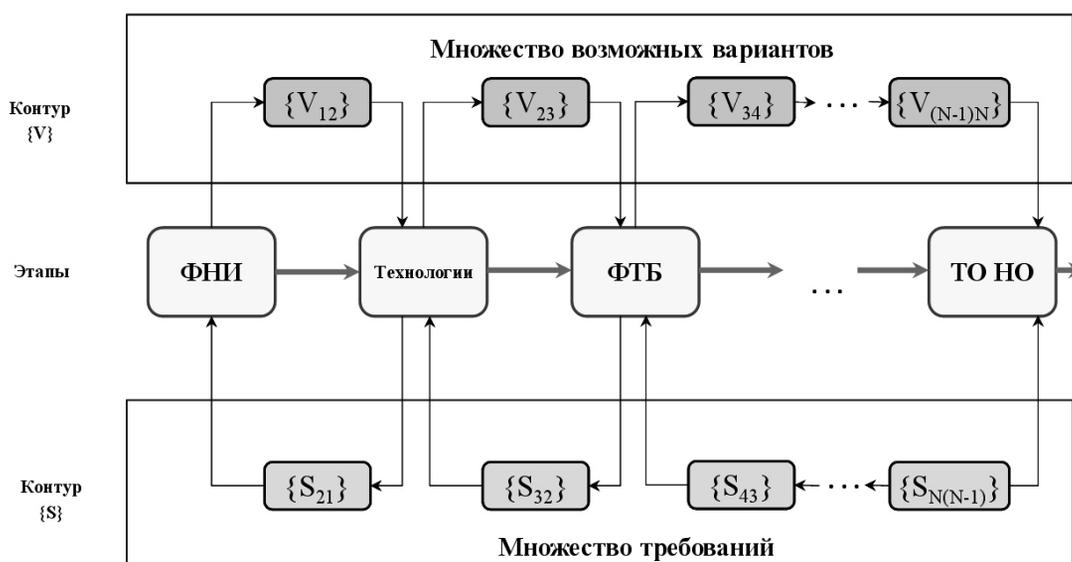


Рис. 2. Общая модель: ФНИ — фундаментальные научные исследования; ФТБ — функционально-технологические блоки; ТО НО — технологический облик нового оружия

ном применении с традиционными технологиями при формировании технологического облика нового оружия. С одной стороны, такая интеграция направлена на обоснованность и согласованность выбора рациональных решений на каждом этапе создания нового оружия, а с другой стороны — сокращение типажа номенклатуры функционально-технологических блоков (составных частей, узлов, элементов) за счет использования при создании нового оружия уже существующих апробированных стандартизированных технологических решений. В обоих ожидается снижение затрат на создание нового оружия.

Далее, содержание общей модели раскрывается с использованием технологической, формализованной, экспертной и имитационной моделей.

### Технологическая модель

Содержание технологической модели базируется на совместном использовании традиционных и новых технологий при обосновании создания нового оружия.

В современной методологии и практике развития военных технологий [2] необходимые технологии выбираются двумя способами: либо из множества существующих технологий, то есть уже достаточно хорошо апробированных и используемых в конструктивно-технологических схемах других видов оружия; либо возникает необходимость полномасштабной разработки новых технологий. Как правило, множество апробированных технологий является достаточно представительным и мощным, в отличие от множества новых технологий, непосредственно определяющих в конечном итоге функциональные возможности и облик нового оружия. Обычно эти технологии являются объектом формирующейся научно-технологической базы.

Таким образом, построение функционально-технологических блоков, в принципе, может быть осуществлено различными способами, в том числе на основе:

- использования только традиционных технологий;
- использования только новых («прорывных») технологий;
- совместного использования традиционных и новых технологий.

С учетом приведенных выше положений, технологическая модель формирования облика нового оружия представлена на рис. 3.

Приведем основные этапы технологической модели и их краткое содержание:

Этап 1. Формирование исходных данных (в том числе уточнение перечня и объемов задач нового оружия и требований к нему);

Этап 2. Разработка принципиальной функционально-технологической схемы нового оружия (НО), отражающей состав его ФТБ (подсистем, узлов, элементов), внутренних связей между ними и порядка их взаимодействия;

Этап 3. Формирование множества возможных вариантов функционально-технологического построения и определение требуемых уровней основных характеристик нового оружия (на основе их анализа устанавливается рациональный состав ФТБ, которые должны быть созданы, а также объем необходимых затрат для развития новых технологий);

Этап 4. Оценка текущего уровня технологий, которые предполагается использовать в составе каждого варианта функционально-технологического построения нового оружия;

Этап 5. Оценка потребного уровня развития технологий, необходимого для реализации заданных характеристик, применительно к каждому варианту функционально-технологического построения нового оружия;

Этап 6. Определение необходимости полномасштабной отработки новых технологий для каждого ФТБ, входящих в состав варианта построения нового оружия;

Этап 7. Оценка потребного уровня финансирования для создания нового оружия для каждого варианта его построения;

Этап 8. Определение направления решения задачи по формированию технологического облика нового оружия (минимизация затрат, максимизация эффективности, оптимизация сроков создания);

Этап 9. Выбор рационального варианта технологического облика нового оружия.

Следует отметить, что начальные этапы связаны с проведением фундаментальных и поисковых исследований, направленных на исследование, разработку и экспериментальную проверку путей и методов использования новых научных знаний и технологий в интересах создания нового

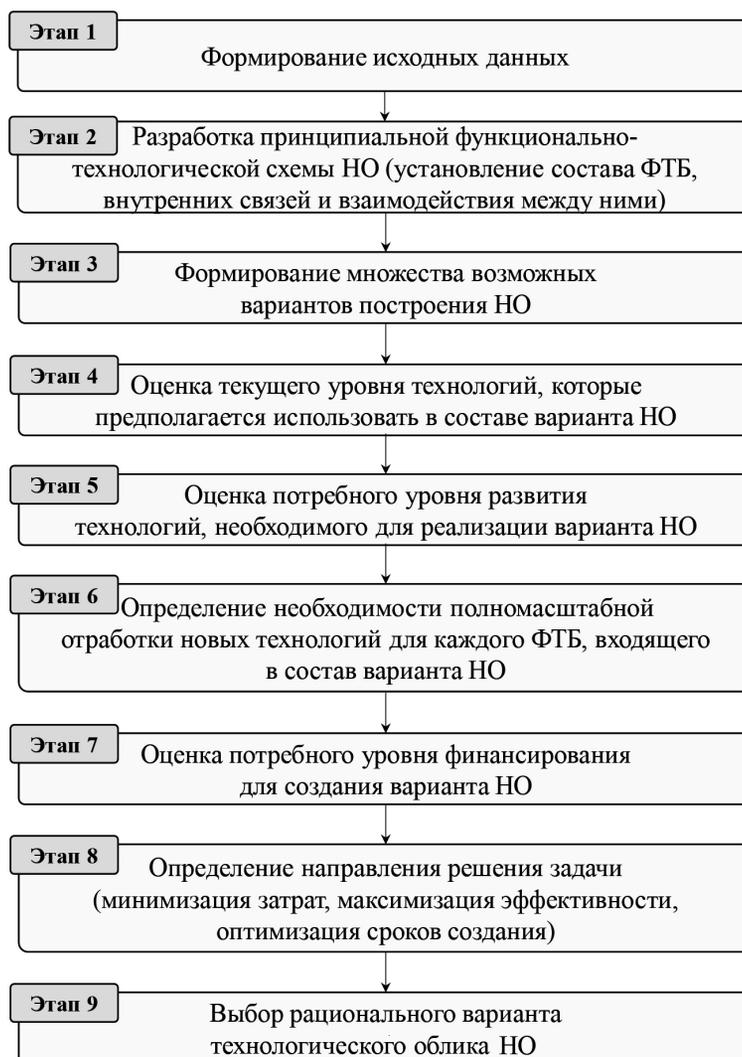


Рис. 3. Технологическая модель формирования облика нового оружия

оружия. Именно достижения современной науки являются фундаментом для создания нового оружия в направлении использования новых физических принципов и широкого внедрения технологий искусственного интеллекта. Важнейшее значение при этом приобретают работы по созданию научно-технологического задела.

### Оптимизационная модель

Модель, с использованием которой представляется возможным формализовать некоторые этапы технологической модели (см. рис. 3), представлена на рис. 4.

Формализация задачи, с использованием модели приведенной на рис. 4, заключается в следующем.

Известно множество  $J$  типов ФТБ, а также число блоков каждого типа  $z_j$  ( $j \in J, z$  — целое число). Функционально-технологический блок каждого типа  $z_j$  обладает присущими только ему определенными свойствами (параметрами)  $x_{ij} = x_i(z_j), i \in I, j \in J$ . При этом имеются параметры (например, массо-габаритные, энергопотребление), присущие каждому блоку.

Полные затраты в общем виде можно записать как

$$C = \sum_j C(z_j) + C_{\text{компл}},$$

$$j \in J, z \text{ — целое число,} \quad (1)$$

где  $C(z_j)$  — затраты на создание ФТБ  $z_j$ -го типа;



Рис. 4. Оптимизационная модель

$C_{\text{компл}}$  — затраты на комплексирование (интеграцию) функционально-технологических блоков в составе нового оружия.

Выражение (1) учитывает все необходимые компоненты затрат и отражает специфику нового оружия, прежде всего, зависимость основных характеристик от состава и порядка взаимодействия ФТБ с учетом их свойств, что обеспечивает появление между ними устойчивых связей.

Требуется определить рациональный состав функционально-технологических блоков в новом оружии. Данная задача решается с использованием комплексного критерия «эффективность — затраты — реализуемость» [3]. Возможны три варианта формулировки задачи.

1. Минимизация затрат. Требуется найти такие значения  $z_j^0 \geq 0$  ( $j \in J$ ), при которых полные затраты минимальны,  $C(z) \rightarrow \min$ . При этом:

а) эффективность решения  $l$ -ой функциональной задачи должна быть не меньше заданных (требуемых) уровней  $W_l[x_{ij}(z_j)] \geq W_l^0$  ( $l = 1, 2, \dots, L$ );

б) сроки создания нового оружия должны удовлетворять следующему условию  $T \leq T_{\text{зад}}$ .

2. Максимизация эффективности. В этом случае показатель эффективности решения  $l$ -ой функциональной задачи  $W_l[x_{ij}(z_j)] \rightarrow \max$  при заданном уровне затрат  $C(z) \leq C_{\text{зад}}$  и сроков создания  $T \leq T_{\text{зад}}$  нового оружия.

3. Оптимизации временных сроков создания нового оружия. В этом случае при  $C(z) \leq C_{\text{зад}}$  и  $W_l[x_{ij}(z_j)] \geq W_l^0$  ( $l = 1, 2, \dots, L$ ) определяются оптимальные временные сроки создания нового оружия,  $T \rightarrow \text{opt}$ .

Решением задачи в любом варианте ее формулировки является рациональное число  $z_j^0$  функционально-технологических блоков  $j$ -го типа в условиях многокритериального выбора [4].

### Экспертная модель

В основу данной модели положена логическая взаимосвязь требований, предъявляемых заказчиком к технологическому облику нового оружия, и потребностей в проведении фундаментальных научных исследований, направленных на создание научно-технического задела. Общая формулировка задачи заключается в следующем.

Известно множество планируемых к созданию образцов нового оружия. Требуется обосновать рациональный состав  $X^*$  приоритетных ФНИ, проведение которых необходимо для формирования НТЗ с учетом финансовых ограничений:

$$W(X^*) \rightarrow \arg \max \sum_{x_l \in X_{\text{полн}}} w(x_l); \quad (2)$$

$$\sum_l C(x_l) \leq C_{\text{зад}},$$



Наличие этих факторов, которые имеют как объективный, так и субъективный характер, не позволяет получить четкую коллективную оценку технологий и с системных позиций оценить интегральную оценку влияния ФНИ на технологический облик нового оружия. Тем не менее, экспертная модель имеет хорошие перспективы развития в следующих направлениях:

- внедрение искусственного интеллекта;
- совершенствование интеллектуальных человеческих ресурсов (собственно, естественного интеллекта);
- совместное использование естественного и искусственного интеллекта (т.е. гибридного интеллекта);
- совершенствование процедур коллективной экспертизы.

### Имитационная модель

Одним из наиболее прогрессивных подходов к формированию технологического облика нового оружия, реализующей модель, представленную на рис. 5, является использование имитационного моделирования, которое в настоящее время находит все более широкое применение, как в нашей стране, так и за рубежом [5–10]. В данном случае предметную область имитационного

моделирования составляют процессы формирования технологического облика нового оружия из совокупности существующих и новых технологий, а также построенных на их использовании функционально-технологических блоков.

Комплексное применение экспертного моделирования и имитационного моделирования при формировании технологического облика нового оружия показано на рис. 6.

Основными преимуществами метода имитационного моделирования, по сравнению с экспертными оценками, являются:

- сокращение процедуры обоснования и оценивания технологий на основе строго формализованного аппарата математического и имитационного моделирования;
- наличие в аппарате имитационного моделирования обратной связи между этапом оценки эффективности конкретной технологии или комбинации технологий и этапом формирования научно-технического задела;
- сокращение количества, упорядочение и конкретизация ФНИ, результаты которых составляют научно-технический задел создания нового оружия;
- возможность непрерывного мониторинга всех этапов формирования технологического облика нового оружия.

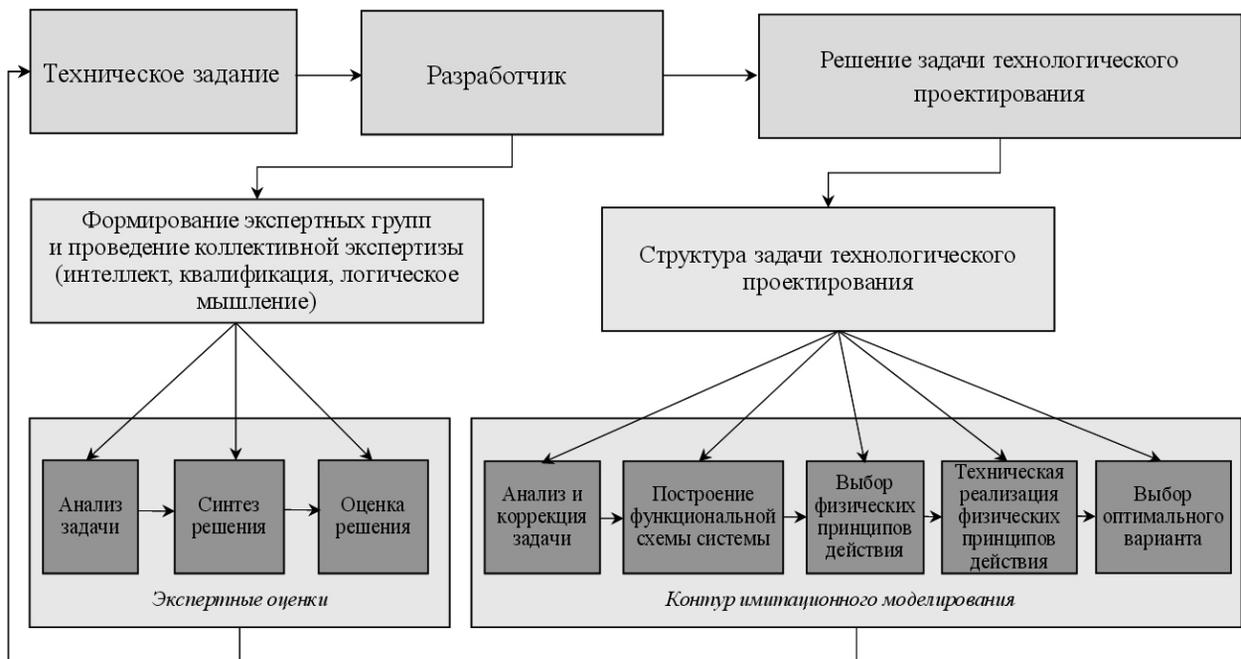


Рис. 6. Комплексное применение многоэтапного экспертного моделирования и имитационного моделирования

Весьма перспективным направлением является комплексное применение экспертного и имитационного моделирования с оценкой возможности использования искусственного интеллекта.

### Пример формирования технологического облика лазерной системы

Необходимость формирования технологического облика лазерной системы (ЛС) обусловлена значительными затратами ресурсов (в том числе финансовых, временных, кадровых и др.), необходимых для создания экспериментального и опытного образца, предназначенного для испытаний путем проверки правильности принятых конструктивно-технологических решений и исследования его основных характеристик.

Основными задачами в этой сфере являются:

- исследование наиболее важных технико-экономических характеристик, путем проверки их соответствия требованиям заказчика;
- оценка правильности выбранных принципов построения и основных конструктивно-технологических решений с целью уточнения требований к

ЛС и разработки проекта технического задания на проведение опытно-конструкторских работ;

- проверка соответствия основных характеристик ЛС требованиям технического задания и действующей нормативно-технической документации;
- получение надежных исходных данных для объективной оценки результатов ФНИ, реализуемости и целесообразности создания ЛС, и уточнения требований к ней.

Следует отметить, что независимо от целевого назначения технологический облик ЛС должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь в своем составе основные элементы и признаки намечаемой к разработке системы;
- представлять собой законченное в функциональном и конструктивно-технологическом отношении изделие;
- обеспечивать экспериментальную проверку возможности решения соответствующих функциональных задач.

Модель формирования технологического облика лазерной системы, основанная на комплексном учете приведенных выше моделей, представлена на рис. 7.



Рис. 7. Модель формирования технологического облика лазерной системы



Рис. 8. Пример технологического облика лазерной системы (вариант)

Практическое использование данной модели целесообразно при обосновании технологического облика экспериментального и опытного образца на этапе формирования научно-технического задела по созданию лазерной системы.

Пример, одного из возможных вариантов технологического облика лазерной системы, показан на рис. 8.

Представленный на рис. 8 технологический облик отображает состав основных ФТБ и внутренних связей между ними, реализующихся в процессе практического применения лазерной системы.

В основе построения источника лазерного излучения (ЛИ) находится базовая технология, а в основе других функционально-технологических блоков (подсистем) — технологии, обеспечивающие эффективную реализацию возможностей базовой технологии. При выборе технологий для создания каждого функционально-технологического блока учитывается состояние их разработки в соответствии со следующими критериями отбора: максимальное совпадение параметров имеющихся технологий и требуемых параметров; приоритетность параметров и др.

Учитывая широкие перспективы использования искусственного интеллекта, важнейшей задачей комплексного использования и развития методов моделирования является поэтапная, планомерная и скоординированная работа

по внедрению искусственного интеллекта, в том числе при формировании технологического облика нового оружия.

## Заключение

1. В систематизированном виде представлены модели формирования технологического облика нового оружия, в том числе:

- общая модель, представленная в виде многоэтапного многоконтурного процесса, базирующегося на принципах обоснования множества возможных вариантов и выбора рациональных вариантов, а также требований, предъявляемых к новому оружию на каждом этапе. Предложенная модель позволяет в едином контуре интегрировать процессы, связанные с проведением фундаментальных научных исследований по созданию новых технологий и функциональных блоков, построенных на их совместном применении, с традиционными технологиями при формировании технологического облика нового оружия. Содержание общей модели раскрыто с использованием других моделей, в том числе:

- технологическая модель, акцентирующая внимание на совместном использовании традиционных и новых технологий;

- оптимизационная модель, предназначенная для определения рационального состава

функционально-технологических блоков в новом оружии с использованием комплексного критерия «эффективность — затраты — реализуемость» в трех возможных постановках оптимизационной задачи: минимизация затрат; максимизация эффективности и сокращение временных сроков создания нового оружия;

– экспертная модель, в основу которой положена логическая взаимосвязь требований, предъявляемых заказчиком к технологическому облику нового оружия, и потребностей в проведении фундаментальных научных исследований, направленных на создание научно-технического задела. Показана возможность комплексного применения экспертного моделирования и имитационного моделирования при формировании технологического облика нового оружия с учетом использования искусственного интеллекта.

2. Главной отличительной особенностью предложенных моделей является возможность реализации многовариантного выбора технологического облика нового оружия с учетом совместного использования существующих и новых технологий и функционально-технологических блоков на них построенных.

3. Приведен практический пример комплексного использования предложенных моделей при формировании технологического облика лазерной системы (прикладная модель) и состава одного из возможных ее вариантов.

4. Дальнейшим направлением исследований являются системные исследования, направленные на поэтапную, планомерную и скоординированную работу по внедрению искусственного интеллекта на этапах формирования технологического облика нового оружия с использованием систематизированных в данной статье моделей.

#### Список источников

1. Леонов А.В., Пронин А.Ю. О важности системного проектирования нового оружия // Вооружение и экономика. 2021. № 1(55). С. 28–49.
2. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: Изд-во ООО «Купол», 2009. 624 с.
3. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: Военный университет, 2015. 340 с.
4. Буравлев А.И. О задачах многокритериального выбора // Вооружение и экономика. 2021, № 1(55). С. 131–138.
5. Строгаполов В.П., Толкачева И.О., Товарнов М.С. Проектирование и имитационное моделирование объектов вооружения // Аэрокосмический научный журнал. 2015. № 6. С. 1–12.
6. Брайткрайц С.Г., Воронцов П.С. Применение имитационного моделирования для оценки реализуемости и эффективности разрабатываемых технологий в интересах обоснования выбора приоритетных направлений развития вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2022. № 4 (22). С. 24–39.
7. Белорозов Р.С., Матвеев А.Ф. Применение методов стохастического моделирования в задачах планирования и управления развитием системы вооружения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2021. № 4 (119). С. 22–26.
8. Дубовский В.А., Курбанов А.Х., Плотников В.А. Сетевая модель планирования и управления процессами жизненного цикла вооружения и военной техники: процедура построения и реализации // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2020. № 3 (113). С. 39–45.
9. Буравлев А.И., Белорозов М.С. Модель управления технической готовностью ВВСТ при планировании и реализации государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. 2022. № 1 (59). С. 12–32.
10. Буравлев А.И., Еланцев Г.А. Вероятностные модели управления жизненным циклом вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2021. № 3 (57). С. 45–65.