

**2023**  
**№4(66)**

**Вооружение  
и экономика**

<p>46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации</p> <p>Российская академия ракетных и артиллерийских наук</p> <p>Академия проблем военной экономики и финансов</p>	<h1 style="text-align: center;">Вооружение и экономика 2023. №4(66)</h1> <p style="text-align: center;"><i>электронный научный журнал</i></p> <p style="text-align: center;"><a href="http://www.viek.ru">http://www.viek.ru</a></p>
<p><i>Издается с 2008 года</i></p> <p>Свидетельство о регистрации СМИ от 7 декабря 2012 г. № ФС77-52083</p> <p>ISSN 2071-0151</p> <p>Издатель: Российская академия ракетных и артиллерийских наук 107564, Москва, 1-я Мясниковская ул., д.3, стр.3</p> <p>Адрес редакции: 129327, Москва, Чукотский пр-д, д. 10, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России. В редакцию журнала «Вооружение и экономика»</p> <p><a href="mailto:rk@viek.ru">rk@viek.ru</a></p>	<p style="text-align: center;"><i>Содержание</i></p> <h2 style="text-align: center;">ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА</h2> <p><b>Протасов А.А., Ширманов А.В., Радоманов С.И.</b> Основные направления использования искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления..... <b>5</b></p> <p><b>Горский А.С., Полушкин В.М., Князев Р.И.</b> Распознавание образов на основе методов машинного обучения с подкреплением ..... <b>17</b></p> <p><b>Карпачев И.А., Морозов В.В.</b> Методический подход к формализованной оценке военной безопасности государства ..... <b>24</b></p> <p><b>Воробьев П.С., Толстов Г.С.</b> Гибридная математическая модель информационных потоков в высокоскоростных и низкоскоростных каналах военной связи с регулированием перегрузки и приоритетами обработки многопоточного трафика ..... <b>29</b></p> <p><b>Лугавов В.С., Лугавова В.Д.</b> Об эффективности поражения групповой цели ..... <b>38</b></p> <h2 style="text-align: center;">ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА</h2> <p><b>Викулов С.Ф., Фиров Н.В.</b> К вопросу прогнозирования возможностей государства по ресурсному обеспечению строительства Вооруженных Сил РФ..... <b>43</b></p> <p><b>Бабенков В.И., Каптюх А.Н., Чешина В.В.</b> Военно-экономический анализ процесса взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением силовых министерств с комбинатами Росрезерва ..... <b>50</b></p>

<p><b>Главный редактор</b> В.М. Буренок</p> <p><b>Редакционная коллегия</b> А.А. Александров О.Б. Ачасов В.И. Бабенков А.М. Батьковский С.И. Боков С.Г. Брайткрайц А.И. Буравлев С.Ф. Викулов (зам. гл. ред.) В.Л. Гладышевский (зам. гл. ред.) Е.В. Горгола П.А. Дроговоз Р.А. Дурнев Г.А. Лавринов (зам. гл. ред.) А.В. Леонов В.Г. Найденов А.Г. Подольский К.В. Сивков Е.Ю. Хрусталеv Д.В. Худяков (зам. гл. ред. – уч. секр.) А.А. Цельковских И.В. Чистов</p> <p><b>Оформление, верстка</b> Д.В. Худяков</p> <p><b>Редактор</b> Т.М. Молчанова</p> <p><b>Перевод</b> О.В. Криворучко</p>	<p><b>Леонов А.В., Пронин А.Ю.</b> Методы обоснования оптимального перехода к новой технологии при создании перспективного вооружения ..... <b>56</b></p> <p><b>Жаринов И.О.</b> Экономическая стратегия управляемой трансформации оборонно-промышленного комплекса на основе динамики суверенного стека сквозных цифровых технологий..... <b>69</b></p> <p><b>Боев А.С., Строкова Т.М., Жуков А.М.</b> Возможные пути снижения затрат на создание и применение радиоэлектронной техники специального назначения в особый период ..... <b>83</b></p> <p style="text-align: center;"><b>МЕНЕДЖМЕНТ</b></p> <p><b>Алексеев В.В., Боков С.И., Пестун У.А.</b> Инструменты теории рыночной конкуренции и системный анализ импортозамещения (на примере применения электронных компонентов в радиоэлектронной аппаратуре)..... <b>90</b></p> <p><i>Аннотации и ключевые слова / Abstracts and keywords</i>..... <b>96</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Дополнительные материалы</b></p> <p><i>Правила предоставления авторами рукописей</i> ..... <b>109</b></p> <p><i>Карточка статьи</i> ..... <b>111</b></p> <p><i>Карточка автора</i> ..... <b>111</b></p> <p><i>Особенности распространения журнала</i> ..... <b>111</b></p> <p><i>Порядок рецензирования рукописей</i>..... <b>112</b></p> <p><i>Сведения о членах редакционной коллегии</i> ..... <b>113</b></p>
--	---

# ***ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА***

УДК 004.032.26

**А.А. ПРОТАСОВ**, доктор военных наук  
**А.В. ШИРМАНОВ**, кандидат технических наук  
**С.И. РАДОМАНОВ**

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

*Рассматриваются задачи автоматизации органов управления на базе технологий искусственного интеллекта, в частности, технологий обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), а также развитие этих технологий в направлении перехода к так называемому универсальному (сильному) искусственному интеллекту (Artificial General Intelligence, AGI) и к восстановлению свойств интерпретируемости тех решений, которые формируются модулями с искусственным интеллектом. Формулируются основные положения терминоведческого подхода на примере термина «искусственный интеллект».*

*Ключевые слова: органы управления; автоматизированные системы; искусственный интеллект; универсальный искусственный интеллект; обработка естественного языка; семантический анализ; онтологии; терминология.*

### Введение

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) в последние годы, а также нарастающий объем работ по внедрению ИИ в автоматизированные системы управления делают актуальным постоянное обновление и уточнение взглядов на основные направления дальнейшего развития этих работ. В продолжение предшествующих публикаций<sup>1</sup>, в данной статье авторы ставят задачу исследования следующих вопросов: в чем особенности использования ИИ в автоматизированных системах управления (АСУ); какие направления развития ИИ являются наиболее перспективными с точки зрения их применения в АСУ.

### Современное состояние технологий искусственного интеллекта

Современные нейросетевые технологии ИИ показывают всё большую результативность в различных сферах деятельности. Создаваемые путем глубокого машинного обучения системы компьютерного зрения, предиктивной (предсказательной) аналитики, распознавания речи, имитации текстов на естественном языке достигли такого уровня, что их превосходство над человеком и его способностями при решении задач данного класса уже не вызывает ни у кого сомнений. В этих сферах ИИ речь уже идет о максимальном расширении фронта работ по практическому применению достаточно отлаженных и зрелых технологий.

Российские разработчики в сфере ИИ традиционно демонстрируют высокий мировой уровень решений в сферах компьютерного зрения, речевых технологий, предиктивной аналитики. В частности, в российском оборонно-промышленном комплексе (ОПК) создана платформа для автоматизированного решения задач машинного зрения (Платформа ГНС,

<sup>1</sup> См.: [1]; Протасов А.А., Ширманов А.В., Радоманов С.И. Перспективы развития искусственного интеллекта и задачи разработчиков оборонно-промышленного комплекса в контексте автоматизации деятельности органов военного управления // Сб. докладов X Форума по цифровизации оборонно-промышленного комплекса России ИТОПК, г. Москва, 15-17 сентября 2021 г. М.: Коннект, 2021. – С. 147-149; Ширманов А.В., Захаров С.С., Радоманов С.И., Шевчук А.А., Захаренков И.Г. Основные подходы по созданию системы автоматической оценки параметров современных и перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники с использованием имитационного моделирования военных действий на полигонах типа «цифровой двойник» // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «АСУ, информационно-телекоммуникационные системы»: сб. статей III Всеросс. науч.-техн. конф., г. Анапа, 22-23 апреля 2021 г. Т.2. Анапа: ВИТ «ЭРА», 2021. – С. 134-138.

PLAT)<sup>2</sup>, в том числе развернутая сейчас в военном инновационном технополисе «ЭРА». Успешно внедряются и другие технологии искусственного интеллекта, достигшие 4-6-го уровня готовности технологий (УГТ)<sup>3</sup>, по которым сейчас проводятся многочисленные опытно-конструкторские работы (ОКР), в первую очередь в части, касающейся различных систем автоматического управления, а также различной техники.

Однако (в отличие от *автоматических* систем) такие технологии не применимы в современных и перспективных *автоматизированных* системах управления, где требуется обработка текстовой информации на естественном языке, доля которой составляет, как правило, более 80% и в последние годы продолжает расти. То есть, решения в сферах высшего УГТ<sup>4</sup> (в т. ч., например, упомянутая выше «Платформа ГНС») в принципе не применимы для создания таких текстовых информационных сервисов как смысловое структурирование документов на естественном языке; смысловой поиск (например, путем предъявления документа-образца, содержащего искомый смысл) и др.

На сегодняшний день, по мнению авторов, технологии обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), которым будет уделено основное внимание в настоящей статье, следует относить к УГТ1-УГТ3 (то есть, к стадии научно-исследовательских работ). Можно констатировать, что в области NLP пока делаются только первые шаги, а именно: достаточно уверенно решаются задачи распознавания речи (переход от звуков к письменному тексту) и задачи поддержания диалога на основе индукции (по формуле: «обычно в таких случаях здесь произносят следующий текст...»). При этом реплики нейросетей в диалогах могут быть как «впопад», так и «невпопад». В любом случае ответ нейросети принципиально не допускает какого-либо объяснения (интерпретации): почему он был сформулирован именно так, а не по-другому. Любое объяснение сводится всегда к одному и тому же: «Меня так обучили»<sup>5</sup>.

Внимание авторов именно к технологиям обработки естественного языка не случайно. Дело в том, что работа с неструктурированными (слабоструктурированными) текстами играет первостепенную роль в деятельности органов управления (ОУ), автоматизацией которой 27 ЦНИИ Минобороны России занимается с момента своего основания. В стенах 27 ЦНИИ развитию так называемого «логического ИИ» и технологиям обработки естественного языка традиционно уделялось серьезное внимание. Здесь во второй половине прошлого века сформировалась научная школа под руководством Г. Белоногова [2], представители которой внесли существенный вклад в развитие технологий обработки естественного языка и внедрение их в действующие образцы систем автоматизации деятельности ОУ. Были разработаны первые для того времени лингвистические процессоры, способные не только выполнять традиционные операции графематического анализа, но и составлять на основе частотного анализа словари многословных терминов, обозначающих понятия соответствующей предметной области. С помощью выявленных понятий далее производились всевозможные преобразования на основе правил логики, продуцировались те или иные решения-рекомендации

<sup>2</sup> Платформа ГНС (рыночный бренд PLAT) – унифицированная программная платформа для разработки конечно ориентированных программных комплексов автоматического распознавания объектов на основе нейросетевых подходов. Разработка ГосНИИАС при поддержке ФПИ и Минпромторга России.

См.: Визильтер Ю.В., Вишняков Б.В. Отечественная унифицированная платформа и экосистема машинного обучения PLAT. Результаты сравнительного тестирования аппаратных средств ИИ // Доклад на Форуме «Российский софт: эффективные решения». Тематическая секция 2. «Искусственный интеллект – новая основа безопасности критической инфраструктуры государства». Москва, 22 апреля 2022 г.

<sup>3</sup> УГТ4-УГТ6 – это экспериментальная стадия, во время которой проводятся ОКР.

См.: ГОСТ Р 57194.1-2016. Трансфер технологий. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2020. – С. 10.

<sup>4</sup> В сферах компьютерного зрения, речевых технологий, предиктивной аналитики.

<sup>5</sup> Это относится и к таким мощным нейромоделям, как BERT (от Google), GPT-2, GPT-3 (от Open AI) и др. См.: Фетисов В. Китайская нейросеть WuDao 2.0 с 1,75 трлн параметров превосходит аналоги от Google и OpenAI // 3DNews. Новости Software. 2021. 03 июня. – <https://3dnews.ru/1041172/kitayskaya-neyroset-wudao-20-s-175-trln-parametrov-prevoshodit-analogi-ot-google-i-openai>; Switch Transformers: Transformer-модель с триллионом параметров // Neurohive. 2021. 26 января. – <https://neurohive.io/ru/papers/switch-transformers-transformer-model-s-trillionom-parametrov>; Котюбеев П. Модель Nvidia и Microsoft с самым большим количеством параметров в мире // Python-School. 2022. 1 февраля. – <https://python-school.ru/blog/nvidia-microsoft-ml-nlg>

в соответствующих экспертных системах / системах поддержки принятия решений. В то время были разработаны и в последующем совершенствовались алгоритмы морфологического анализа и синтеза терминов, синтаксического анализа предложений, выделения именных словосочетаний, которые были реализованы в виде программ (лингвистических процессоров) и применялись во многих образцах АСУ.

## Основные взгляды авторов на историю развития искусственного интеллекта

Искусственный интеллект, зародившийся в конце 1940-х гг. в недрах кибернетики как попытка повторения мыслительных способностей и действий человека, развивался на протяжении последних 75 лет по двум основным направлениям (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 – История и перспективы развития искусственного интеллекта

Первое из них, которое можно условно обозначить как «логический ИИ» (часто его называют также «символьным ИИ»), – это искусственный интеллект, основанный на знаниях, логическом выводе и имитации человеческих рассуждений. Примеры его – это универсальные решатели задач, программы, способные на основании аксиом геометрии доказать всё множество теорем школьной программы и, наконец, язык Пролог, экспертные системы и всё, что с ними связано: базы знаний, логические модели, продукционные правила, семантические сети.

Второе направление развития ИИ – это современные нейросетевые технологии машинного обучения, основанного на примерах, выявлении смыслов и скрытых закономерностей «по аналогии» (индуктивно). Такой искусственный интеллект можно условно назвать «нейросетевым ИИ». Сегодня его принято характеризовать как «слабый ИИ» (Narrow Artificial Intelligence).

Однако у систем «логического ИИ» был (и остается до настоящего времени) существенный «родовой» изъян. Они выдают абсолютно правильные решения-рекомендации, но при одном условии – все слова и словосочетания, поступающие на вход этих систем, должны быть абсолютно точно заменены теми смыслами (например, понятиями), которые дальше предназначаются для подстановки в различные формулы, например, предикатной алгебры. В реальности повсеместно (и в том числе в процессах деятельности органов управления) имеет место риск неоднозначной интерпретации смысла текстовых данных. Это является следствием фундаментального свойства естественного языка, где всякий смысл может быть изложен разными словами (синонимия) и одни и те же слова/словосочетания могут иметь

разный смысл (омонимия). Таким образом, всякие попытки практического применения различных систем, построенных с использованием технологий «логического ИИ», сопряжены, вплоть до настоящего времени, с необходимостью распознавания смысла (интерпретации) «в ручном режиме» тех входных данных, которые представлены в виде текста на естественном языке. При этом объем такой ручной работы, как правило, настолько велик, что сводит практически «на нет» эффект от применения технологий «логического ИИ» [1].

Решение проблемы семантической неоднозначности может быть достигнуто путем применения методов математической статистики (включая нейросетевые технологии) для привязки фрагментов текста (слов, словосочетаний, фраз, высказываний) к тем или иным известным смыслам, которые заранее выявлены и сведены в общую структуру. Такой структурой, объединяющей смыслы, является, по мнению авторов, онтология (или её модели), представляющая собой, в общем случае, полииерархическую структуру, задающую взаимосвязь зон действия всех групп процессов окружающего нас мира, объединения которых также принято называть онтологиями или, более правильно, моделями онтологии/онтологическими моделями/онтомоделями. Условно онтологические модели можно разделить на две части: модель понятий/классов («модель онтологии понятий») и модель фактов/экземпляров («фактологическую онтологию»). В работах авторов развивается так называемый «утилитарный подход» к формированию понятийных основ использования технологий искусственного интеллекта для автоматизации деятельности органов управления, где, в частности, формулируется определение «смысла» как понятия/класса или факта/экземпляра<sup>6</sup>.

#### Что понимается под термином «искусственный интеллект» в рамках данной статьи

Разработка единых научно обоснованных терминов и определений является сложной научно-технической задачей. Как известно, до сих пор не существует определения термина «искусственный интеллект», которое было бы признано широким сообществом специалистов, ведущих исследования в этой области. В связи с этим предлагается определять этот термин (равно как и все другие), исходя из тех конкретных целей, для достижения которых он будет использован. Такой подход условно можно назвать «утилитарным»<sup>7</sup>, подчёркивая, что искомые решения не претендуют на некий всеобщий универсализм, а оценка их приемлемости предполагается на основании того, насколько успешно обеспечивается достижение поставленных, достаточно локальных целей. В частности, в рамках данной статьи область этих целей ограничивается областью создания и модификации автоматизированных систем управления. Что же касается решений для более широкого круга задач, то их следует согласовывать, учитывая специфику каждой из областей потенциального применения.

При разработке терминов и определений понятий, соответствующих каждому термину<sup>8</sup>, необходимо руководствоваться результатами такой науки, как терминоведение.

<sup>6</sup> См.: Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Рыхлов В.О., Янин Д.М. Знание-ориентированная платформа как инструмент перехода от данных к знаниям // Логико-семантические методы обработки неструктурированной информации: состояние и перспективы применения в автоматизированных системах военного и двойного назначения: сб. трудов науч.-техн. конф. №1(178). М.: 27 ЦНИИ Минобороны России, 2019. – С. 139-154; Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Янин Д.М. Утилитарный подход к формированию понятийных основ использования технологий искусственного интеллекта для автоматизации деятельности органов военного управления // Проблемы создания и испытаний вооружения ракетно-космической обороны: науч.-методич. сб. трудов науч.-техн. конф. М.: ЦНИИ ВВКО Минобороны России, 2019. – С. 128-137; Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Рыхлов В.О., Янин Д.М. Понятийные основы перехода от данных к знаниям // Логико-семантические методы обработки неструктурированной информации: состояние и перспективы применения в автоматизированных системах военного и двойного назначения: сб. трудов науч.-техн. конф. №1(178). М.: 27 ЦНИИ Минобороны России, 2019. – С. 129-138.

<sup>7</sup> Утилитарный, -ая, -ое; -рен, -рна (книжн.): 1). Проникнутый утилитаризмом. Из утилитарных соображений. У. подход. 2). Прикладной, узкопрактический. Утилитарные знания. См.: Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М.: Азъ, 1992. – 960 с.

<sup>8</sup> Термин – слово или словосочетание, являющееся точным обозначением определенного понятия какой-либо области знания. См.: ГОСТ 7.0.-99. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 24 с.

«Определение понятий является сильным формально-логическим методом исследования, без которого невозможно построить концепцию объяснения тех или иных явлений» [3]. Определение понятия разрабатывается на основании исследования всех известных экземпляров, относимых к объему понятия<sup>9</sup>, и должно отвечать следующим требованиям:

1. полнотой (формула определения понятия охватывает все известные экземпляры, принадлежащие к известному объему понятия),
  2. цельностью (определение понятия действует в возможно более широких границах во всех обобщенных видах и не ограничивается перечислением составляющих его частей/экземпляров),
  3. непротиворечивостью (формула определения понятия относится только к экземплярам, принадлежащим к его объему, и не допускает соответствия ей (формуле) экземпляров, не принадлежащих данному понятию),
- а также отвечать требованиям
4. лаконичности<sup>10</sup>,
  5. однозначности<sup>11</sup> понятия.

С учетом сформулированного выше подхода рассмотрим терминосистему<sup>12</sup> области знаний «искусственный интеллект», применительно к области создания и модификации автоматизированных систем управления. Для этого необходимо рассмотреть более детально термин «искусственный интеллект» (термин «ИИ») и все те экземпляры, к которым в настоящее время он применяется. Как было сказано выше, под этим термином обычно подразумеваются экземпляры, относящиеся к совокупности технологий двух исторически сложившихся направлений развития ИИ: логического (символьного) и нейросетевого.

В части, касающейся «логического ИИ», термин «ИИ» применяется для обозначения следующих экземпляров:

1. технологий извлечения добытых эмпирическим путем знаний<sup>13</sup>;
2. архитектур (моделей, языков программирования), предназначенных для хранения знаний (в виде семантических сетей, rule-based (основанных на правилах), онтологий, фреймов [5] и т.д., баз данных), преобразования и создания новых знаний (машин логического вывода, прямого и обратного, например, продукционных моделей), объяснительного и диалогового компонентов;
3. экспертных систем<sup>14</sup>.

В части, касающейся «нейросетевого ИИ», термин «ИИ» применяется для обозначения следующих понятий:

1. технологий пайплайна (pipe line): подготовку данных (обучающих выборок), включая извлечение, очистку/разметку, анализ исходных данных, а также последующее обучение нейросетей с выбранной архитектурой;
2. архитектур нейросетей (в виде коннекционных функций) с привязанным к ним алгоритмами параметрической аппроксимации накопленной статистики (обучающей выборки) путем итерационного пересчета значений матрицы параметров (весовых коэффициентов связей) нейросетей;
3. нейросетевых моделей (обученных нейросетей) в виде совокупности выбранной архитектуры нейросети, матрицы параметров (полученной в результате обучения нейросети);
4. технологий инференса нейросетевой модели, то есть применения ее для решения прикладной задачи конечного пользователя.

<sup>9</sup> Экземпляры, «рассматриваемые в качестве группы, входящей в понятие, являются объемом понятия (экстенционалом)». См.: ГОСТ 7.0.-99.

<sup>10</sup> «Лаконичность формулы определения понятия требует определения предмета понятия без лишних слов». См.: [3].

<sup>11</sup> «Однозначность формулы означает, что записанные в ней признаки, характеризующие предмет, не допускают произвольного истолкования». См.: [3].

<sup>12</sup> «Терминосистема: Организованная совокупность терминов в специальном языке определенной области знания». См.: ГОСТ 7.0.-99.

<sup>13</sup> «Знания – это выявленные закономерности предметной области (принципы, связи, законы), позволяющие решать задачи в этой области». См.: [4].

<sup>14</sup> «Экспертные системы – это сложные программные комплексы, аккумулирующие знания специалистов в конкретных предметных областях и тиражирующие этот эмпирический опыт для оказания консультаций менее квалифицированным пользователям. См.: [4].

Все перечисленные выше понятия могут в равной степени претендовать на то, чтобы именоваться термином «ИИ». Однако в их числе есть некоторое ядро, которое создает функциональность, принципиально отличную от той, что создается путем написания традиционного программного кода. Суть этого отличия состоит в том, что новая функциональность возникает не в результате написания нового кода, а путем предъявления неизменной программной (программно-аппаратной) архитектуре различных данных (обучающих выборок) и знаний (продукционных правил/предикатов). В результате такого «предъявления» (обучения) происходит возникновение/извлечение новых знаний/закономерностей, не содержащихся в явном виде в исходных данных. При использовании нейросетевого ИИ переход от данных к знаниям совершается путем привязки выявленных закономерностей (фреймов) к соответствующим смыслам<sup>15</sup> (понятиям и экземплярам), а также формирование самих смыслов (обучение без учителя, кластеризация). При использовании логического ИИ (на данном уровне развития этих технологий) в качестве исходных данных выступают закономерности, добытые эмпирическим путем и преобразованные в продукции/предикаты (мысли<sup>16</sup>) с участием человека. Последующее преобразование этих данных и извлечение из них новых знаний происходит автоматически.

Таким образом, в первом приближении понятие «искусственный интеллект» можно определить как *«сформированные особым образом архитектуры компьютерных программ, оставаясь неизменными по своему внутреннему коду, путем предъявления различных данных в виде обучающих выборок и/или знаний в виде продукционных правил/предикатов способны формировать новые знания (обучаться): выявлять закономерности, а также распознавать и синтезировать смыслы и мысли».*

Для разработки достаточно полной терминсистемы, отвечающей сформулированному выше подходу и раскрывающей данное определение, необходимо рассмотреть всю совокупность понятий, обозначаемых, как правило, терминами «смысл», «мысль», «данные», «знания», «информация», «онтология» и т.д. В частности, можно использовать результаты исследований, представленных в работах авторов<sup>17</sup>.

### **Особенности применения искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления**

Опираясь на предложенное выше определение, можно сказать, что основная проблема применения ИИ в АСУ связана с риском неоднозначной интерпретации смысла тех данных, большие объемы которых поступают от различных информационных источников как текстовых, так и данных от средств видео-, аудиозаписи, радиолокации, гидроакустики, защиты, охраны, наблюдения, военной разведки и других технических средств. Риск ошибочной интерпретации возникает во всех случаях, когда эта информация неструктурирована<sup>18</sup> или слабоструктурирована<sup>19</sup>. Как уже было отмечено выше, решение данной проблемы может быть

<sup>15</sup> Интерпретация данных, придание данным смысла, привязка их к соответствующим процессам (событиям, явлениям или закономерностям), то есть соотнесение данных с соответствующей мыслью («С-МЫСЛЬ») – это и есть первый (и обязательный) этап перехода от данных к знаниям. См.: Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Рыхлов В.О., Янин Д.М. Понятийные основы... Указ. соч.

<sup>16</sup> Мысль – это порождаемое или воспринимаемое головным мозгом изоморфное отображение некоторого процесса. В свою очередь, выраженная мысль – это порождаемые или воспринимаемые головным мозгом данные о некотором процессе. См.: Там же.

<sup>17</sup> См.: Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Рыхлов В.О., Янин Д.М. Знание-ориентированная платформа... Указ. соч.; Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Янин Д.М. Утилитарный подход к формированию понятийных основ использования технологий искусственного интеллекта для автоматизации деятельности органов военного управления // Науч.-методич. сб. трудов науч.-техн. конф. «Проблемы создания и испытаний вооружения ракетно-космической обороны». М.: ЦНИИ ВВКО Минобороны России, 2019. – С. 128-137; Аблов И.В., Быстров И.И., Радоманов С.И., Рыхлов В.О., Янин Д.М. Понятийные основы... Указ. соч.

<sup>18</sup> Неструктурированные данные – данные, не привязанные к определенному смыслу (атрибуту).

<sup>19</sup> Слабоструктурированные данные – данные, фрагменты которых привязаны к определенным смыслам (реквизитам), например, путем соблюдения строго определенного порядка размещения этих данных на печатном листе, в документе. При этом внутри каждого из фрагментов данные остаются неструктурированными.

достигнуто путем привязки фрагментов текста к тем или иным смыслам (понятиям или экземплярам/фактам), являющимися узлами онтомоделей. Однако число узлов-смыслов в различных примерах действующих систем ограничивается, как правило, сотнями или, в лучшем случае, *тысячами*, в то время как по разным оценкам общее число смыслов, которыми оперирует современная культура, исчисляется, как минимум, *миллиардами*. На это указывает, в частности, пример использования предобученных базисных нейросетевых моделей класса foundation models, например: GPT-3 от компании OpenAI, способных решать задачи из области NLP, эффективно (но, подчас, бессмысленно и не обращая внимания на логику) имитируя разговорную речь на уровне так называемого «бытового сознания». Самая маленькая конфигурация GPT-3 Small содержит 125 млн параметров и требует полгода обучения при помощи профессионального графического ускорителя NVIDIA TESLA V100, оснащенного тензорными ядрами. В начале 2021 года самый большой вариант модели содержал 175 млрд узлов (с видеокарты NVIDIA TESLA V100 обучение заняло бы почти 500 лет)<sup>20</sup>.

Базисные нейросетевые модели (БНСМ), в основном типа трансформеров, прошедшие предобучение (без учителя) на больших объемах (терабайтах) текстовых данных и насчитывающие сотни миллиардов – триллионы параметров, способны быстро дообучаться (с учителем) применительно к узкоспециализированным предметным областям по относительно небольшим обучающим выборкам. Важным также является то, что БНСМ, предобученные на текстах, демонстрируют высокую результативность после дообучения не только в текстовой модальности, но и в видео-, аудио- и других модальностях, например, с использованием модели совместных эмбедингов изображения и текста<sup>21</sup>. Русского перевода понятия «эмбединг» пока не существует. Под эмбедингом (word embedding) до недавнего времени было принято понимать сопоставление элемента речи (слова, предложения и т.д.) числовому вектору. Однако все чаще встречается употребление понятия «эмбединг изображения», которое можно интерпретировать как вектор ключевых признаков изображения<sup>22</sup>.

Исследования последних двух-трех лет дают основания также для осторожного оптимизма и в части создания в ближайшее десятилетие универсального (сильного) ИИ, способного обучаться на малых выборках, а также самостоятельно генерировать необходимые знания в областях, относительно которых он (ИИ) не имел примеров готовых решений. В первую очередь такой оптимизм обусловлен теми результатами, которые демонстрируют БНСМ. Число параметров наиболее известных БНСМ уже превысило триллион<sup>23</sup> и приближается к числу внутренних связей в мозге человека<sup>24</sup>. Создание БНСМ требует предельно больших вычислительных мощностей и является одним из важнейших показателей технологического развития передовых стран в области ИИ. Лидерами в этом направлении, на сегодняшний день, являются США и Китай.

Непрозрачность нейросетей, конечно, не позволяет утверждать, что каждому из узлов данной модели соответствует определенный смысл (понятие или факт/экземпляр), но успешность «общения» с БНСМ показывает, что они (модели) все более успешно угадывают

<sup>20</sup> Сбер выложил русскоязычную модель GPT-3 Large с 760 миллионами параметров в открытый доступ // Хабр. 2020. 22 октября. – <https://habr.com/ru/company/sberbank/blog/524522>

<sup>21</sup> Рудер С. Путеводитель по основным трендам 2021 года в области обработки естественного языка и не только // ЛАНИТ. 2022. 22 марта. – <https://habr.com/en/company/lanit/blog/655933>; Итоги 2021: эксперты – о самом заметном в сфере ИИ // ICT.Moscow. 2021. 28 декабря. – <https://ict.moscow/news/ai-2021-results>; Что такое эмбединги и как они помогают машинам понимать тексты. – URL: [https://ai-news.ru/2020/03/chto\\_takoe\\_embedding\\_i\\_kak\\_oni\\_pomogaut\\_mashinam\\_ponimat\\_teksty.html](https://ai-news.ru/2020/03/chto_takoe_embedding_i_kak_oni_pomogaut_mashinam_ponimat_teksty.html)

<sup>22</sup> Что такое эмбединги и как они помогают искусственному интеллекту понять мир людей // Наука и жизнь. 2019. 17 апреля. – <https://www.nkj.ru/open/36052>; Векторное представление слов // Университет ИТМО. – [https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Векторное\\_представление\\_слов](https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Векторное_представление_слов)

<sup>23</sup> WuDao 2.0 (1,75 трлн параметров) – от BAAI (Пекинская академия искусственного интеллекта); Switch Transformer (1,6 трлн) – от Google; MT-NLG (1 трлн) – от Nvidia и Microsoft; GPT-3 (0,175 трлн) – от Open AI.

<sup>24</sup> Параметры нейросетевых моделей (нейромоделей) обычно отображаются на схемах в виде связей (а точнее – их весовых коэффициентов) внутренней архитектуры искусственной нейросети, что аналогично синапсам нейронов головного мозга человека. Считается, что таких связей (синапсов) в головном мозге насчитывается от 100 до 1000 трлн. См.: Фетисов В. Указ. соч.; Switch Transformers... Указ. соч.; Котюбеев Р. Указ. соч.

смысл «общения» с ними (примерно так, как это делает подросток или не очень образованный обыватель), а следовательно, число смыслов, содержащихся в их «сознании», уже сопоставимо с числом смыслов, которые могут возникать в потоке документов, требующих обработки в АСУ. Таким образом, можно утверждать, что общая онтологическая модель должна содержать порядка миллиардов узлов.

### Почему недостаточно традиционных методов обработки естественного языка

Что касается традиционных методов обработки естественного языка, то здесь следует отметить принципиальное отличие современных нейросетевых методов обработки текстовой информации от методов прикладной лингвистики, которые традиционно применялись последние 30-40 лет, а для ряда задач обработки текстов применяются до сих пор. Дело в том, что такие методы, «основанные на правилах» (rule based), требуют постоянной ручной донастройки с привлечением квалифицированных лингвистов каждый раз, когда возникает новая тема или именованная сущность, а такая точечная донастройка, проводимая локально без использования методов больших данных, часто «сбивает» адекватность системы в целом, и поэтому данные методы объективно достигли пределов своего развития. Особенно серьезные проблемы возникают при попытках применения таких технологий в АСУ, когда необходимо оперативно обрабатывать и связывать между собой сотни тысяч различных смыслов/тем, включая сведения, содержащие государственную тайну. При этом привлекаемые от промышленности специалисты (например, в области прикладной лингвистики) должны получать доступ к большим массивам документов со сведениями закрытого характера и выполнять все необходимые требования при работе с гостайной, что зачастую проблематично. В противоположность этому, нейросетевые методы обработки естественного языка не имеют таких недостатков, так как позволяют проводить необходимую обработку текстовых документов в *автоматическом* режиме, без привлечения сторонних экспертов и с несоизмеримо большими скоростями.

В соответствии с этим следует констатировать, что назрела специфичная для АСУ задача проведения углубленных исследований в области применения технологий нейросетевого ИИ для обработки текстов на естественном языке, включая изучение возможностей использования базисных нейромоделей.

Задача 1. Создание общей модели онтологии «осмысленных» понятий/классов и фактов/экземпляров путем связывания между собой (гармонизация) всех обозначенных (поименованных, символьных) узлов-смыслов «осмысленных» онтомоделей понятий/классов и фактов/экземпляров в виде различных таксономий: классификаторов, тематических рубрикаторов, словарей, тезаурусов, схем деления и т.д. Для решения этой задачи потребуются привлечение большого числа специалистов по библиографии, способных квалифицированно проводить разметку сверхбольших объемов данных (сотни терабайт), привязывая фрагменты текстов к различным известным таксономиям. Потребный объем вычислительных мощностей на этом этапе прогнозируется сравнительно небольшой. Основная нагрузка в данном случае ложится на экспертов. Понятно, что в процессе разметки будет происходить обучение нейросетевой общей модели онтологии, и нагрузка на экспертов будет снижаться по экспоненте. Объем узлов-смыслов результирующей онтологической модели будет сравнительно небольшим, в пределах миллионов.

Задача 2. Создание общей модели онтологии «неявных» представлений (концептов) и образов/экземпляров путем связывания между собой (гармонизации) всех «неявных» (ассоциативных) узлов-смыслов общей «неявной» модели онтологии: неявных (ассоциативных) онтомоделей, формируемых базисными нейросетевыми моделями, а также неявных онтомоделей, возникающих в результате кластеризации (как нейросетевой, так и традиционными методами математической статистики). В качестве обучающих выборок (датасетов) для дообучения «неявной» модели онтологии здесь будут использоваться не только все доступные текстовые данные, но и речевые, визуальные, результаты видео-, радиолокационных, инфракрасных, гидроакустических и других наблюдений. Ключевыми признаками в векторах

образов<sup>25</sup>/эмбедингах будут выступать также различные сигнатуры, паттерны и другие явные смыслы и неявные образы. При решении этой задачи объем узлов-образов резко увеличится до миллиардов, потребуются колоссальные вычислительные ресурсы.

Задача 3. Связывания между собой (гармонизация) «осмысленных» и «неявных» моделей онтологии. Разработка технологий постоянного «осмысления» узлов-образов «неявных» онтомоделей и привязки их к новым или известным узлам-смыслам общей «осмысленной» онтомоделей.

Разделение на «осмысленную» и «неявную» системы можно рассматривать как развитие идей лауреата Нобелевской премии Д. Канемана, изложенных им в [6], где он выделяет в нашем сознании две системы: «Систему 1» и «Систему 2». «Система 1» занята формированием «неявных»/ассоциативных (интуитивных) представлений и образов, обобщает накапливаемый опыт и, в результате, почти мгновенно выдает решения в тех ситуациях, когда обстоятельства не выходят за рамки той модели окружающего мира, по которой обучалась (и к которой приспособлена) «Система 1». В случае возникновения нештатной ситуации «Система 1» обращается к «Системе 2», которая принимает решения медленно, путем рассуждений, примерно так, как это реализуют технологии «логического ИИ». Поэтому можно предположить, что «осмысленная» онтологическая модель содержит те смыслы, которые используются «Системой 2», а «неявная» те образы (представления, концепты), которыми оперирует «Система 1». При этом происходит постоянная миграция необозначенных образов из «неявных» онтомоделей в «осмысленные» смыслы (обозначенные словами, символами) путем последовательной трансформации первоначальных представлений в образы, образов – в концепты (центроиды выявляемых кластеров) и, наконец, при переходе из «неявной» в «осмысленную» онтомоделей, – в смыслы (понятия/классы или факты/экземпляры).

В случае успешного решения Задач 1-3 передача смыслов, выявленных в текстах и «очищенных» с помощью мощных моделей онтологий, может разрешить, наконец, застарелую проблему, приостановившую когда-то развитие экспертных систем, а именно: проблему подготовки исходных данных на основании автоматической обработки неструктурированных данных, и в первую очередь текстов на естественном языке. В этом случае можно ожидать, что экспертные и другие системы на базе технологий «логического ИИ» уже без участия человека смогут правильно интерпретировать смыслы, в рамках которых излагаются те или иные мысли и таким образом извлекать знания из текстов и других видов неструктурированных данных, а далее, путем логико-предикатных вычислений, из уже «осмысленных» знаний синтезировать новые. Таким образом, «логический ИИ», вобрав в себя возможности «нейросетевого ИИ», приобретет свойства «универсального ИИ», способного «понимать смысл» прочитанного, рассуждать и синтезировать новые знания, в том числе в областях, в отношении которых он не был заранее натренирован. Попутно при этом возможно удастся преодолеть известную «непрозрачность» нейросетевого ИИ и получить «объяснимость» (интерпретируемость) действий, предлагаемых системами поддержки принятия решений с искусственным интеллектом.

То обстоятельство, что решение задач обработки текстов для АСУ создает предпосылки для универсального (сильного) ИИ, по мнению авторов, не случайно. Наоборот, это следует рассматривать как еще одно подтверждение общеизвестного факта, что сознание (в его «сильном» понимании) является результатом функционирования так называемой «второй сигнальной системы»<sup>26</sup>, образуемой процессами внутреннего (или с участием внешних акторов) речевого проговаривания. При этом следует еще раз обратить внимание, что функционирование очень

<sup>25</sup> Векторное представление слов (англ. word embedding) – общее название для различных подходов к моделированию языка и обучению представлений в обработке естественного языка, направленных на сопоставление словам из некоторого словаря векторов небольшой размерности. См.: Word2Vec: покажи мне свой контекст, и я скажу, кто ты. – <https://sysblok.ru/knowhow/word2vec-pokazhi-mne-svoj-kontekst-i-ja-skazhu-kto-ty>

<sup>26</sup> Вторая сигнальная система является специфической особенностью высшей нервной деятельности человека. Она оперирует «словом», которое обозначает конкретный раздражитель, поэтому слово является «сигналом сигналов» (по И.П. Павлову) и отражает действительность (предметы, явления окружающего мира и их отношения) в символическом виде. Слово позволяет человеку отвлечься от конкретных предметов и явлений, являясь основой развития абстрактного мышления. См.: Догуревич О.А., Сугрובה Г.А., Васина О.Н. Возрастная анатомия, физиология и гигиена: учеб. пособие. 2-е изд. Пенза: ПГУ, 2018. – 130 с.

похожих на осмысленную речь различных «говорилок» (голосовых ассистентов), применяемых в чат-ботах, call-центрах и реализованных, в том числе, в БНСМ, не является, и вряд ли когда-нибудь станет «рассудочным сознанием» в том смысле, в котором это понятие применимо к человеку. Только когда соответствующие «интеллектуальные» системы начнут «осознанно» оперировать (а не имитировать) словами (словосочетаниями и т.д.) как символами – названиями, обозначениями смыслов (понятий или экземпляров), – только тогда возникнет полноценная модель «второй сигнальной системы», которая путем «речевого проговаривания» будет строить различные логические преобразования смыслов, по-настоящему (осмысленно) рассуждая, а не имитируя некоторую связную, но не осмысливаемую речь. Таким образом, задачи внедрения ИИ в процессы автоматизации деятельности ОУ, с одной стороны, и задачи создания «универсального ИИ», с другой, являются двойственными по причине их текстовой (речевой) природы.

### **Практическая значимость разработки общей онтологической модели**

Разработка общей онтологической модели является необходимым условием того, чтобы происходила однозначная «привязка» тех смыслов, которые выявляются в данных, поступающих в АСУ от всех источников информации. Без такой однозначности варианты интерпретации данных могут порождать ошибки, недопустимые в деятельности ОУ. С момента, когда общая онтологическая модель достигнет требуемого объема, возникает возможность эффективного применения БНСМ для автоматизации решения задач, стоящих перед ОУ:

- 1) формирования (с заданной скоростью и качеством) рекомендаций для должностных лиц ОУ (ДЛ ОУ) при принятии ими решений;
- 2) смыслового (семантического) структурирования потоков информации в процессах ее мониторинга, сбора, обработки и хранения;
- 3) выявления и фиксации вновь возникающих и быстро развивающихся фактов и тем (понятий, явлений), их классификации и увязки с уже известными (в т. ч. заданными со стороны ДЛ ОУ) фактами и темами (понятиями, явлениями);
- 4) предоставления ДЛ ОУ сервисов семантического (смыслового) поиска в централизованных и локальных хранилищах информации;
- 5) формирования мультимодальных (в видео-, радиолокационном, аудио-, гидроакустическом, инфракрасном диапазонах и в форме текста на естественном языке) нейросетевых образов понятий (явлений) и фактов (объектов-экземпляров/ событий/ситуаций/систем);
- 6) распознавания (с использованием мультимодальных нейросетевых образов) фактов и явлений, в том числе с повышенным уровнем риска, с целью принятия решений (включая поддержку со стороны нейросетевых моделей, обученных их обработке);
- 7) выявления аномалий и предсказания нештатных ситуаций (например, прогнозирования скрытно подготавливаемых операций противника, неисправности техники, социальной нестабильности и т.п.);
- 8) прогнозирования сценариев развития ситуации и оценка риска;
- 9) поддержки ДЛ ОУ при принятии ими решений по обработке рисков (по подготовке решений по противодействию готовящимся операциям противника, материальному обеспечению, по блокированию эскалации социальной нестабильности и т. п.).

Как уже было показано, для проведения исследований по машинному обучению, и в особенности при работе с базисными нейромоделями, требуются значительные вычислительные мощности. Речь идет о высокопроизводительной специализированной вычислительной инфраструктуре, включающей в обязательном порядке суперкомпьютеры с графическими сопроцессорами и тензорными вычислителями.

### **Апробация**

С учетом обострения межгосударственной конкуренции в рассматриваемой области исследований временной интервал, который отведен для решения перечисленных выше задач (как в контексте автоматизации деятельности ОУ, так и в процессах создания

«универсального ИИ»), следует рассматривать в горизонте 2025-2030 гг. Это значит, что данные задачи требуют концентрации усилий высококвалифицированных специалистов, а также использования нестандартных решений как с технической, так и с организационной точек зрения. В частности, по нашему мнению, по всем упомянутым выше работам необходимо запланировать серию научно-исследовательских работ, предусматривающих проведение экспериментов (апробаций, испытаний) с действующими программными инструментами для обработки текстов на базе ИИ, предлагаемыми российскими разработчиками. К этим экспериментам (как на стадии формирования условий испытаний, так и для подведения итогов) должны быть привлечены лучшие специалисты по технологиям NLP.

## Выводы

Принимая во внимание изложенное, на наш взгляд, целесообразно принять решение о выполнении комплексных межвидовых (в перспективе – межведомственных) поисковых исследований, предваряющих специализированные прикладные. Такие исследования должны быть направлены на формирование научно-технического задела в области применения ИИ в перспективных АСУ, в том числе – на задание тактико-технических требований к инструментальным средствам нейросетевого ИИ для обработки текстов на естественном языке и на формирование требований к исходным данным для решения указанных задач. Для проведения таких исследований, помимо научных организаций силового блока, целесообразно привлекать компетентные академические институты РАН, профильные вузы Минобрнауки России и предприятия ОПК, исследующие методы применения ИИ в области обработки естественного языка, а также занимающиеся технологической реализацией этих методов. Такая кооперация должна помочь дать качественно новые результаты в тех инновационных областях, в которых на сегодняшний день в ОПК не имеется или недостаточно научно-технического задела.

В перспективе целесообразно проработать вопросы организации совместного использования компетентными научными организациями силовых ведомств, академическими институтами РАН, предприятиями ОПК и ведущими профильными вузами (МГТУ им. Баумана, МГУ, МФТИ, ИТМО и др.) объектов суперкомпьютерной вычислительной инфраструктуры для проведения научных исследований, испытаний и экспериментов. Запрос на создание общедоступной платформы для проведения совместных работ в области ИИ, обмена компетенциями и научно-техническим заделом, конкурентных испытаний все более активно озвучиваются ведущими российскими разработчиками в области ИИ<sup>27</sup>. Создание общедоступной платформы на базе рассматриваемой лабораторно-экспериментальной базы позволит обеспечивать испытания, апробацию передовых отечественных информационных технологий, в том числе совместно, телематически с использованием доступа к исследовательской инфраструктуре извне через интернет в открытом и защищенном режиме.

Представляется также важным, по мере достижения необходимой зрелости, исследовать переход от решения задач обработки текстовой информации к задачам межвидового взаимодействия путем дообучения БНСМ в различных модальностях: в видео-, аудио-, радиолокационном, гидроакустическом и других диапазонах. Для этого потребуются преобразование/развитие текстовых БНСМ в мультимодальные онтологические нейромодели.

---

<sup>27</sup> См.: Визильтер Ю.В., Вишняков Б.В. Указ. соч.; Мохнаткин А.Э. Национальная нейросетевая платформа // Доклад на Форуме «Российский софт: эффективные решения». Тематическая секция 2. «Искусственный интеллект – новая основа безопасности критической инфраструктуры государства». г. Москва, 22 апреля 2022 г.

### Список использованных источников

1. Протасов А.А., Ширманов А.В., Радоманов С.И. Первоочередные задачи внедрения технологий искусственного интеллекта в интересах автоматизации деятельности органов военного управления // Информатизация и связь. 2021. №2. – С. 91-94.
2. Белоногов Г.Г., Калинин Ю.П., Хорошилов А.А. Компьютерная лингвистика и перспективные информационные технологии: теория и практика построения систем автоматической обработки текстовой информации. М.: Русский мир, 2004. – 246 с.
3. Кононюк А.Е. Парадигма развития науки. Идеологическое обеспечение. Понятология (Общая теория понятий). Кн.3: Теория определения понятий. К.: Освіта України, 2014. – 656 с.
4. Справочник по искусственному интеллекту: в 3 кн. / Под ред. Э.В. Попова, Д.А. Поспелова, В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. Кн.1: Системы общения и экспертные системы. Кн.2: Модели и методы. Кн.3: Программные и аппаратные средства. М.: Радио и связь, 1990. – 1136 с.
5. Минский М. Фреймы для представления знаний / Под ред. Ф.М. Кулакова. М.: Энергия, 1979. – 151 с.
6. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. М.: АСТ, 2014. – 656 с.

УДК 004.8:623

**А.С. ГОРСКИЙ**, кандидат технических наук  
**В.М. ПОЛУШКИН**, кандидат технических наук  
**Р.И. КНЯЗЕВ**, кандидат технических наук

## РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

*В статье рассматривается подход к решению задачи распознавания образов, объединяющий метод обучения с подкреплением на основе временных различий с архитектурой «исполнитель-критик» в виде глубоких искусственных нейронных сетей и использованием модели окружающей среды. Предложен методический аппарат, который может быть использован при разработке алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) на основе обучения с подкреплением как для решения задачи распознавания образов, так и для других задач ИИ в условиях, когда обучение с учителем (без учителя) имеет организационные сложности или требует больших затрат времени и ресурсов.*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект; машинное обучение с подкреплением; метод на основе временных различий; метод «исполнитель-критик»; распознавание образов; функция ценности.

### Введение

В современных условиях развития передовых информационных технологий одной из основных мировых тенденций является применение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в различных сферах человеческой деятельности. Потребность в решении прикладных задач с помощью ИИ вызывает необходимость переосмысления многих аспектов создания новых технических систем как в России, так и за рубежом.

Развитие технологий ИИ тесно связано с таким направлением, как машинное обучение. В работе [1] рассматривается подход, который предполагает решение типовой задачи распознавания образов объектов с применением искусственных нейронных сетей (ИНС) преимущественно на основе обучения с учителем.

Метод обучения с учителем широко освещен во многих научных работах, достаточно прост в понимании, но для его эффективного применения необходим достаточно большой набор обучающих данных, подготовленный квалифицированным учителем (человеком). Этот набор представляет собой совокупность прецедентов – пар «объект-ответ». Каждый прецедент имеет признаковое описание (вектор признаков) объекта и эталонный отклик, который соотносит объект с заранее определенным классом. Целью такого обучения является способность обобщать полученный опыт на новые объекты, которые не были представлены в обучающем наборе [2; 3].

Другим методом машинного обучения является обучение без учителя. В отличие от обучения с учителем он предполагает обнаружение структуры, признаков, скрытых в обучающем наборе неразмеченных данных. Далее на основе обобщения выявленных признаков происходит разделение объектов на кластеры.

Обучение с учителем также, как и обучение без учителя – несомненно важные методы для решения задач распознавания образов, кластеризации, обработки естественного языка, синтеза речи и других задач ИИ. Но в условиях, когда подготовка необходимого количества обучающих данных и само обучение требует больших затрат времени и ресурсов, актуальность приобретает еще один вид машинного обучения – обучение с подкреплением.

### 1. Основные понятия и элементы системы обучения с подкреплением

Отличительной особенностью обучения с подкреплением является взаимодействие с окружающей средой, которое заключается в восприятии ее состояний, их отображение на действия и получение сигналов обратной связи в виде вознаграждений. Целью обучения с подкреплением является максимизация вознаграждений.

переходов и соответствующих им вознаграждений. Модель выборки гораздо проще получить, и она больше всего подходит для многих алгоритмов обучения с подкреплением.

Таким образом, обучающийся с подкреплением агент взаимодействует с окружающей Сторона, которая обучается и выполняет действия, называется агентом. Агент во многих источниках интерпретируется как техническое устройство, способное воспринимать окружающую среду с помощью датчиков и совершать действия с помощью исполнительных механизмов. Интеллектуальность агента состоит в разработке компьютерной программы, адекватно отображающей последовательность восприятия состояний окружающей среды на действия. Эта программа работает на основе входящего в состав агента вычислительного модуля, который связан с датчиками и исполнительными механизмами [4]. В дальнейшем под агентом будем понимать его интеллектуальную часть в виде компьютерной программы, реализующей соответствующие методы (алгоритмы) ИИ.

Сторона, с которой агент взаимодействует, включающая в себя все, что находится вне агента, называется окружающей средой. Помимо агента и окружающей среды в системе обучения с подкреплением обязательны такие элементы, как стратегия, функция ценности, сигнал вознаграждения и, при необходимости, модель окружающей среды.

Стратегия определяет правило отображения множества состояний среды на действия, выбираемые агентом в этих состояниях. В простом случае стратегия может быть представлена в виде функции или таблицы соответствия, в более сложных задачах используются поиск и аппроксимация неизвестных зависимостей.

Сигнал вознаграждения – это оценка совершенного агентом действия, имеющая либо положительное значение при правильном действии, либо отрицательное – при ошибочном. В общем случае может быть выражена стохастической или постоянной функцией состояния среды и предпринятого действия.

Если сигнал вознаграждения оценивает совершенное действие в текущий момент, то функция ценности дает оценку всех возможных действий агента (состояний среды) из текущего состояния, которые с большой вероятностью встретятся в будущем, и вознаграждений в этих состояниях.

Под моделью окружающей среды будем понимать компьютерную программу, имитирующую поведение окружающей среды в зависимости от действий агента. Существует два основных вида моделей – модель распределения и модель выборки. Модель распределения содержит вероятности переходов всех возможных состояний среды и вознаграждений за возможные действия в этих состояниях. Модель выборки формируется на полученных в ходе обучения статистических данных и позволяет определять и обновлять вероятности одиночных средой или ее моделью непрерывно: агент выбирает действия, а среда реагирует на эти действия, оценивает их и предлагает агенту новые состояния для последующего выбора. Среда оценивает действия агента сигналами вознаграждения, которые агент стремится со временем максимизировать, выбирая наилучшие действия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема взаимодействия между агентом и окружающей средой

## 2. Анализ и выбор методов обучения с подкреплением для решения задачи распознавания образов

Множество существующих методов обучения с подкреплением можно классифицировать по трем основным признакам: точности, наличию модели окружающей среды и характеру задач обучения (рисунок 2).

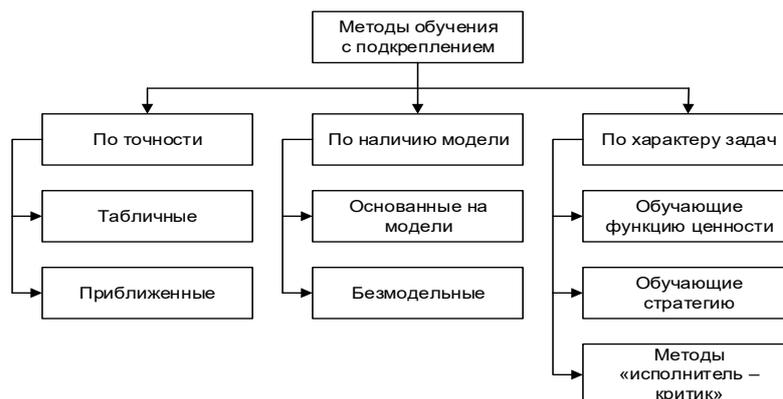


Рисунок 2 – Классификация методов обучения с подкреплением

По точности методы подразделяются на табличные и приближенные. Применение табличных методов предполагает, что пространства состояний внешней среды и действий агента определены и достаточно малы, соответственно функцию ценности можно представить в виде таблиц или массивов данных, что в большинстве случаев позволяет оптимизировать функцию ценности и стратегию.

Во многих задачах обучения с подкреплением пространство состояний может быть неограниченно большим и зачастую неизвестным. Это означает, что учесть все возможные состояния среды, как и найти оптимальное решение в каждом из них, невозможно. В этих условиях и при наличии ограниченных вычислительных ресурсов главной целью является поиск приближенного решения.

Методы обучения с подкреплением, которые предполагают использование модели окружающей среды и планирование действий на ее основе, называются основанными на модели. Другие, более простые методы, в которых обучаемый агент взаимодействует с реальной окружающей средой методом проб и ошибок, являются безмодельными.

Современные тенденции обучения с подкреплением предлагают комбинированное использование указанных методов, что позволяет добиться более надежных результатов обучения. Особенно это проявляется, когда прямое взаимодействие агента с реальной средой может повлечь нежелательные, опасные или даже необратимые последствия. В этом случае обучение производится на имитированном опыте, а реальная среда используется для экспериментального подтверждения.

По характеру задач обучения можно выделить три категории методов: методы, обучающие функцию ценности состояний предсказывать вознаграждение для выбранной стратегии (задача предсказания); методы, обучающие стратегию выбирать действия с наибольшей оценкой функции ценности (задача управления); методы, представляющие собой сочетание первых двух (по типу «исполнитель-критик»).

Проведенный анализ методов обучения с подкреплением показал, что наиболее частым выбором исследователей и разработчиков является обучение на основе временных различий (temporal-difference – TD), которое универсально для решения задач любой сложности и размерности. TD-обучение сочетает в себе свойства, заложенные в методах Монте-Карло и динамическом программировании. Как и методы Монте-Карло, они позволяют обучаться непосредственно на опыте, не требуя модели динамики окружающей среды. Как и динамическое программирование, TD-методы обновляют оценки текущего состояния на основе знания возможных будущих состояний и их вероятностей.

Принимая во внимание результаты анализа и тот факт, что методы «исполнитель-критик», по мнению многих ученых, обладают близким сходством с обучением нейронов головного мозга и показывают достаточно высокие результаты в компьютерных приложениях, для решения задачи распознавания образов целесообразно рассмотреть применение методов «исполнитель-критик» на основе TD-обучения [2; 4].

### 3. Решение задачи распознавания образов с использованием методов «исполнитель – критик» на основе TD-обучения

При использовании методов «исполнитель-критик» в структуре агента можно выделить два концептуальных компонента. Исполнителем называется компонент, который обучается стратегии, а критиком – компонент, который оценивает выбранную исполнителем стратегию, чтобы «критиковать» и улучшать ее. Критик использует алгоритм TD-обучения, чтобы обучить функцию ценности состояний для текущей стратегии исполнителя. Для этого функция ценности формирует и посылает исполнителю сигнал TD-ошибки. Положительная ошибка сигнализирует о правильном действии, потому что привело в состояние, ценность которого лучше ожидаемой, отрицательная – об ошибочном. Ориентируясь на получаемые критические сигналы, исполнитель постоянно улучшает свою стратегию.

На рисунке 3 показана возможная структура системы обучения «исполнитель-критик» для решения задачи распознавания образов. В данном случае обучение проводится на имитированном опыте, а реальная среда может быть использована для экспериментального подтверждения результатов, полученных с помощью модели. В качестве модели предлагается разрабатывать алгоритмы, позволяющие формировать случайную выборку обучающих примеров  $S_t \in S$ , имитирующих состояние окружающей среды на каждом временном шаге  $t$ . Для генерации сигналов вознаграждения  $R_t$  по каждому обучающему примеру алгоритм должен иметь эталонные отклики по типу «объект-ответ». Чем ближе к эталонному полученный от исполнителя отклик, тем выше сигнал вознаграждения.

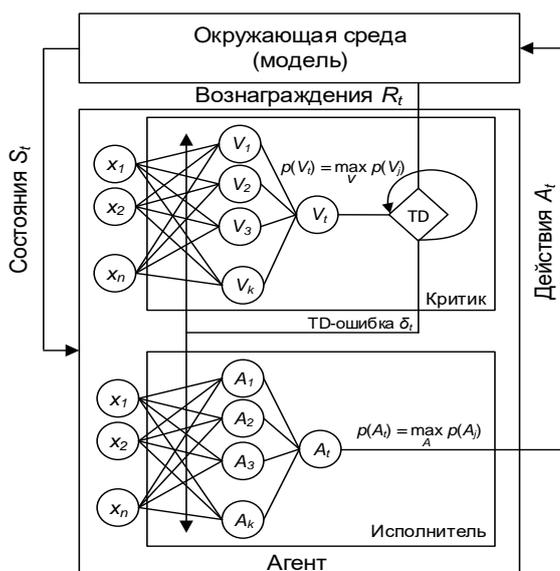


Рисунок 3 – Структура системы обучения «исполнитель-критик»

В рассматриваемом варианте исполнитель и критик представлены в виде глубоких ИНС (показаны как однослойные ИНС, чтобы не усложнять рисунок), которые лучше справляются с неструктурированными данными (изображения, тексты, звуки, речь) и классификацией большого количества объектов. Оба компонента получают одни и те же входные данные в виде вектора признаков  $x(S_t) = (x_1(S_t), x_2(S_t), \dots, x_n(S_t))$ , характеризующих состояние окружающей среды (модели). С каждой связью любого признака с нейронами скрытого слоя критика и исполнителя ассоциирован вес, представляющий силу синапса. Веса в сети критика параметризуют функцию ценности, а веса исполнителя – стратегию. Сети обучаются по мере того, как эти веса изменяются в соответствии с правилами обучения. TD-ошибка, порождаемая сетью критика, является сигналом подкрепления для изменения весов в сетях критика и исполнителя, что показано на рисунке 3 стрелкой с пометкой «TD-ошибка  $\delta_t$ ».

Количество и метки классов для обеих сетей определяются однозначно в соответствии с количеством категорий объектов в обучающей выборке. Для этого выходные слои ИНС критика и исполнителя должны содержать одинаковое количество  $k$  нейронов, помеченных  $V_j$  и  $A_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$ . Выходом каждого нейрона является элемент  $k$ -мерного вектора, который целесообразно представить в виде *softmax*-распределения (мягкого максимума):

$$\text{softmax}(V_j) = \frac{e^{V_j}}{\sum_{j=1}^k e^{V_j}} \quad (1)$$

Данная функция позволяет получать вероятности, сумма которых равна 1. В этом случае критик и исполнитель стремятся к выбору наибольшей вероятности  $p(V_t) = \max_V p(V_j)$  и  $p(A_t) = \max_A p(A_j)$  соответственно.

Помимо этого, критик включает элемент в виде ромба с меткой TD, который на основе объединения сигналов вознаграждения и предыдущих ценностей состояний среды (на что указывает петля, соединяющая выход со входом) вычисляет TD-ошибку  $\delta_t$ . Эта ошибка сообщает критику направление и абсолютную величину изменения параметров функции ценности, которое приведет к повышению ее предсказательной точности. Критик должен стремиться уменьшить величину  $\delta_t = R_{t+1} + V(S_{t+1}, w) - V(S_t, w)$ . Иначе говоря, целью обучения критика является вектор весов, минимизирующий значение TD-ошибки:

$$w^* = \underset{w}{\operatorname{argmin}} (R_{t+1} + V(S_{t+1}, w) - V(S_t, w)).$$

В противоположность критику обучение исполнителя заключается в том, чтобы значение  $\delta_t$  было положительно и как можно больше по абсолютной величине. Учитывая, что выходные значения ИНС исполнителя интерпретируются как вероятности действий агента, то в качестве функции потерь в большинстве приложений глубокого обучения выбирается отрицательное логарифмическое правдоподобие [5; 6]. В этом случае необходимо найти такой вектор весов  $\theta^*$ , который, с одной стороны, максимизирует вероятность выбираемого действия, а с другой, минимизирует сумму отрицательных логарифмических правдоподобий  $N$  примеров, в которых это действие выбиралось:

$$\theta^* = \underset{\theta}{\operatorname{argmin}} - \sum_{t=1}^N \ln p(A_t | S_t, \theta),$$

где  $p(A_t | S_t, \theta)$  – параметры стратегии исполнителя, характеризующие вероятность того, что действие  $A_t$  выбрано в момент  $t$  при условии, что в этот момент окружающая среда (модель) находится в состоянии  $S_t$ , а вектор весов равен  $\theta$ . В каждом состоянии выбираются действия с наибольшей вероятностью согласно распределению *softmax* (1).

Правила обучения критика и исполнителя используют один и тот же сигнал TD-ошибки  $\delta_t$ , но его влияние на обучение каждого из них различно. Различие заключается в использовании так называемых следов приемлемости.

При каждом переходе окружающей среды из состояния  $S_t$  в состояние  $S_{t+1}$  с выбором действия  $A_t$  и получением вознаграждения  $R_{t+1}$  алгоритм вычисляет TD-ошибку  $\delta_t$ , а затем обновляет векторы следов приемлемости ( $z_t^w$  и  $z_t^\theta$ ) и параметры критика и исполнителя ( $w$  и  $\theta$ ) по следующим правилам:

$$\begin{aligned} \delta_t &= R_{t+1} + \gamma[V(S_{t+1}, w) - V(S_t, w)]; \\ z_t^w &= \lambda^w z_{t-1}^w + \nabla V(S_t, w); \\ z_t^\theta &= \lambda^\theta z_{t-1}^\theta + \nabla \ln p(A_t | S_t, \theta); \\ w &\leftarrow w + \alpha^w \delta_t z_t^w; \\ \theta &\leftarrow \theta + \alpha^\theta \delta_t z_t^\theta, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\gamma \in [0; 1)$  – коэффициент обесценивания прогнозных оценок функции ценности,  $\lambda^w \in [0; 1]$  и  $\lambda^\theta \in [0; 1]$  – параметры затухания следов приемлемости,  $\alpha^w$  и  $\alpha^\theta$  – параметры скорости обучения для критика и исполнителя соответственно.

Следы приемлемости  $z_t^w$  и  $z_t^\theta$  – это временные векторы в памяти ИНС критика и исполнителя, которые дополняют постоянные векторы весов  $w$  и  $\theta$ . На каждом временном шаге  $t$  в вычислении оценок  $V_t$  и  $A_t$  учитываются не только векторы весов  $w$  и  $\theta$ , но и соответствующие им  $z_t^w$  и  $z_t^\theta$ , которые сначала резко увеличиваются, а затем медленно уменьшаются пропорционально коэффициентам спада следов  $\lambda^w$  и  $\lambda^\theta$  до нуля. Эффект памяти в ИНС достигается за счет наличия циклических связей в вычислительном графе, когда входные данные, полученные на более ранних этапах, оказывают влияние на отклик сети на текущие данные. В этом случае принято говорить об использовании слоев с рекуррентными соединениями, которые имеют внутреннее состояние или память [2; 5]. Именно такой слой может применяться в скрытых слоях критика и исполнителя, а также в блоке, вычисляющем TD-ошибку.

Вычисление градиентов функции ценности критика  $\nabla V(S_t, w)$  и стратегии исполнителя  $\nabla \ln p(A_t | S_t, \theta)$  в следах приемлемости (2) осуществляется с использованием алгоритма обратного распространения ошибки  $\delta_t$  и методов стохастического градиентного спуска [1; 2; 7].

После того, как определены правила обновления параметров ИНС критика и исполнителя, в алгоритме обучения с подкреплением необходимо указать количество обучающих примеров и эпох. Параметры ИНС критика и исполнителя, а также количество примеров и эпох могут изменяться в зависимости от результатов обучения. Необходимо отметить, что на первой эпохе обучения значения функции ценности  $V_t$  будут нулевыми, пока по всем обучающим примерам рекуррентный блок TD-ошибки не накопит опыт получения вознаграждений. До начала второй эпохи исполнитель обучается без участия критика, напрямую работая с сигналами вознаграждения, т.к.  $\delta_t = R_{t+1} + 0 - 0$ . Затем значения  $V_t$  будут ненулевыми, а предсказательная точность критика с каждой следующей эпохой будет расти. Предпочтения отдаются тем значениям  $V_t$ , по которым среднее арифметическое от всех предыдущих вознаграждений больше. Для этого последовательность обучающих примеров должна быть строго одинаковой по всем эпохам.

Для проверки результатов обучения, как и при обучении с учителем, используются проверочные и, при необходимости, подтверждающие данные, отличные по содержанию от обучающей выборки и друг от друга [1; 8]. При обеспечении необходимых условий безопасности для проверки может использоваться определенное количество взаимодействий с реальной (физической) окружающей средой.

В предлагаемом решении задачи распознавания образов в качестве критика и исполнителя были выбраны глубокие ИНС, потому что они способны отображать неразмеченные данные на входе непосредственно в выходы. Что позволяет в значительной мере избежать сложностей разработки признакового описания, как в случае с использованием традиционных алгоритмов машинного обучения.

## Заключение

В статье предложен подход к решению задачи распознавания образов, объединяющий метод обучения с подкреплением на основе временных различий с архитектурой «исполнитель-критик» в виде глубоких ИНС и использованием модели окружающей среды.

Данный подход позволяет исполнителю выбирать наилучшие действия с учетом прогноза критика о состоянии окружающей среды, с одной стороны, а критику повышать точность оценки ожидаемого вознаграждения при использовании исполнителем текущей стратегии, с другой. Таким образом, происходит взаимная тонкая подстройка весовых коэффициентов сетей исполнителя и критика, при которой оба обучаются не только на своих ошибках, но и на ошибках друг друга.

Предложенный методический аппарат может быть использован при разработке алгоритмов ИИ на основе обучения с подкреплением как для решения задачи распознавания образов, так и для других задач ИИ в условиях, когда обучение с учителем (без учителя) имеет организационные сложности или требует больших затрат времени и ресурсов.

Вместе с тем важно понимать, что предлагаемый методический подход, как и любой другой в области решения задач на основе глубокого машинного обучения, может быть реализован на практике только экспериментальным путем. Результат практической реализации в каждом отдельном случае будет зависеть от большого количества параметров искусственной нейронной сети, технологии обучения, адекватности модели внешней среды, а также имеющегося научно-технического задела и возможностей разработчика. В то же время обучение с подкреплением может продолжаться и в ходе эксплуатации предобученных систем искусственного интеллекта. Возможных способов практического применения данного подхода может быть неограниченное множество, и получаемые результаты могут использоваться только для подтверждения или опровержения какого-либо из конкретных способов, но не самого подхода. В связи с этим варианты практической реализации не являются предметом настоящих исследований и не рассматриваются в данной статье.

Несмотря на впечатляющие успехи, глубокое обучение с подкреплением в настоящее время редко применяется в коммерческих целях по причинам, связанным со сложностями использования физической среды или разработки ее модели, непосредственно влияющими на качество обучения. Тем не менее, учитывая, что развитие обучения с подкреплением тесно связано с нейронаукой, изучающей механизмы обучения в головном мозге, это одна из самых перспективных и активно исследуемых междисциплинарных областей машинного обучения [2; 9; 10].

#### Список использованных источников

1. Горский А.С., Никоноров В.И. Распознавание образов на поле боя на основе применения искусственных нейронных сетей // Стратегическая стабильность. 2021. №3(96). – С. 63-66.
2. Саттон Р.С., Барто Э.Дж. Обучение с подкреплением: Введение. 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2020. – 552 с.
3. Жиленков А.А., Силкин А.А., Серебряков М.Ю., Колесова С.В. Сравнительный анализ систем глубокого обучения с подкреплением и систем обучения с учителем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. №10. – С. 109-112.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 4-е изд. Т.1: Решение проблем: знания и рассуждения. СПб.: Диалектика, 2021. – 704 с.
5. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. 4-е изд. Т.3: Обучение, восприятие и действие. СПб.: Диалектика, 2022. – 640 с.
6. Толстых А.А., Ступников Д.С., Малюков С.В., Лукьянов А.С., Лунев Ю.С. Применение метода обучения с подкреплением в роботизированных и автоматизированных системах лесной промышленности // Лесотехнический журнал. 2020. Т.10. №1(37). – С. 256-265.
7. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. 4-е изд. М.: Высшая школа, 2004. – 262 с.
8. Хайкин С. Нейронные сети. 2-е изд. М.: Вильямс, 2019. – 1104 с.
9. Намиот Д.Е., Ильюшин Е.А., Чижов И.В. Военные применения машинного обучения // International Journal of Open Information Technologies. 2022. Т.10. №1. – С. 69-76.
10. Ведяхин А.А. Сильный искусственный интеллект: на подступах к сверхразуму. М.: Интеллектуальная Литература, 2021. – 232 с.

УДК 623.4

**И.А. КАРПАЧЕВ**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
**В.В. МОРОЗОВ**

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ОЦЕНКЕ ВОЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

*В статье представлен методический прием построения областей преимущества противоборствующих сторон, с учетом экспертных оценок неприемлемого ущерба в ответных действиях, являющегося достаточной гарантией для сдерживания любой из противоборствующих сторон от агрессии, областей преимущества сторон, устойчивого равновесия и области неустойчивого состояния в относительных показателях оценки эффективности действия сторон.*

**Ключевые слова:** методический прием; неприемлемый ущерб в ответных действиях; устойчивое равновесие; оценка эффективности действия сторон; военная безопасность государства.

До недавнего времени в наших военно-научных исследованиях господствовал подход, при котором исследуемый процесс формализовывался настолько, чтобы ему можно было дать достаточно строгое математическое описание. При этом неизбежны были серьезные упрощения. Но на них шли, чтобы, получив такую модель и сформировав некий количественный показатель – критерий, решить оптимизационную задачу, найти наилучший результат. Попытка использовать этот подход для обоснования рациональной обороноспособности и безопасности страны в новых условиях оказалась недостаточно эффективной.

Исходя из сложившегося понимания принципа «оборонной достаточности» следует признать, что такого рода критерии вообще не могут быть разработаны в полностью формализованном виде, поскольку связаны с «моделью безопасности», которая имеет принципиальные отличия от ранее моделировавшихся процессов, имеющих под собой, в основном, физическую сущность. Это прежде всего целостность, неделимость национального и международного компонентов обеспечения безопасности [1].

Получается парадоксальная ситуация: математически строгое представление критериев безопасности невозможно, а их расплывчатое описание для политологии непродуктивно. Что же остается? Осуществить лишь некоторую формализацию отдельных элементов проблемы.

Известно, что отношения между государствами могут характеризоваться различной степенью сотрудничества или, наоборот, конфронтацией в различных сферах деятельности: политической, дипломатической, военной, экономической, религиозной и др. Степень конфронтации или сотрудничества в каждой из сфер может изменяться во времени эволюционно или скачками. При этом конфронтация в любой из сфер может достигать до такой степени, которую можно характеризовать как война.

В свою очередь, отношения между государствами в мирный период времени могут характеризоваться большим разнообразием от союзных, федеральных, конфедеральных, дружественных до отношений противостояния, конфронтации, враждебности. Отсюда представляется возможным все формы межгосударственных отношений в мирное время проранжировать с точки зрения опасности возникновения войны, а всю совокупность характеристик взаимоотношений государств свести к одной обобщенной характеристике – степени военной угрозы (СВУ) [2].

Союзные, дружественные отношения государств будем характеризовать низкими значениями СВУ, близкими к нулю, в то время как для противостоящих, враждебных государств и коалиций значения взаимной СВУ будем полагать близким к единице (грань войны).

**Математическая постановка задачи.** Пусть в мире, регионе имеется  $N$  государств. Отношения между государствами  $i$  и  $j$  ( $i, j = 1, 2, \dots, N$ ) характеризуются двумя основными категориями:  $M$  – мир,  $B$  – война. В свою очередь состояние мирных отношений между ними  $M_{ij}$  может принимать одну из возможных форм межгосударственных отношений из множества  $\{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ .

Опасность возникновения войны между государствами  $i$  и  $j$  будем количественно определять некоторой мерой  $P_{ij}$ , связанной с рассматриваемым периодом времени  $(t_1, t_2)$ , где  $t_0 < t_1 < t_2$ .  $t_0$  – момент времени, в котором происходит оценка ситуации.

Под термином «вероятность возникновения войны на территории государства» здесь имеется в виду не строгое математическое понятие случайного события, а его обиходное толкование в смысле возможности появления чего-либо, так как факт возникновения войны есть событие не повторяющееся.

Если в рассматриваемом регионе имеется  $N$  стран, то совокупность вероятностей  $P_{ij}$  для всех государств региона удобно упорядочить и представлять матрицей  $\|P_{ij}\|$ .

При этом появляется возможность вычислить и использовать следующие показатели:

$$\text{СНБ}_j = \prod (1 - P_{ij}),$$

где произведение  $\prod$  берется по всем значениям параметра  $i = 1 \dots N$  – вероятность того, что на территории  $j$ -го государства войны не будет. Назовем этот показатель степенью национальной безопасности (СНБ)  $j$ -го государства.

Степень военной угрозы, и следовательно и безопасности, зависит от большого количества факторов, отражающих различные материальные и духовные аспекты межгосударственных отношений. Обозначив через  $F_e$ ,  $e = 1, 2, \dots, L$  – количественные и качественные показатели, характеризующие влияние угроз (СВУ), представим указанную зависимость неявной функцией  $P = P(F_1, F_2, \dots, F_e)$ .

Влияние этих факторов на СВУ различно. Одни из них в большей или меньшей мере способствуют повышению международной напряженности, другие, наоборот, направлены на стабилизацию мирных отношений между государствами [3].

Непосредственная обобщенная оценка величины  $P$  затруднена тем, что имеется мало экспертов, досконально знающих всю совокупность межгосударственных отношений. Кроме того, при обобщенной оценке невозможно понять и проанализировать причины возникновения высокой СВУ, оценить уровень нестабильности и рекомендовать эффективные пути стабилизации межгосударственных отношений в регионе. Поэтому необходима декомпозиция понятия «военная угроза», которая позволила бы привлечь к ее рассмотрению более широкий круг компетентных экспертов.

Рассмотрим следующий сценарий ведения войны и применения введенных формализованных положений: две противостоящие стороны  $i$  и  $j$  обмениваются двумя массивными ударами: первым – агрессора ( $i$ ) и ответным – обороняющейся стороны ( $j$ ).

Результаты ударов характеризуются следующими показателями:

$yV_{ij}$  – ущерб, наносимый стороной  $i$  военно-экономическому потенциалу стороны  $j$  в первом ударе;

$oV_{ji}$  – ущерб, наносимый стороной  $j$  военно-экономическому потенциалу стороны  $i$  в ответном ударе.

При расчете ущербов принято, что:

а) сторона-агрессор оптимально распределяет свои ударные средства между объектами ВЭП и ударными средствами противостоящей стороны, стремясь максимизировать величину.

$$DV_i = yV_{ij} - oV_{ji}, \text{ если агрессор сторона } i; \quad (1)$$

$$DV_j = yV_{ji} - oV_{ij}, \text{ если агрессор сторона } j. \quad (2)$$

б) обороняющаяся сторона в ответном ударе (ударе возмездия) наносит удар только по объектам ВЭП.

Для удобства формализации, анализа и обобщенного представления результатов расчетов перейдем от абсолютных ( $V$ ) значений ущерба ВЭП сторон к относительным ( $W$ ), представив их как доли пораженных объектов ВЭП сторон, изменяющиеся от 0 до 1.

Ущерб, наносимый в первом ударе стороной по объектам  $i$  ВЭП стороны  $j$ , в относительном виде обозначим как  $yW_{ij}$ ; ущерб, наносимый стороной  $j$  в ответном ударе, будет  $oW_{ji}$ ; ущерб, наносимый в первом ударе стороной  $j$  ВЭП стороны  $i$  –  $yW_{ji}$ , а в ответном ударе –  $oW_{ji}$ .

Перечисленные показатели характеризуют потенциальные боевые возможности сторон по нанесению первого и ответного ударов по объектам противостоящей стороны. Кроме того, в качестве обобщенных показателей боевых возможностей также могут выступать боевые потенциалы группировок войск противостоящих сторон и их изменение в процессе боевых действий [4].

Обобщенные показатели эффективности действий сторон могут определяться по результатам математического моделирования боевых действий сторон с учетом состава и характеристик ударных, оборонительных и обеспечивающих средств и систем сторон, характеристик объектов поражения, условий боевого применения и пр.

Указанные показатели являются основой для формализации и оценки соотношения боевой мощи сторон [5].

Далее воспользуемся методическим приемом построения с учетом экспертных оценок неприемлемого ущерба  $nW_i$ ,  $nW_j$  в ответных действиях, являющегося достаточной гарантией для сдерживания любой из сторон от агрессии, областей преимущества сторон, устойчивого равновесия и области неустойчивого состояния в относительных показателях оценки эффективности действия сторон (рисунок 1) [6].

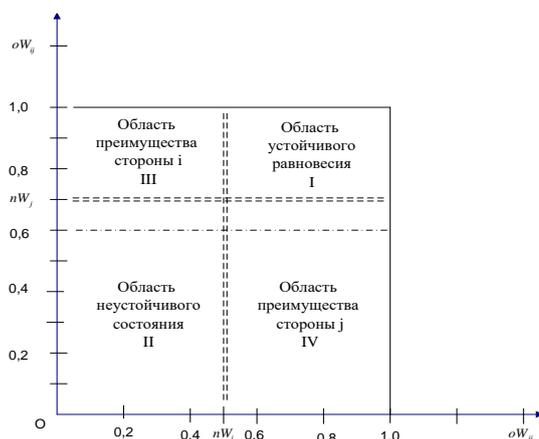


Рисунок 1 – Области, характеризующие соотношение сил сторон

Область I, где  $nW_j < oW_{ij} < 1$ ;  $nW_i < oW_{ji} < 1$ , определяется как область устойчивого военного равновесия; все ее точки соответствуют такому соотношению сил, при котором каждая из сторон в случае нанесения первого массированного удара по противостоящей стороне получает в ответном ударе неприемлемый ущерб.

Область II, где  $0 < oW_{ij} < nW_j$ ;  $0 < oW_{ji} < nW_i$ , определяется как область неустойчивого состояния; точки которой характеризуются таким соотношением сил сторон, при котором ни одна из сторон не может нанести неприемлемого ущерба стране-агрессору, а агрессор имеет преимущество перед обороняющейся стороной и может нанести противостоящей стороне ущерб, равный или больший, чем тот, который получит в ответном ударе.

Области III и IV, где соответственно  $nW_j \leq oW_{ij} \leq 1$ ;  $0 \leq oW_{ji} \leq nW_i$ ;  $nW_i \leq oW_{ji} \leq 1$ ;  $0 \leq oW_{ij} \leq nW_j$ , определяются как области преимущества сторон  $i$  и  $j$  (соответственно) за счет того, что противостоящие стороны не в состоянии обеспечить в ответном ударе нанесение неприемлемого ущерба противнику.

Значения уровней ущерба сторон при реализации этого подхода являются, по существу, характеристикой исхода войны или степенью военной угрозы. Чем больший ущерб может получить в ответных действиях страна-агрессор, тем меньше вероятность ее нападения на противостоящую сторону [7].

Предложенный подход к формализованной оценке военной безопасности государства целесообразно использовать прежде всего при определении вероятности возникновения конфликтов в ядерной войне.

В военных конфликтах с применением обычных вооружений требуется проведение более детальных и трудоемких исследований по разработке сценариев боевых действий при моделировании процесса в пространстве и времени с учетом большой номенклатуры средств вооруженной борьбы и объектов поражения.

Кроме того, в войне с использованием обычных средств поражения возникает труднорешаемая проблема оценки уровней неприемлемого ущерба для отдельных стран и коалиций с учетом темпов восстановления объектов поражения.

В связи с этим предполагается более упрощенный подход к формализованной оценке военной безопасности государства с использованием показателя соотношения сил сторон, позволяющих решить перечисленные выше проблемы моделирования процесса вооруженной борьбы с применением обычных средств поражения.

Сущность этого подхода заключается в следующем.

Считается, что на типовых сценариях ведения боевых действий с применением обычных средств вооруженной борьбы заранее в процессе моделирования определены боевые потенциалы образцов ВВСТ и воинских формирований с использованием специальных методик.

Для оценки соотношения сил (боевых потенциалов) группировок войск сторон А и В может быть использована типовая формула, имеющая вид:

$$\alpha = \mu \frac{\sum_i K_{БП_i}^A K_{БГ_i}^A K_{ПЛС_i}^A m_i^A}{\sum_i K_{БП_i}^B K_{БГ_i}^B K_{ПЛС_i}^B m_i^B}, \quad (3)$$

где  $m_i$  – количество боевых единиц (боевых комплексов, боевых подразделений) типа  $i$  для сторон А и Б;  $K_{БП_i}$  – коэффициент боевого потенциала боевой единицы типа  $i$  сторон А и Б, определяемый путем эквивалентирования разнотипных средств с использованием специальных методик;  $K_{БГ_i}$  – коэффициент боеготовности боевых единиц сторон А и Б;  $K_{ПЛС_i}$  – коэффициент уровня подготовки личного состава (экипажа) боевых единиц сторон А и Б;  $\mu$  – обобщенный коэффициент, характеризующий влияние существенных различий в условиях функционирования и боевого обеспечения группировок сторон.

Для определения зависимостей вероятностей  $P_{ij}$  возникновения конфликтов с применением обычных средств вооруженной борьбы с помощью экспертов определяется некоторый предельный уровень абсолютного превосходства одной из сторон конфликта  $\alpha^*$ , при котором вероятность возникновения войны  $P_{ij}$  будет близка к единице и достигается неприемлемый для противника уровень ущерба.

Например,  $P_{ij} = 1$  при соотношении сил сторон 5: 1, т.е.  $\alpha^* = 5$ .

При проведении расчетов и формировании матрицы  $\|P_{ij}\|$  вероятность  $P_{ij}$  изменяется в диапазоне от 0 до 1,0 в зависимости от соотношения сил  $\alpha$  и абсолютного уровня превосходства  $\alpha^*$  (рисунок 2).

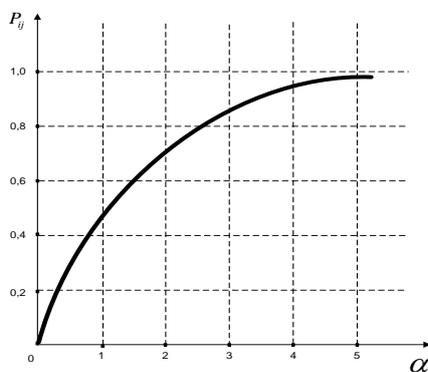


Рисунок 2 – Соотношение сил  $\alpha$  и абсолютного уровня превосходства  $\alpha^*$

При допущении, что эта зависимость  $P_{ij}$  подчиняется экспотенциальному закону распределения:

$$P_{ij} = 1 - e^{-\alpha},$$

где  $\alpha$  – текущее, достигнутое соотношение сил сторон.

## Выводы

На принятие решений о применении первыми военной силы в конфликте сторон существенное влияние оказывают политические, дипломатические, экономические и другие факторы взаимоотношений сторон [8].

Предложенные подходы не исключают и другие подходы к формализации моделей военной безопасности, они делают осуществимым их разработку путем последовательного привлечения группы экспертов, опирающихся в своих оценках на частные модели и методики, свойственные их отрасли знаний и обеспечивают упорядочение разброса экспертных оценок при принятии военно-политических решений.

## Список использованных источников

1. Арбатов А.Г. Оборонительная достаточность и безопасность. М.: Знание, 1990. – 32 с.
2. Стратегическое прогнозирование и планирование внешней и оборонной политики: монография: в 2 т. / Под ред. А.И. Подберезкина. М.: МГИМО-Университет, 2015. Т.1: Теоретические основы системы анализа, прогноза и планирования внешней и оборонной политики. – 796 с.; Т.2: Прогнозирование сценариев развития международной и военно-политической обстановки на период до 2050 года. – 722 с.
3. Карпачев И.А., Лавринов Г.А. Методологические аспекты обоснования и реализации военно-технической политики // Вооружение и экономика. 2019. №1(47). – С. 36-51.
4. Буренок В.М., Буравлев А.И., Лавринов Г.А., Подольский А.Г., Пьянков А.А. Методы военно-научных исследований систем вооружения: военно-теоретический труд. М. Граница, 2017. – 512 с.
5. Подберезкин А.И., Соколенко В.Г., Цырендоржиев С.Р. Современная международная обстановка: цивилизации, идеологии, элиты. М.: МГИМО-Университет, 2015. – 464 с.
6. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Граница, 2008. – 720 с.
7. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Хрусталева Е.Ю. Инновационный потенциал российского оборонно-промышленного комплекса // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. Т.9. №22(211). – С. 2-14.
8. Стратегическое прогнозирование международных отношений: кол. монография // Под ред. А.И. Подберезкина, М.В. Александрова. М.: МГИМО-Университет, 2016. – 743 с.

УДК 623.611

П.С. ВОРОБЬЕВ

Г.С. ТОЛСТОВ, кандидат технических наук

## ГИБРИДНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ И НИЗКОСКОРОСТНЫХ КАНАЛАХ ВОЕННОЙ СВЯЗИ С РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПЕРЕГРУЗКИ И ПРИОРИТЕТАМИ ОБРАБОТКИ МНОГОПОТОЧНОГО ТРАФИКА

*В статье рассматриваются вопросы создания расчетной модели в интересах обоснования рациональной политики управления загрузкой каналов военной связи различной пропускной способности в условиях нестационарных потоков смешанного многопоточного TCP и UDP трафика при реализации различных алгоритмов управления перегрузкой и различных приоритетов обработки трафика. Для высокоскоростных потоков пакетного трафика по протоколам TCP и UDP в магистральных каналах связи разработана жидкостная модель на основе системы дифференциальных уравнений баланса потоков данных, для низкоскоростных потоков в линиях связи конечных абонентов тактического и оперативного уровней управления разработана расчетная модель процесса доставки многопакетных сегментов в иерархической сети передачи данных на основе параллельных конечных марковских цепей.*

**Ключевые слова:** информационный поток; алгоритм предотвращения перегрузки; пропускная способность канала; жидкостная модель; конечная марковская цепь.

### Введение

В современных условиях ведения войн и вооруженных конфликтов роль системы связи в управлении группировками войск (сил) на театре военных действий существенно возрастает. Система связи, выполняя задачи обеспечения информационного обмена для всех уровней управления от тактического звена до центральных органов военного управления, должна быстро реагировать на изменения обстановки, совершенствовать способы обеспечения качества связи в высокоскоростных многопоточных магистральных каналах и низкоскоростных каналах конечных пользователей, обеспечивать надежную доставку данных с учетом их приоритетов.

Для моделирования информационных потоков в каналах связи применяют расчетные аналитические модели на основе теории массового обслуживания, марковских процессов [1-6], программы-генераторы сетевого трафика<sup>1</sup>, пакетные симуляторы<sup>2</sup> на основе описания движения отдельных пакетов, однако указанные модели не реализуют механизм «медленного старта» и алгоритмы предотвращения перегрузки, свойственные протоколу TCP. При высоких скоростях информационного потока (более 50-100 Мбит/с) применение таких моделей требует неприемлемо больших затрат вычислительных ресурсов.

Для высокоскоростных информационных потоков более перспективной является жидкостная модель [7-11], которая может быть доработана для учета дискретного характера активности пользователей, вариантов реализации механизма предотвращения перегрузок по протоколу TCP, вариативности параметров пакетов, применяемых приоритетов потоков, различных механизмов управления очередями, установленных ограничений пропускной способности каналов и других особенностей профилей пользователей. Адекватность разработанной модели следует оценить путем сравнения количественных показателей реального и модельного трафика.

<sup>1</sup> Программы Ostinato – <https://ostinato.org/>, Cat Karat – <https://packetbuilder.net/>

<sup>2</sup> NS-3: Network simulator. NS-3 Tutorial. Release ns-3.30 // NS-3 project. 2019, Aug 21. – <https://www.nsnam.org/docs/release/3.30/tutorial/ns-3-tutorial.pdf>

В сетях передачи данных управляемый трафик по протоколу TCP сосуществует с мультимедиа трафиком по протоколу UDP, который по своей природе нестабилен, не предполагает подтверждений доставки и повторной отправки пакетов, создает дополнительные проблемы для управления качеством связи. В основных версиях протокола TCP для подавления перегрузки используется механизм скользящего окна на стороне источника, который управляется потерей пакетов. Обеспечение необходимого качества связи требует выбора рационального алгоритма управления потерей пакетов и размерами окон передачи данных на стороне источников.

### Постановка задачи

В магистральной сети передачи данных на маршрутизатор поступает многопоточный трафик различного приоритета по протоколам TCP и UDP, созданный  $N$  источниками. Маршрутизатор осуществляет классификацию – анализирует содержимое полей заголовка пакета и определяет уровень его приоритета (класс) по записи заголовка (маркировке) или по критериям, заданным программным способом маршрутизатору. Пакеты разных классов обслуживаются по различному алгоритму, который предполагает свою политику сброса, передачи пакета, ограничения трафика при превышении заданного порога скорости. Алгоритмы обслуживания очереди в зависимости от класса и передачи пакетов на внешний порт являются основными механизмами обеспечения качества связи QoS. Для обеспечения оптимальной пропускной способности канала на всех маршрутизаторах должна применяться единая программно реализуемая политика назначения и обслуживания классов трафика, использоваться общая маркировка пакетов, без использования сигнализации об установленной политике.

В качестве динамических переменных модели выступают мгновенный и усреднённый по времени размер окна перегрузки  $W$ , мгновенное значение длины очереди  $q$  и экспоненциально взвешенное скользящее среднее значение длины очереди  $q^{cp}$ . Параметром модели является функция сброса пакетов  $P$ , определяемая согласно используемому алгоритму управления перегрузкой.

Разные политики обслуживания пакетов реализуются на основе различной вероятности отбрасывания пакетов разных классов на основе их приоритетов. Функция сброса  $P$  зависит от установленных пороговых значений величины очереди  $q_{min}$ ,  $q_{max}$  и включает составляющие  $P_{TO}$ ,  $P_{TD}$ ,  $P_{TW}$ , характеризующие способ информирования источника о потере пакета. Функция  $P_{TO}$  определяет потери пакетов вследствие возникновения тайм-аута (Timed Out, TO), когда источник не получает информации о доставке или недоставке пакета. Функция  $P_{TD}$  определяет потери пакетов, обнаруживаемые по событию тройного подтверждения одного номера пакета (Triple Duplicate, TD – три подтверждения одного АСК-пакета). Функция  $P_{TW}$  определяет сокращение скорости передачи пакетов источником по ограничению окна со стороны приемника.

Для наиболее применяемого алгоритма управления перегрузкой в сети на основе протокола RED (произвольного раннего обнаружения, Random Early Detection,) окно перегрузки на источнике формируется с фазы медленного старта. Далее следует фаза избежания перегрузок на основе алгоритма избежания перегрузок, определяющего потери, характеризуемые случайными функциями потери по тайм-ауту, потери по получению задублированных АСК-пакетов, потери по ограничению окна со стороны приемника (TW). В фазе медленного старта размер окна увеличивается на единицу, а в фазе избежания перегрузок размер окна увеличивается на  $1/w$  при получении каждого подтверждения, в случае TD-потери размер окна сокращается вдвое (или в установленное количество раз), а при TO-окно становится равным 1 (или установленному значению), при получении ограничения окна со стороны приемника окно становится равным полученному от приемника ограничению.

### Вывод системы уравнений в рамках жидкостной модели информационного потока в высокоскоростных магистральных каналах связи

Процесс передачи информационного высокоскоростного потока в магистральной сети может быть описан стохастическим дифференциальным уравнением (СДУ) Ланжевена [9] первого порядка в виде:

$$\frac{dW(t)}{dt} = a(W) + b(W)\xi(t), \tag{1}$$

где:  $a$  и  $b$  – детерминированные функции, характеризующие изменение окна перегрузки источника  $W$ , а  $\xi$  – случайная функция потерь, связанных с потерей пакетов по ТО, TD и TW.

Считая, что потери по ТО, TD и TW взаимно независимы и описываются случайными пуассоновскими процессами  $N_{TD}$ ,  $N_{TO}$  и  $N_{TW}$  соответственно, получим стохастическое уравнение для изменения окна перегрузки  $W$ :

$$dW(t) = I(W_{sst}(t) - W(t))\frac{W(t)dt}{T(t)} + I(W(t) - W_{sst}(t))(W_{max} - W(t))\frac{Adt}{T(t)} - I((W_{max} - W(t))(W(t) - C))\left[\frac{W(t)}{B}dN_{TD}(t) + (W(t) - C)dN_{TO}(t)\right] - I(W(t) - W_{TW}(t))[(W(t) - W_{TW}(t))dN_{TW}(t)], \tag{2}$$

где:  $I(x)$  – ступенчатая функция Хевисайда,  $I(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$ ;  $A$  – параметр, характеризующий изменение окна на передающей стороне на шаге подтверждения,  $A = 1$  – для алгоритма увеличения окна перегрузки на  $1/W$  на шаге подтверждения;  $B$  – параметр, характеризующий изменение окна перегрузки при отработке события TD,  $B = 2$  – для сокращения окна в два раза по алгоритму обработки TD;  $C$  – параметр, характеризующий изменение окна при отработке события ТО,  $C = 1$  – для сокращения окна до одного пакета по алгоритму обработки ТО;  $W_{sst}(t)$  – пороговое значение окна перегрузки (sssthreshold – Slow Start Threshold), при котором происходит переход от фазы медленного старта к фазе преодоления перегрузки;  $W_{TW}(t) \in (W_{TW}^{max}, W_{TW}^{min})$ ,  $W_{TW}(t) = 0$  – случайная функция ограничения окна источника со стороны приемника, событие  $W_{TW}(t) \neq 0$  появляется с интенсивностью  $\lambda_{TW}(t)$ . Вариантом реализации функции может быть ограничение скорости передачи данных маршрутизатором путём отбрасывания лишнего трафика (Traffic Policing).

Время  $T(t)$  – время оборота пакетов от источника к маршрутизатору и обратно в виде АСК-пакетов, которое вычисляется по формуле:

$$T(t) = R_{TT} + \frac{q(t)}{G(t)} \text{ при } q(t) > 0;$$

$$T(t) = T_b \text{ при } q(t) = 0;$$

$$G(t) = G \text{ при } q(t) > G,$$

где  $R_{TT}$  – время на передачу и подтверждение приёма (Round Trip Time, RTT) пакетов без учета ожидания в очереди;  $q(t)$  – значение мгновенной длины очереди в момент времени  $t$ ,  $t > 0$ ;  $G(t)$  – интенсивность обслуживания нагрузки.

Для решения СДУ осуществим переход к обыкновенному дифференциальному уравнению (ОДУ) путём усреднения по времени всех членов, входящих в СДУ. Под усреднением по времени будем понимать выражение:

$$E[x(t)] = \frac{1}{t} \int_0^t x(t') dt'. \tag{3}$$

Среднее значение  $E[W(t)dN_{TD}(t)]$  будем считать равным  $E[W(t)]E[dN_{TD}(t)]$ , полагая независимость функций.

Введем представления для усредненных значений приращений случайных функций:

$$E[dN_{TD}(t)] = \lambda_{TD}(t)dt;$$

$$E[dN_{TO}(t)] = \lambda_{TO}(t)dt;$$

$$E[dN_{TW}(t)] = \lambda_{TW}(t)dt,$$

где  $\lambda_{TD}(t)$  – интенсивность потерь по получению задублированных АСК-пакетов,  $\lambda_{TO}(t)$  – интенсивность потерь по таймауту,  $\lambda_{TW}(t)$  – интенсивность потерь по ограничению окна со стороны приемника.

Усредняя по времени, преобразуем уравнение (2) следующим образом:

$$E\left[\frac{dW(t)}{dt}\right] = I(W_{sst}(t) - E[W(t)])\frac{E[W(t)]}{E[T(t)]} + \\ + I\left(\left(E[W(t)] - W_{sst}(t)\right)(W_{max} - E[W(t)])\right)\frac{A}{E[T(t)]} - I\left(\left(W_{max} - W(t)\right)(W(t) - C)\right) \\ \left[\left(\frac{E[W(t)]}{B}\right)\lambda_{TD}(t) + (E[W(t)] - C)\lambda_{TO}(t)\right] - I(E[W(t)] - E[W_{TW}(t)])(E[W(t)] - W_{TW}(t))\lambda_{TW}(t). \quad (4)$$

Интенсивности потери пакетов могут быть определены из предположения их пропорциональности скорости передачи пакетов источником и вероятности сброса пакета для средневзвешенного значения очереди на маршрутизаторе с учетом задержки реакции источника на потерю пакета и состояния очереди маршрутизатора в момент потери пакета:

$$\lambda_{TD}(t) = \frac{E[W(t-R_{TT})]}{E[T(t-R_{TT})]} E[p_{TD}(q^{cp}(t - R_{TT}/2))], \quad (5)$$

$$\lambda_{TO}(t) = \frac{E[W(t-2R_{TT})]}{E[T(t-2R_{TT})]} E[p_{TO}(q^{cp}(t - 1,5R_{TT}))]. \quad (6)$$

Интенсивности сброса пакетов по ограничению окна со стороны приемника определяется из условия пропорциональности скорости поступления пакетов на приемник от  $N$  источников и вероятности использования опции ограничения окна источника со стороны приемника в зависимости от свободного места в буфере:

$$\lambda_{TW}(t) = \frac{NW(t)}{T(t)} P_{TW}(Q_{max} - q(t)). \quad (7)$$

Определим приращение средней взвешенной длины очереди:

$$q^{cp}(t_{k+1}) = (1 - w_q)q^{cp}(t_k) + w_q q(t_k), \quad t_k = t_0 + k\delta, \quad (8)$$

где:  $q^{cp}(t)$  – экспоненциально взвешенная скользящая средняя длины очереди;  $q(t_k)$  – мгновенное значение очереди в момент  $t_k$ ;  $\delta$  – время между поступлениями пакетов в систему;  $w_q$  – параметр (весовой коэффициент) экспоненциально взвешенного скользящего среднего, определяемый:

$$w_q = 1 - e^{-1/G}, \quad (9)$$

где:  $G$  – скорость передачи данных в канале связи (обслуживания нагрузки при наличии очереди).

Функция  $q^{cp}(t)$  в зависимости от мгновенной длины очереди  $q(t)$  и весового коэффициента  $w_q$  определяется:

$$\frac{dq^{cp}(t)}{dt} = \frac{\ln(1-w_q)}{\delta} q^{cp}(t) - \frac{\ln(1-w_q)}{\delta} q(t), \quad (10)$$

где:  $\delta = t_{k+1} - t_k = 1/G$ .

Для усредненных значений  $q(t)$  и  $q^{cp}(t)$ :

$$\frac{dE[q^{cp}(t)]}{dt} = \frac{\ln(1-w_q)}{\delta} E[q^{cp}(t)] - \frac{\ln(1-w_q)}{\delta} E[q(t)]. \quad (11)$$

Уравнение для мгновенной длины очереди  $q(t)$ :

$$\frac{dq(t)}{dt} = -G(t) + I(Q_{max} - q(t)) \frac{Nw(t)}{T(t)} (1 - P_d(q^{cp}(t))), \quad (12)$$

где:  $P_d$  – вероятность сброса пакета в соответствии с политикой управления очередью;  $N$  – число поступающих в очередь потоков;  $Q_{max}$  – емкость буфера.

Для усредненных значений  $q(t)$ :

$$\frac{dE[q(t)]}{dt} = -E[G(t)] + I(Q_{max} - E[q(t)]) \frac{NE[w(t)]}{E[T(t)]} (1 - E[P_d(q^{cp}(t))]). \quad (13)$$

Система обыкновенных дифференциальных уравнений, характеризующих изменение усредненного значения окна перегрузки на источнике в зависимости от средневзвешенной и мгновенной значений величины очереди на маршрутизаторе, значений потерь и принятой политики управления перегрузкой, будет иметь вид:

$$E \left[ \frac{dW(t)}{dt} \right] = I(E[W_{sst}(t)] - E[W(t)]) \frac{E[W(t)]}{E[T(t)]} + I((E[W(t)] - E[W_{sst}(t)])(W_{max} - E[W(t)])) \frac{A}{E[T(t)]} - I((W_{max} - W(t))(W(t) - C)) \left[ \left( \frac{E[W(t)]}{B} \right) \frac{E[W(t - R_{TT})]}{E[T(t - R_{TT})]} E \left[ p_{TD} \left( q^{cp} \left( t - \frac{R_{TT}}{2} \right) \right) \right] + (E[W(t)] - C) \frac{E[W(t - 2R_{TT})]}{E[T(t - 2R_{TT})]} E \left[ p_{To} \left( q^{cp} \left( t - 1,5R_{TT} \right) \right) \right] \right] - I(E[W(t)] - E[W_{TW}(t)])(E[W(t)] - W_{TW}(t)) \frac{NW(t)}{T(t)} P_{TW}(Q_{max} - q(t)), \quad (14)$$

$$\frac{dE[q(t)]}{dt} = -E[G(t)] + I(Q_{max} - E[q(t)]) \frac{NE[w(t)]}{E[T(t)]} (1 - E[P_d(q^{cp}(t))]), \quad (15)$$

$$\frac{dE[q^{cp}(t)]}{dt} = \frac{\ln(1-w_q)}{\delta} E[q^{cp}(t)] - \frac{\ln(1-w_q)}{\delta} E[q(t)]. \quad (16)$$

Начальные условия для системы ОДУ (14-16):

$$W_i(t_{0i}) = 1, q(t_{0i}) = 0.$$

При моделировании потока в сети режимы on/off работы источника можно устанавливать путем задания значения размера «окна данных»  $W(t) = 0$  в моменты времени, соответствующие паузам между отправками групп пакетов.

Установленные вероятности сброса пакета для трех вариантов класса обслуживания трафика приведены на рисунке 1. Манипулируя значениями вероятностей сброса пакетов для различных классов трафика (приоритетов), на основе решения системы уравнений модели определяют оптимальный уровень пропускной способности и качества обслуживания канала связи.

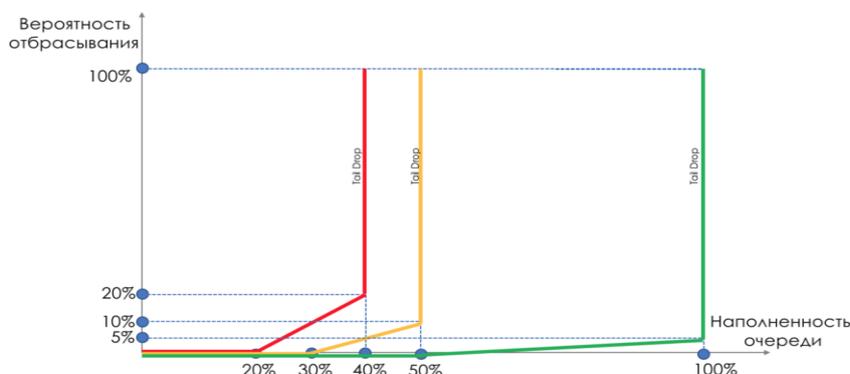


Рисунок 1 – Вероятности сброса пакетов для трех классов обслуживания в зависимости от наполненности очереди

Приведенная жидкостная математическая модель сетевого трафика в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений представляет собой уравнения баланса потоков, входящих в соответствующий узел (маршрутизатор) и выходящих из него: сумма потоков, входящих в данный узел, равна сумме потоков, выходящих из этого узла. При этом учитывается конечность времени распространения сигнала от одного узла сети к другому (запаздывание), а также эффекты обратной связи, присущие протоколу TCP.

### Вывод системы уравнений для низкоскоростных каналов связи на основе описания движения отдельных пакетов с использованием параллельной конечной марковской цепи

Для низкоскоростных каналов связи конечных потребителей услуг связи, для которых на шаге по времени  $R_{TT}$  (время на передачу и подтверждение приёма пакета) осуществляется передача менее двух пакетов, жидкостная модель не применима. Для моделирования таких каналов связи, имеющих в случае военных сетей связи многоуровневую иерархическую структуру, следует применять расчетную модель на основе описания движения отдельных пакетов с использованием параллельной конечной марковской цепи процесса доставки многопакетных сегментов в иерархической сети передачи данных.

Иерархическая сеть передачи данных включает совокупность базовых подсетей, каждый из которых включает звенья управления вышестоящего уровня иерархии и смежные подчиненные звенья управления нижележащего уровня. Модель такого базового элемента сети рассмотрена для случая передачи сообщения из заданного количества и величины пакетов станцией вышестоящего уровня управления и приема этих пакетов смежными с ней принимающими станциями нижестоящего уровня. Принято, что доведение сообщений в каждой базовой подсети на всех уровнях иерархии осуществляется независимо и параллельно. Качество каналов в базовой подсети по вероятности ошибки на бит сообщения одинаково для уровня иерархии. На каждом уровне реализуется доставка сообщений до потребителей. Общее время доставки разбивается на независимые этапы по уровням иерархии, на каждом этапе имеется своя канальная скорость передачи данных и свой уровень потерь. Требуемая вероятность доставки сообщения  $P_{tr}$  задается для всей сети из расчета доставки сообщения до звеньев управления нижнего уровня иерархии.

В рамках разработанной модели реализована трехуровневая топология сети передачи данных – радиально-узловая структура без рокадных связей, пример которой приведен на рисунке 2. Информационный обмен между звеньями осуществляется по протоколу TCP и UDP, реализована двунаправленная передача сообщений. Сегмент из  $N$  сообщений доводится последовательно от звеньев управления верхнего уровня до звеньев нижнего уровня (возможен расчет до тысяч звеньев управления с использованием вычислительных мощностей персонального компьютера), одновременно идет встречное дуплексное движение квитанций подтверждения. Характеристики сети (надежность, пропускная способность, коэффициент потерь, длина физического канала) для каждого уровня управления задаются независимо, для всех звеньев управления и линий связи в пределах одного уровня характеристики одинаковы.

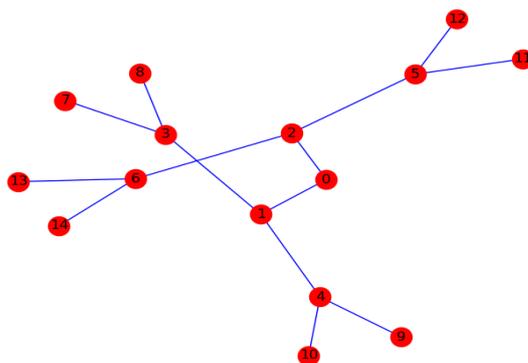


Рисунок 2 – Пример трехуровневой радиально-узловой топологии сети передачи данных

Сформирована расчетная модель на основе параллельной конечной марковской цепи процесса доставки многопакетных сегментов в иерархической сети передачи данных. Расчетным путем определяются вероятностно-временные характеристики (ВВХ) – время доведения сегмента пакетов с заданной вероятностью и вероятностные характеристики (ВХ) – математическое ожидание времени доставки, дисперсия (среднеквадратичные отклонения – СКО) времени доставки сегментов. ВВХ доведения сообщений рассчитывается на основе решения уравнения Колмогорова-Чепмена (УКЧ), а ВХ – на основе фундаментальной матрицы.

Изменение во времени характеристик конечной марковской цепи описывается уравнением Колмогорова-Чепмена (УКЧ):

$$P_{S(n)}^{(k)} = P_{S(n)}^{(0)} P_{[n,n]}^k = P_{S(n)}^{(k-1)} P_{[n,n]}, \quad (17)$$

где:  $P_{S(n)}^{(0)} = (P_{S_1}^{(0)}, P_{S_2}^{(0)}, \dots, P_{S_n}^{(0)})$  – вектор вероятностей состояния цепи на нулевом шаге;

$P_{S(n)}^{(k-1)}, P_{S(n)}^{(k)}$  – вектор вероятностей состояния цепи на  $(k - 1)$ -м и  $k$ -м шаге;

$P_{[n,n]}$  – матрица переходных вероятностей.

Временные характеристики конечной марковской цепи – среднее время перехода и дисперсия времени перехода – находятся из фундаментальной матрицы  $Q_{[n-r,n-r]}$ , которая формируется из матрицы переходов.

Фундаментальная матрица равна:

$$Q_{[n-r,n-r]} = (I_i - Q)^{-1}, \quad (18)$$

где:  $I_i$  – единичная матрица размером  $(n - r) \times (n - r)$ .

Математическое ожидание числа шагов  $M(L)$ , затрачиваемое процессом для перехода из  $L$ -го состояния в поглощающее, равно сумме элементов  $L$ -й строки матрицы (18). Переход к реальному времени осуществляется умножением среднего числа шагов на длительность шага:

$$M(t) = M(L)T_{ш}. \quad (19)$$

Дисперсия числа шагов находится по дисперсионной матрице, получаемой по выражению:

$$N_{D[n-r,n-r]} = N_{[n-r,n-r]}(2N_{dg[n-r,n-r]} - I_i) - N_{sq[n-r,n-r]}, \quad (20)$$

где:  $N_{dg[n-r,n-r]}$  – матрица, полученная из фундаментальной путем замены всех элементов нулями, кроме элементов главной диагонали;  $N_{sq[n-r,n-r]}$  – матрица, полученная из фундаментальной путем возведения каждого ее элемента в квадрат.

Дисперсия числа шагов  $D(L)$ , затрачиваемых процессом для перехода из  $L$ -го состояния в поглощающее, равно сумме элементов  $L$ -й строки матрицы (20). Переход к реальному времени осуществляется по формуле:

$$D(t) = D(L)T_{ш}^2. \quad (21)$$

Определяется матрица шагов переходов (МШП):

$$T_{ij} = Dl_{ij}/V_{пи}, \quad (22)$$

где:  $Dl_{ij}$  – длина передаваемого сообщения в битах при переходе процесса из  $i$ -го состояния в  $j$ -е;  $V_{пи}$  – скорость передачи информации (бит/с).

Переход к реальному времени событий осуществлен на основе осреднения шагов переходов по состояниям системы и шагам решения УКЧ. Матрица вероятностей перехода реализована как стационарная, возможен учет нестационарного состояния системы в процессе передачи сегмента. Задержки и потери пакетов при обработке сообщений на аппаратных средствах звеньев управления рассчитываются отдельно и полученные значения добавляются в расчетную модель системы передачи данных (СПД).

В рамках разработанной модели решаются следующие задачи:

нахождение ВВХ и ВХ доведения сообщений в СПД заданной иерархической структуры с известным стеком протоколов и заданными параметрами характеристики сети (топология, надежность, пропускная способность, коэффициент потерь, длина физического канала) для каждого уровня управления;

обоснование скорости передачи в каналах СПД заданной структуры и известным стеком протоколов, обеспечивающей доведение сообщений с заданными ВВХ и ВХ;

оптимизация параметров стека протоколов транспортной сети СПД при сохранении качества информационного обмена пользователей сети;

определение динамики получения пакетов по уровням управления на шаге решения УКЧ и в реальном времени (для определения оперативности информационного обмена, изменения математического ожидания количества полученных пакетов и СКО по времени).

Пример расчета времени доведения пакетов при заданной вероятности доведения, заданных значениях вероятности ошибок в сети по уровням управления, длине пакета, длине квитанции, коэффициентах готовности каналов связи, скоростей передачи сообщений, таймера повтора сообщений, протяженностей каналов связи приведен на рисунке 3.

Пример расчета динамики доведения пакетов до адресатов на уровне управления приведен на рисунке 4.

Изменение математического ожидания и среднеквадратичного отклонения времени доведения пакетов до адресатов в зависимости от размеров пакетов приведено на рисунке 5.

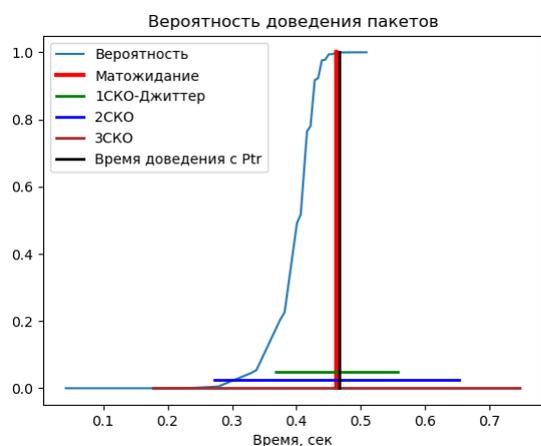


Рисунок 3 – Расчет времени доведения пакетов, значения джиттера, при заданной вероятности доведения пакета до адресата

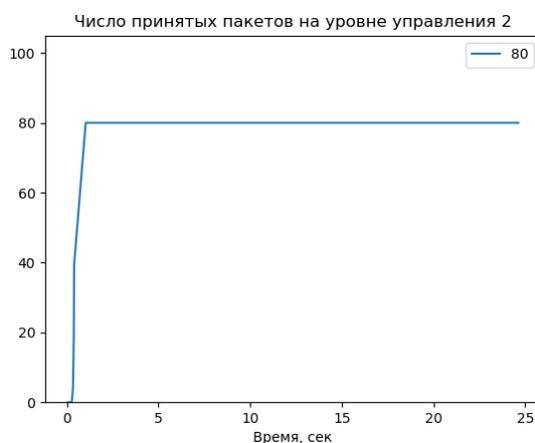


Рисунок 4 – Расчет динамики доведения пакетов до адресатов на уровне управления 2 (доведение 80 пакетов)

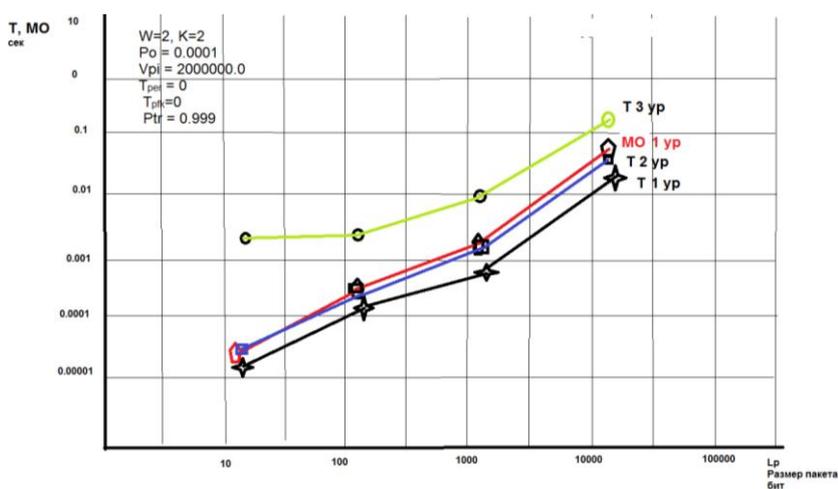


Рисунок 5 – Изменение математического ожидания и среднеквадратичного отклонения времени доведения пакетов до адресатов в зависимости от размеров пакетов

## Выводы

В статье рассмотрены вопросы создания расчетной модели в интересах обоснования рациональной политики управления загрузкой каналов военной связи различной пропускной способностью в условиях нестационарных потоков смешанного TCP и UDP трафика при реализации различных алгоритмов управления перегрузкой и различных приоритетов обработки трафика. Для высокоскоростных потоков пакетного трафика по протоколам TCP и UDP в магистральных каналах связи представлена жидкостная модель на основе системы дифференциальных уравнений баланса потоков данных, для низкоскоростных потоков в линиях связи конечных абонентов тактического и оперативного уровней управления представлено описание расчетной модели процесса доставки многопакетных сегментов в иерархической сети передачи данных на основе параллельных конечных марковских цепей, приведены результаты расчетов времени доставки сообщений при заданной вероятности получения и параметрах канала связи.

## Список использованных источников

1. Соколов Н.А. Телекоммуникационные сети: монография. Ч.1-4. М.: Альварес Паблшинг, 2003-2004. – 640 с.
2. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
3. Цимбал В.А., Тоискин В.Е., Караев Д.А., Винокуров А.М. Математическая модель доставки информации в радиосистеме оповещения без обратной связи с повторами сообщений // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2017. №1(32). – С. 67-76.
4. Цимбал В.А., Тоискин В.Е., Сандулов Н.В., Хаптар В.В. Оперативность информационного обмена в иерархической радиосети автоматических систем управления военного назначения с протоколом типа X.25 // Радиотехника и связь. 2016. №1. – С. 26-31.
5. Цимбал В.А., Шиманов С.Н., Тоискин В.Е. Нахождение характеристик конечных марковских цепей при произвольных шагах переходов // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №9-2(40). – С. 110-113.
6. Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. М.: Советское радио, 1973. – 232 с.
7. Misra V., Gong W.-B., Towsley D. Stochastic Differential Equation Modeling and Analysis of TCP-WindowSize Behavior // Technical Report ECE-TR-CCS-99-10-01: presented at Performance 99, Istanbul, 1999, October 15-17. – P. 1-8.
8. Misra V., Gong W.-B., Towsley D. Fluid-Based Analysis of a Network of AQM Routers Supporting TCP Flows with an Application to RED // Proceedings of the Conference on Applications, Technologies, Architectures and Protocols for Computer Communication, Stockholm, 2000, August 28 - September 1. – P. 151-160.
9. Королькова А.В., Кулябов Д.С. Математическая модель динамики поведения параметров систем типа RED // Вестник РУДН. Серия: Математика, Информатика, Физика. 2010. №2-1. – С. 54-64.
10. Гребенкин М.К., Поршнева С.В. Гибридная жидкостная модель магистрального Интернет-канала. Имитационное моделирование информационных потоков в высокоскоростных сетях передачи данных. L.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 172 с.
11. Велиева Т.Р., Королькова А.В., Кулябов Д.С., Сантуш Б.А. Модель управления очередями на маршрутизаторах // Вестник РУДН. Серия: Математика, Информатика, Физика. 2014. №2. – С. 81-92.

УДК 358.1

**В.С. ЛУГАВОВ**, кандидат физико-математических наук, доцент  
**В.Д. ЛУГАВОВА**, доцент

## ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ГРУППОВОЙ ЦЕЛИ

*В работе рассматривается применение средств поражения по рассредоточенной групповой цели, представляющей совокупность элементарных (одиночных, малоразмерных) целей. Предполагается, что средства поражения применяются без перенацеливания, независимо, в одинаковых условиях, а среднее необходимое число попаданий в каждую элементарную цель равно единице. Примем в качестве оценки эффективности применения средств поражения математическое ожидание числа пораженных элементарных целей. В статье найдено распределение средств поражения по групповой цели, при котором это математическое ожидание достигает максимума, а также исследованы асимптотические свойства среднего ущерба, наносимого групповой цели, при этом распределении.*

**Ключевые слова:** элементарная цель; рассредоточенная групповая цель; эффективность поражения групповой цели.

Вопросы оптимального распределения средств поражения, рассмотренные в работах [1 -4], остаются по-прежнему актуальными<sup>1</sup>.

Рассмотрим применение  $N$  средств поражения (СП) по рассредоточенной групповой цели, представляющей собой совокупность  $N_{ц}$  элементарных (одиночных, малоразмерных) целей. Будем предполагать, что СП применяются без перенацеливания, независимо, в одинаковых условиях, а среднее необходимое число попаданий в каждую элементарную цель равно единице. Обозначим через  $\omega$  ( $0 < \omega < 1$ ) – вероятность поражения одной элементарной цели при применении по ней одного СП. Эффективность поражения групповой цели в значительной степени определяется распределением средств поражения по элементарным целям, входящим в состав групповой. В качестве оценки эффективности применения СП примем математическое ожидание числа пораженных элементарных целей в составе групповой цели.

Занумеруем все элементарные цели и  $k$ -й элементарной цели ( $k = 1, 2, \dots, N_{ц}$ ) поставим в соответствие случайную величину  $X_k(n)$ ,  $n = 0, 1, \dots$  принимающую значение 1, если при применении  $n$  СП по  $k$ -й цели она окажется пораженной, и 0, если она окажется непораженной ( $X_k(0) = 0$ ). Тогда суммарное число пораженных целей  $X$  будет равно:

$$X = \sum_{k=1}^{N_{ц}} X_k(n_k),$$

где  $\sum_{k=1}^{N_{ц}} n_k = N$  и, следовательно, при этом выполнено:

$$M(X) = \sum_{k=1}^{N_{ц}} P(X_k(n_k) = 1). \quad (1)$$

Число  $M(X)$  зависит от распределения СП по элементарным целям, т.е. от набора  $(n_1, n_2, \dots, n_{N_{ц}})$ , причем от перестановки любых чисел в наборе математическое ожидание  $M(X)$  не изменится, т.к. все элементарные цели однотипны.

Для нахождения оптимального распределения СП по целям (т.е. такого распределения, при котором  $M(X)$  достигает максимума) рассмотрим произвольный набор  $(n_1, n_2, \dots, n_{N_{ц}})$  ( $\sum_{k=1}^{N_{ц}} n_k = N$ ), описывающий распределение СП по целям и соответствующее ему математическое ожидание (1) числа пораженных целей. Рассмотрим сумму двух произвольных слагаемых  $P(X_i(n_i) = 1) + P(X_j(n_j) = 1)$ , входящих в (1). Обозначим эту сумму через  $R(n_i, n_j)$ .

Пусть  $n_i + n_j = n \geq 1$ , тогда  $R(n_i, n_j) = R(n_i, n - n_i) = 2 - (1 - \omega)^{n_i} - (1 - \omega)^{n - n_i}$ .

<sup>1</sup> См.: Запорожец В.И. Боевая эффективность средств поражения и боеприпасов: тексты лекций. СПб.: Балт. гос. техн. ун-т., 2006. – 159 с.; см. также [5].

Найдем, при каком значении  $n_i$  ( $0 \leq n_i \leq n$ ) функция  $R(n_i, n - n_i)$  достигает максимума. Введем вспомогательную функцию  $R(x) = 2 - (1 - \omega)^x - (1 - \omega)^{n-x}$ , определенную при  $0 \leq x \leq n$ , и вычислим ее производную:

$$\frac{dR}{dx} = -(1 - \omega)^x \ln(1 - \omega) + (1 - \omega)^{n-x} \ln(1 - \omega) = \ln(1 - \omega) ((1 - \omega)^{n-x} - (1 - \omega)^x).$$

Нетрудно видеть, что  $\frac{dR}{dx} = 0$  при  $x = \frac{n}{2}$ , а также  $\frac{dR}{dx} > 0$  при  $x < \frac{n}{2}$  и  $\frac{dR}{dx} < 0$  при  $\frac{n}{2} < x \leq n$ . Таким образом,  $x = \frac{n}{2}$  – точка максимума функции  $R(x)$  при  $0 \leq x \leq n$  (а также  $x = 0$ ,  $x = n$  – точки минимума функции  $R(x)$  при  $0 \leq x \leq n$ ). Отсюда вытекает, что если  $n$  – четное число, то функция целочисленных аргументов  $R(n_i, n - n_i)$  достигает максимума при  $n_i = \frac{n}{2}$ ; если же  $n$  – нечетное число, то  $R(n_i, n - n_i)$  достигает максимума в точках  $n_i = \frac{n-1}{2}$ ,  $n_i = \frac{n+1}{2}$ , поскольку выполняется  $R(\frac{n-1}{2}, \frac{n+1}{2}) = R(\frac{n+1}{2}, \frac{n-1}{2})$ . Таким образом, функция  $R(n_i, n_j)$ ,  $n_i + n_j = n \geq 1$  достигает максимума при условии  $|n_i - n_j| \leq 1$ , а, следовательно, набор  $(n_1, n_2, \dots, n_{N_{ц}})$ , где  $\sum_{k=1}^{N_{ц}} n_k = N$ , является оптимальным, если для любых двух чисел  $n_i, n_j$  из этого набора выполнено неравенство  $|n_i - n_j| \leq 1$ . Отсюда несложно получить искомый оптимальный набор.

Действительно, для произвольного числа  $\alpha$  рассмотрим представление  $\alpha = \{\alpha\} + [\alpha]$ , где  $[\alpha]$ ,  $\{\alpha\}$  – соответственно целая и дробная части числа  $\alpha$ . Тогда из равенства  $\frac{N}{N_{ц}} = \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} + \left[ \frac{N}{N_{ц}} \right]$  получим:

$$N = N_{ц} \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} + N_{ц} \left[ \frac{N}{N_{ц}} \right] = N_{ц} \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} \left( \left[ \frac{N}{N_{ц}} \right] + 1 \right) + \left( N_{ц} - N_{ц} \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} \right) \left[ \frac{N}{N_{ц}} \right].$$

Отсюда получаем, что, с точностью до перестановок, оптимальный набор  $(n_1, n_2, \dots, n_{N_{ц}})$  удовлетворяет соотношениям:

$$n_1 = n_2 = \dots = n_{N_{ц} \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\}} = \left[ \frac{N}{N_{ц}} \right] + 1; \quad n_{N_{ц} \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} + 1} = n_{N_{ц} \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} + 2} = \dots = n_{N_{ц}} = \left[ \frac{N}{N_{ц}} \right].$$

В этом случае в силу (1) имеем:

$$M(X) = \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} N_{ц} \left( 1 - (1 - \omega)^{\left[ \frac{N}{N_{ц}} \right] + 1} \right) + \left( N_{ц} - \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} N_{ц} \right) \left( 1 - (1 - \omega)^{\left[ \frac{N}{N_{ц}} \right]} \right).$$

Отсюда, после несложных преобразований, получим:

$$M(X) = N_{ц} \left( 1 - (1 - \omega)^{\left[ \frac{N}{N_{ц}} \right]} \left( 1 - \omega \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} \right) \right). \tag{2}$$

Таким образом, математическое ожидание числа пораженных элементарных целей, соответствующее оптимальному распределению СП, определяется равенством (2). Из (2), в частности, вытекает, что средний относительный ущерб, наносимый групповой цели при оптимальном распределении СП по целям, равен:

$$U_{\text{опт}} = \frac{M(X)}{N_{ц}} = \left( 1 - (1 - \omega)^{\left[ \frac{N}{N_{ц}} \right]} \left( 1 - \omega \left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} \right) \right). \tag{3}$$

Замечание. Последняя формула уточняет формулу (4) работы [5], дающую представление максимального среднего ущерба групповой цели, и совпадает с последней при  $\left\{ \frac{N}{N_{ц}} \right\} = 0$ . Различие между средними относительными ущербами групповой цели, найденными по формуле (3) настоящей работы и по формуле (4) работы [5], довольно ощутимо при  $N < N_{ц}$  и значениях  $\omega$ , близких к 1. Так, при  $\frac{N}{N_{ц}} = 0,4$  и  $\omega = 0,9$  средний относительный ущерб, вычисленный по формуле (3), равен 0,36, а по второй формуле  $\approx 0,6$ .

При рассмотрении функции  $R(x)$  нами также было установлено, что  $R(x)$  достигает минимума при  $x = 0, x = n$ . Таким образом, функция  $R(n_i, n - n_i)$  достигает минимума в точках  $n_i = 0, n_i = n$ , при этом  $R(0, n) = R(n, 0)$ . Поэтому распределению СП по целям, при котором  $M(X)$  достигает минимума, отвечает с точностью до перестановок набор  $(N, 0, \dots, 0)$ . Для этого набора  $M(X) = 1 - (1 - \omega)^N$ . Средний относительный ущерб, наносимый групповой цели, при указанном распределении СП по целям равен:

$$\frac{M(X)}{N_{ц}} = \frac{1 - (1 - \omega)^N}{N_{ц}} \quad (4)$$

и является минимальным. Этот результат уточняет результат работы [5], согласно которому минимальное значение среднего ущерба достигается при случайном равномерном целе-распределении.

Исследуем асимптотические свойства  $U_{\text{опт}} = \frac{M(X)}{N_{ц}}$  при  $\frac{N}{N_{ц}} \rightarrow \alpha, N_{ц} \rightarrow \infty$ .

Пусть  $\{\alpha\} > 0$ , тогда  $\left[\frac{N}{N_{ц}}\right] \rightarrow [\alpha], \left\{\frac{N}{N_{ц}}\right\} \rightarrow \{\alpha\}$ . Из формулы (2) в этом случае получаем, что:

$$\lim_{\frac{N}{N_{ц}} \rightarrow \alpha} \frac{M(X)}{N_{ц}} = 1 - (1 - \omega)^{[\alpha]}(1 - \omega\{\alpha\}). \quad (5)$$

Пусть  $\alpha$  – целое положительное число, так что  $\{\alpha\} = 0$ . Рассмотрим два случая:

$$\left[\frac{N}{N_{ц}}\right] \rightarrow \alpha, \left\{\frac{N}{N_{ц}}\right\} \rightarrow 0 \quad \text{и} \quad \left[\frac{N}{N_{ц}}\right] \rightarrow \alpha - 1, \left\{\frac{N}{N_{ц}}\right\} \rightarrow 1.$$

В обоих случаях формула (5) остается справедливой, а, следовательно, остается справедливой и при произвольном стремлении  $\frac{N}{N_{ц}}$  к  $\alpha$ . В случае  $\alpha = 0$  формула (5) легко проверяется. Таким образом, формула (5) оказывается справедливой при любых значениях  $\alpha \geq 0$ .

Обозначим правую часть равенства (5) через  $F(\omega, \alpha)$ . При фиксированном  $\omega$  функция  $F(\omega, \alpha)$  представляет непрерывную, кусочно-линейную функцию, асимптотически стремящуюся к единице (при  $\alpha \rightarrow \infty$ ). На каждом участке  $(k, k + 1)$  ( $k$  – целое неотрицательное число) функция  $F(\omega, \alpha)$  линейна и тангенс ее угла наклона равен  $\omega(1 - \omega)^k$ , наибольшая скорость роста этой функции равна  $\omega$  и достигается на участке  $(0, 1)$ .

Построим график функции  $F(\omega, \alpha) = 1 - (1 - \omega)^{[\alpha]}(1 - \omega\{\alpha\})$  (см. рисунок 1) для различных значений  $\omega$  (например,  $\omega = 0,1; 0,5; 0,9$ ).

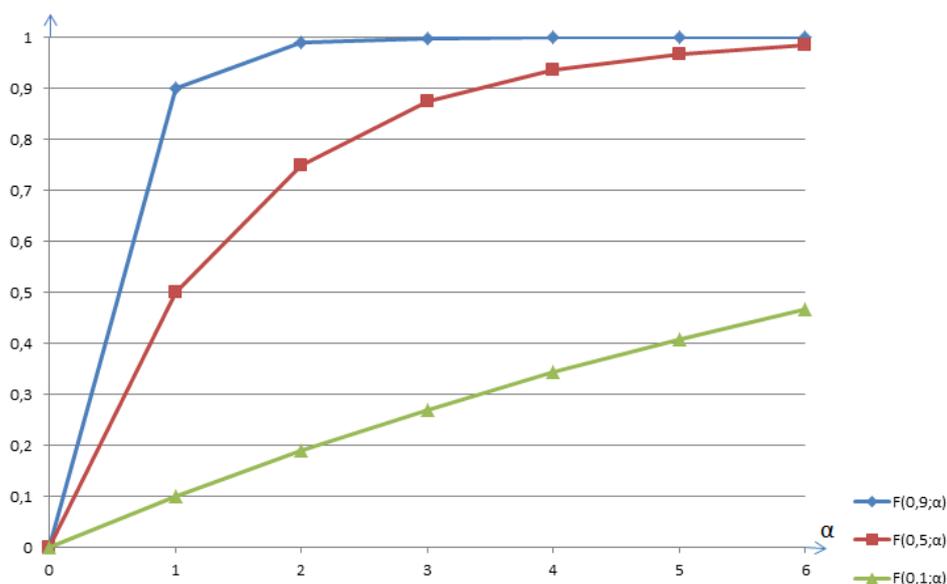


Рисунок 1 – Графики функций  $F(\omega, \alpha)$

### Список использованных источников

1. Колмогоров А.Н. Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценки эффективности системы стрельбы // Труды матем. ин-та им. В.А. Стеклова. 1945. Т.12. – С. 7-25.
2. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. М.: Советское радио, 1964. – 388 с.
3. Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Меркулов А.Д. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов. М.: Советское радио, 1968. – 464 с.
4. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1970. – 500 с.
5. Буравлев А.И. Об оценке влияния системы управления огнем на эффективность поражения целей // Вооружение и экономика. 2012. №1(17). – С. 25-29.

# ***ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА***

УДК 330.42

**С.Ф. ВИКУЛОВ**, доктор экономических наук,  
профессор**Н.В. ФИРОВ**, доктор экономических наук,  
профессор

## К ВОПРОСУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГОСУДАРСТВА ПО РЕСУРСНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РФ

*Рассмотрены методические вопросы прогнозирования объема ассигнований, выделяемых государством на национальную оборону в интересах оценки ресурсного обеспечения строительства Вооруженных Сил РФ. Показано, что использование при статистическом анализе валового внутреннего продукта заявленных и исполненных объемов ассигнований на национальную оборону не годовых индивидуальных наблюдений, а предложенных в статье кумулятивных значений исследуемых показателей за пятилетний период существенно повышает достоверность прогноза.*

**Ключевые слова:** прогнозирование; расходы на национальную оборону; статистический анализ; доверительная вероятность.

В соответствии с принципами программно-целевого планирования при разработке программных и плановых документов в области обороны всегда рассматриваются и согласовываются между собой, с одной стороны, потребности государства, а с другой стороны, его возможности по их удовлетворению. Прогнозирование возможностей государства по финансовому обеспечению национальной обороны является обязательным аспектом исследований перспектив строительства Вооруженных Сил (ВС) РФ и развития вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ).

Вопросам прогнозирования военных расходов как в теоретическом, так и практическом аспектах, оценке их влияния на экономику государства посвящен ряд работ. Так в работе [1] рассматриваются пропорции основных направлений государственных расходов, включая расходы на оборону. В работе [2] исследованы вопросы влияния на структуру государственных расходов, системных рисков. Методическим аспектам прогнозирования затрат на оборону посвящены работы [3; 4 и др.]. Результаты анализа военных расходов в практической плоскости приведены в работах [5-7]. Взаимовлияние военных расходов и экономики государства исследовано в работах [8; 9].

Вместе с тем следует отметить, что методическую базу прогнозирования затрат на национальную оборону нельзя считать окончательно сформированной. Необходим поиск новых подходов к решению рассматриваемой проблемы и их доведению до практической реализации.

Возможности государства по финансированию национальной обороны в значительной степени определяются валовым внутренним продуктом (ВВП) государства. Расходы федерального бюджета распределяются по ряду направлений: социальная политика; национальная оборона; национальная безопасность и правоохранительная деятельность; национальная экономика; общегосударственные вопросы; здравоохранение; образование и др. Между направлениями, несмотря на постоянные определенные изменения в их приоритетах, наблюдаются в определенной степени достаточно устойчивые пропорции в объемах выделяемых бюджетных средств. В связи с этим уровень финансирования обороны, здравоохранения, науки и других направлений как у нас, так и за рубежом зачастую выражают в долях от валового внутреннего продукта. Рассмотрим возможность применения указанного показателя для прогнозирования ожидаемых расходов государства на национальную оборону.

Введем следующие обозначения:  $V_{\text{ВВП}}$ ,  $V_{\text{НОплан}}$ ,  $V_{\text{НОфакт}}$  – объем ВВП, утвержденные и фактически выделенные ассигнования на национальную оборону, соответственно;  $d_t$ ,  $\bar{d}$  – доля средств на оборону в ВВП в  $t$ -м году и ее среднее значение за рассматриваемый период времени, соответственно, %;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение показателя  $d$ ;  $\beta$  – доверительная вероятность;  $\text{НГ}_d$ ,  $\text{ВГ}_d$  – нижняя и верхняя граница показателя  $d$ ;  $n$  – количество

наблюдений;  $\delta_{гр\text{ср}}$  – относительное отклонение верхней (нижней) границы показателя  $d$  от его среднего значения ( $\delta_{гр\text{ср}} = (ВГd - \bar{d})/\bar{d}$ ).

Проведем анализ годовых объемов ВВП и выделяемых на оборону ассигнований, представленных в таблице 1, определим сложившееся между ними соотношение и рассмотрим возможность и обоснованность применения этого показателя в целях прогнозирования экономических возможностей государства в сфере обороны.

В результате обработки данных, представленных в таблице 1, установлено, что за период 1998-2020 гг. в среднем доля расходов на оборону в ВВП ( $\bar{d}$ ) составляет  $\sim 2,84\%$ , а среднее квадратическое отклонение показателя –  $\sigma = 0,45$ . Расхождение между фактически выделенными и запланированными ассигнованиями незначительное и в среднем составляет всего  $4,61\%$ . Детальный сопоставительный анализ утвержденных и исполненных ассигнований позволяет выделить три этапа в финансировании национальной обороны. Отличие утвержденных и фактических годовых расходов на национальную оборону в первый период 1998-2002 гг. находилось в диапазоне  $4 - 20\%$ , в следующий период до 2010 года – в пределах одного процента, а с 2011 года – на уровне  $4 - 7\%$ . Вместе с тем, несмотря на временами существенные отличия в годовых выделенных и планируемых финансовых средствах, отличие в их суммарных объемах в текущем периоде составляет всего  $3,2\%$ . В предшествующие периоды (1998-2010 гг.) суммарные объемы планируемых и выделенных ассигнований практически совпадают (отличие составляет всего  $\sim 0,06\%$ ).

Таблица 1 – Динамика макроэкономических показателей и оборонных расходов за период 1995-2022 гг.<sup>1</sup>

		1995	1996	1997	2998	1999	2000	2001
ВВП	млрд руб.	1428,5	2007,8	2342,5	2629,6	4823,2	7305,6	8943,6
И-д ВВП	%	-	-	115,1	118,6	172,5	137,6	116,5
Инфляция	%	131,6	21,8	11,0	84,5	36,6	20,1	18,8
Нац. обор. утв. бюджет	млрд руб.	-	-	-	81,8	93,7	209,4	214,7
Нац. обор. исполнено	млрд руб.	-	-	-	65,1	115,6	191,7	247,7
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ВВП	млрд руб.	10830,5	13208,2	17027,2	21609,8	26917,2	33247,5	41276,8
И-д ВВП	%	115,6	113,8	120,3	119,3	115,2	113,8	118,0
Инфляция	%	15,06	11,99	11,74	10,91	9,0	11,87	13,28
Нац. обор. утв. бюджет	млрд руб.	284,2	354,9	427,4	578,4	686,1	839,1	1044,2
Нац. обор. исполнено	млрд руб.	295,3	355,7	430,0	581,1	681,8	831,9	1040,9
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ВВП	млрд руб.	38807,2	46308,5	60114,0	68103,4	72985,7	79030,0	83087,4
И-д ВВП	%	102,0	114,2	115,9	108,9	105,3	107,5	107,2
Инфляция	%	8,8	8,78	6,1	6,58	6,45	11,36	12,91
Нац. обор. утв. бюджет	млрд руб.	1203,7	1288,7	1524,4	1832,2	2111,7	2481,3	3187,8
Нац. обор. исполнено	млрд руб.	1188,2	1276,5	1516,0	1812,4	2103,6	2479,1	3181,4
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ВВП	млрд руб.	85616,1	91843,2	103861,7	109608,3	107658,2	135295,0	151455,6
И-д ВВП	%	102,8	105,3	110,0	103,1	100,9	116,4	114,3
Инфляция	%	5,4	2,5	4,3	3,0	4,9	8,39	11,94
Нац. обор. утв. бюджет	млрд руб.	3806,4	3059,6	3063,0	3233,5	3308,1	3108,0	3256,4
Нац. обор. исполнено	млрд руб.	3775,3	2852,3	2827,0	2997,4	3168,8		

<sup>1</sup> Составлено авторами по данным: ВВП России по годам: 1991-2023 // Мировые финансы. – <http://global-finances.ru/vvp-rossii-po-godam>; Статистика: расходы России на оборону // Руксперт. – [https://ruxpert.ru/Статистика:Расходы\\_России\\_на\\_оборону;\\_Валовой\\_внутренний\\_продукт,\\_годовые\\_данные\\_\(индексы-дефляторы,\\_в\\_%\\_к\\_предыдущему\\_году\)\\_//\\_Росстат.\\_](https://ruxpert.ru/Статистика:Расходы_России_на_оборону;_Валовой_внутренний_продукт,_годовые_данные_(индексы-дефляторы,_в_%_к_предыдущему_году)_//_Росстат._) – [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4\(1\).htm](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4(1).htm); Инфляция в России по годам: 1991-2023 // Мировые финансы. – <http://global-finances.ru/inflyatsiya-v-rossii-po-godam>

Согласно данным таблицы 1, на первый взгляд говорить о наличии какой-либо устойчивой и тесной связи между годовым объемом ВВП и выделенными (планируемыми к выделению) ассигнованиями на национальную оборону сомнительно. Тем не менее, прогнозирование выделяемых на оборону ассигнований через их долю в ВВП государства остается одним из основных из весьма ограниченного для этой цели способов.

В таблице 2 приведены результаты статистического анализа данных о ВВП и фактически выделенных объемах ассигнований на оборону с 1998 по 2022 гг.

Таблица 2 – Среднее значение доли оборонных расходов в ВВП, ее верхняя и нижняя границы и среднее квадратическое отклонение

№	Период	$\bar{d}$	$\sigma$	$\beta$	НГ <sub>d</sub>	ВГ <sub>d</sub>	$\delta_{гр\text{cp}}$ , %
Наблюдение – данные за год							
1	1998-2020 гг.	2,84	0,45	0,7	2,36	3,31	16,87
				0,8	2,24	3,43	21,00
				0,9	2,06	3,61	27,29
				0,95	1,90	3,77	32,91
Наблюдение – кумулятивные данные за пять лет							
2	1998-2020 гг.	2,87	0,31	0,7	2,53	3,20	11,70
				0,8	2,45	3,28	14,57
				0,9	2,32	3,41	19,00
				0,95	2,21	3,53	23,01
Наблюдение – кумулятивные данные за пять лет							
3	1998-2010 гг.	2,67	0,07	0,7	2,59	2,74	2,70
				0,8	2,58	2,76	3,39
				0,9	2,55	2,78	4,45
				0,95	2,52	2,81	5,44
Наблюдение – кумулятивные данные за пять лет							
4	2011-2020 гг.	3,30	0,16	0,7	3,12	3,49	5,61
				0,8	3,07	3,54	7,16
				0,9	2,98	3,63	9,80
				0,95	2,89	3,71	12,46

В варианте №1 в качестве единичного наблюдения принимаются годовые показатели за период 1998-2020 гг., всего 23 наблюдения. Результаты анализа показали, что среднее квадратическое отклонение доли оборонных расходов в ВВП существенно, вследствие чего целесообразность использования полученных основных статистических данных для прогноза оборонных расходов становится сомнительным. Так, для доверительной вероятности 0,7 отклонение граничных значений доли оборонных расходов в ВВП от среднего значения составляет ~17%, а для вероятности 0,9 достигает 27%. Такой широкий разброс прогнозных значений оборонных расходов создает значительную неопределенность при разработке плановых и программных документов. Требуется разработка и применение в целях более корректного прогноза финансовых возможностей государства в сфере обороны специальных методических приемов, сужающих разброс прогнозных оценок.

На величину ВВП, как и на объемы годовых ассигнований, выделяемых на оборону, оказывает влияние множество случайных факторов. Очевидно, что номенклатура факторов, величина и направление их воздействия меняются от года к году. Вместе с тем следует отметить, что в стохастических системах закономерность не может проявляться иначе как в массовости при взаимной компенсации индивидуальных отклонений в ту или иную сторону. В связи с этим с целью снижения влияния случайных факторов и смягчения проблемы установления количественной взаимосвязи и оценки влияния макроэкономических показателей на военный бюджет предлагается объединить индивидуальные годовые показатели в более объемные индивидуальные наблюдения. Так, в качестве индивидуальных

наблюдений предлагается рассматривать не годовые показатели ВВП и выделяемые на оборону ассигнования, а их суммарные объемы за несколько лет. При таком подходе произойдет частичная нивелировка случайных факторов, а их воздействие на такие суммарные показатели, безусловно, снизится по сравнению с влиянием на годовые показатели. Учитывая сложившуюся практику планирования, предлагается рассматривать пятилетние периоды. При этом отметим, что в методическом плане не принципиально в каком временном интервале рассматривать обобщенные (кумулятивные) показатели.

Результаты анализа указанных кумулятивных данных за пятилетние периоды представлены в варианте №2 таблицы 2. При незначительном изменении показателя  $\bar{d}$  по сравнению с первым вариантом среднее квадратическое отклонение доли военных расходов в ВВП сократилось существенно, что подтверждает эффективность такого приема в целях снижения диапазона прогнозных оценок выделяемых на оборону ассигнований и обуславливает привлекательность его практического применения.

В подтверждение этого тезиса на рисунке 1 отражены верхняя и нижняя границы доли расходов на национальную оборону в объеме ВВП для различных уровней доверительной вероятности, рассчитанные на основе индивидуальных наблюдений с 1998 года по настоящее время. Очевидно значительное (на ~30%) сокращение доверительного интервала доли расходов на национальную оборону в объеме ВВП при использовании в качестве индивидуальных наблюдений кумулятивных показателей.

С точки зрения уровня и стабильности оборонных расходов следует выделить два этапа: 1998-2010 гг. и с 2011 года по настоящее время (см. варианты 3 и 4 таблицы 2). Вторым этапом характеризуется более высоким уровнем военных расходов ( $\bar{d} = 3,3\%$ ) по сравнению с первым этапом, где среднее значение оборонных расходов составляло 2,67% от ВВП. При этом для текущего второго этапа среднее квадратическое отклонение доли расходов на оборону в ВВП составляет всего 0,16. Для сравнения напомним, что в первом варианте  $\sigma = 0,45$ .

В то же время первый этап (до 2010 г.) наряду с более низким уровнем характеризуется более стабильными расходами на национальную оборону, что подтверждается низким показателем  $\sigma$ . Среди причин такой динамики оборонных расходов следует отметить обострение в последнее время военно-политической обстановки.

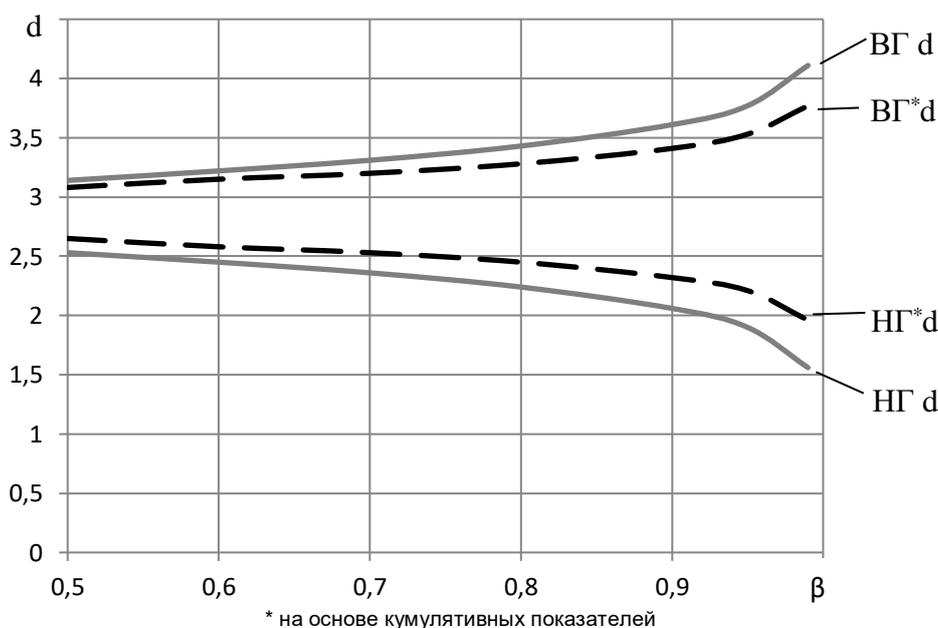


Рисунок 1 – Верхняя и нижняя границы доли расходов на национальную оборону, установленные на основе годовых и кумулятивных статистических данных

Для оценки влияния инфляционных процессов на основные статистические показатели нами были рассмотрены варианты, когда ВВП и ассигнования на оборону рассматривались не в текущих, а в единых (базовых) ценах. Установлено, что результаты статистического анализа не зависят от базового года, к которому приводятся экономические показатели. Более того, учет инфляционных процессов фактически не влияет и на результаты статистического анализа. Расхождение в основных статистических характеристиках  $\bar{d}$  и  $\sigma$  не превышает расчетных погрешностей.

Таким образом, анализ исходных статистических данных по ВВП, планируемых и фактически выделенных на национальную оборону ассигнований, проводимый в интересах оценки возможности государства по финансированию национальной обороны можно и целесообразно проводить в текущих ценах.

С учетом результатов проведенного статистического анализа верхнюю и нижнюю границы доли затрат на национальную оборону в объеме ВВП можно определить по формулам:

$$ВГ_{d_{НО/ВВП}} = 3,301 + 0,161 t_{\beta}, \quad (1)$$

$$НГ_{d_{НО/ВВП}} = 3,301 - 0,161 t_{\beta}, \quad (2)$$

где  $t_{\beta}$  – коэффициент Стьюдента, значения которого, исходя из объема выборочной совокупности, используемой в данной работе, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента Стьюдента

$\beta$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99
$t_{\beta}$	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	4,032

Результаты оценки граничных значений показателя  $d$  представлены на рисунке 2.

Прогноз объема ассигнований на национальную оборону при заданной доверительной вероятности может быть представлен следующим образом:

$$V_{НО} = \text{от } 0,01 V_{ВВП} НГ_d(\beta) \text{ до } 0,01 V_{ВВП} ВГ_d(\beta). \quad (3)$$

Верхняя и нижняя границы доли расходов на национальную оборону в объеме ВВП принимаются согласно рисунку 2 либо рассчитываются по зависимостям (1) и (2).

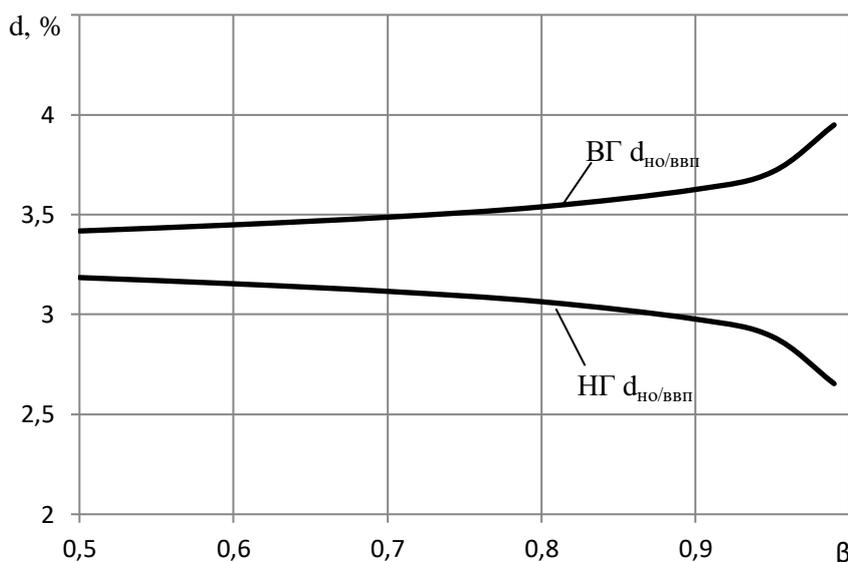


Рисунок 2 – Доверительный интервал доли затрат на национальную оборону в объеме ВВП

Предлагаемый подход к прогнозированию экономических возможностей государства по финансированию мероприятий национальной обороны на основе анализа статистических кумулятивных данных можно использовать только для оценки перманентных (установившихся) направлений расходов (элементов затрат) без учета влияния форс-мажорных обстоятельств. Изменения в уровне финансирования обороны вследствие таких непредсказуемых или трудно прогнозируемых событий необходимо оценивать отдельно. Так, в 2022 году расходы на национальную оборону выросли по данным ряда источников по сравнению с утвержденным объемом на ~1,2 трлн руб. Указанная разница – примерная стоимость специальной военной операции (СВО). Для прогнозирования таких дополнительных затрат, вызванных форс-мажорными обстоятельствами, может быть использован вследствие значительной неопределенности ограниченный круг специфических методов, характеризующихся, как правило, низкой достоверностью оценки.

Вопрос о том, при какой доверительной вероятности желательно рассчитывать возможности государства по ресурсному обеспечению оборонных потребностей выходит за рамки рассматриваемых в статье методических аспектов. В работе «Военно-экономический анализ»<sup>2</sup> считается, что в части экономических оценок достаточно принимать  $\beta = 0,7$ . Для указанной доверительной вероятности в таблице 4 приведены результаты прогноза финансирования оборонных расходов на 2025-2034 гг. Данные о ВВП приняты согласно Прогнозу социально-экономического развития РФ на период до 2036 года<sup>3</sup>. Отметим, что приведенный ниже прогноз ввиду несколько устаревшей информации по объемам ВВП носит в большей степени иллюстрационный характер и отражает практическую реализуемость изложенных положений. Здесь, в частности, не учтены дополнительные затраты, вызванные СВО.

Таблица 4 – Прогноз ассигнований, выделяемых на национальную оборону до 2034 года, млрд руб.

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	За 10 лет
НГ <sub>d</sub>	4904,3	5243,2	5598,2	5975,1	6352,6	6773,4	7242,3	7735,9	8272,0	8848,7	66946
ВГ <sub>d</sub>	5485,9	5865,0	6262,1	6683,7	7106,0	7576,7	8101,2	8653,4	9253,0	9898,1	74885

При разработке плановых и программных документов в большей степени необходимо ориентироваться на суммарные ассигнования за 5 и 10 лет. В годовом разрезе может быть допущена большая свобода в плане выхода за пределы установленных границ. В рассмотренном примере необходимо ориентироваться на то, что государство с вероятностью 0,85 не выделит за рассматриваемый десятилетний период времени на национальную оборону более 75 трлн руб. Указанный объем финансовых средств, необходимо рассматривать как лимит и при планировании мероприятий стремиться его не превышать.

При оценке возможностей государства по финансированию оборонных расходов желательно учитывать ошибку прогноза социально-экономического развития Российской Федерации. Ниже представлены результаты анализа ошибок официальных прогнозов ВВП в зависимости от прогнозного периода (рисунок 4). При этом под ошибкой прогноза ВВП понимается относительное отклонение его прогнозного значения от фактического, выраженное в процентах.

Ошибку прогноза ВВП можно определить по установленным нами зависимостям:

$$\delta_{\text{ВВП}} = 0,03T^3 - 0,57T^2 + 5,94T - 2,39 \quad (R^2 = 0,870), \quad (4)$$

либо

$$\delta_{\text{ВВП}} = 3,05T + 1,04 \quad (R^2 = 0,864), \quad (5)$$

где  $\delta_{\text{ВВП}}$  – ошибка прогноза (%);  $T$  – глубина прогноза (лет),  $R^2$  – коэффициент детерминации.

<sup>2</sup> Военно-экономический анализ: учебник / Под ред. С.Ф. Викулова. М.: Воениздат, 2001. – 350 с.

<sup>3</sup> Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года // Минэкономразвития России. – [https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya/prognoz\\_socialno\\_ekonomicheskogo\\_razvitiya\\_rossiyskoy\\_federacii\\_na\\_period\\_do\\_2036\\_goda.html](https://economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2036_goda.html)

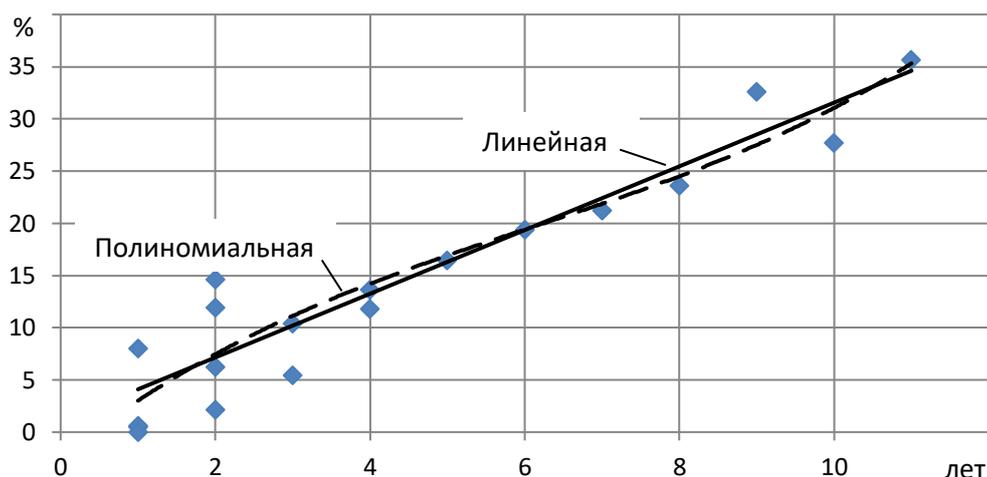


Рисунок 4 – Зависимость ошибки прогноза от глубины прогнозного периода

Таким образом, методические подходы к статистическому анализу финансирования национальной обороны, основанные на использовании не годовых, а кумулятивных данных за определенные периоды времени, можно, а по нашему мнению, и целесообразно использовать в качестве основы прогнозирования ассигнований государства на оборону, возможностей по финансированию программных и плановых мероприятий строительства ВС в целом, видов ВС и родов войск.

#### Список использованных источников

1. Арменский А.Е., Кочубей С.Е. Стратегическое предвидение (прогнозирование) и стратегическое планирование социально-экономического развития государства // Вестник науки и образования. 2019. №11-1(65). – С. 40-55.
2. Земсков В.В., Синявский Н.Г., Проскуряков С.А. Оценка рисков при финансировании расходов на оборону // Финансовая жизнь. 2020. №2. – С. 8-12.
3. Башашкина Г.Ю. Методология, методы и средства военно-научных исследований в области прогнозирования военных расходов // Управленческий учет. 2021. №12-4. – С. 881-891.
4. Башашкина Г.Ю. Применение методов статистического прогнозирования для расходов государства по разделу «Национальная оборона» // Экономика и управление: проблемы, решения. 2022. Т.1. №1(121). – С. 128-137.
5. Симонов П.М., Прудский М.В. Статистический анализ временных характеристик локальных конфликтов и военных расходов (на примере России и США) // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2017. Т.12. №1. – С. 78-90.
6. Буравлев А.И. Мониторинг военных расходов как инструмент обеспечения национальной безопасности государства // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2015: материалы Восьмой междунар. конф., г. Москва, 29 сентября - 1 октября 2015 г. М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова, 2015. – С. 216-231.
7. Рыжонков В.Н. Региональная безопасность: анализ военно-политической обстановки, оценка экономических возможностей государств и характеристика вооруженных сил // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. Т.8. №21(162). – С. 53-60.
8. Ческидов Б.М. Влияние военных расходов на развитие национальных экономик // Финансы. 2016. №11. – С. 42-47.
9. Лавринов Г.А. О влиянии военных расходов на развитие экономики страны // Военная мысль. 2007. №12. – С. 19-25.

УДК 338. 987

**В.И. БАБЕНКОВ**, доктор военных наук,  
профессор  
**А.Н. КАПТЮХ**, кандидат военных наук,  
профессор  
**В.В. ЧЕШИНА**, кандидат экономических наук

## **ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ СИЛОВЫХ МИНИСТЕРСТВ С КОМБИНАТАМИ РОСРЕЗЕРВА**

*В статье проведён военно-экономический анализ процессов взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением силовых министерств с комбинатами Росрезерва, установлено их содержание, основные закономерности, категории, понятия, принципы и методы взаимодействия. Разработана теоретическая модель взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением с комбинатами Росрезерва.*

**Ключевые слова:** военно-экономический анализ; отношения; процессы; взаимодействие; органы управления; материально-техническое обеспечение; силовые министерства; комбинаты Росрезерва.

В современных военно-политических и экономических условиях, характеризующихся обострением гибридной агрессии НАТО и расширением санкций против Российской Федерации со стороны большинства стран Запада и других государств, непрерывно возрастает необходимость обеспечения обороноспособности государства и наращивания боевого потенциала его военной организации в условиях ресурсных ограничений. Это требует глубокой проработки и дальнейшего развития теоретических основ военно-экономического анализа как базового инструментария военной экономики, военного строительства и обеспечения военно-экономической безопасности государства<sup>1</sup>.

Он выступает в качестве методологического фундамента целого комплекса наук, включающих такие основные блоки как:

межотраслевые: военные науки, экономические науки, менеджмент и т.п.;

отраслевые: военная экономика, экономика транспорта, материально-техническое обеспечение войск (сил) и др.

функциональные: экономико-математическое моделирование, прогнозирование, программно-целевое планирование и др.

Военно-экономический анализ является специфической научной дисциплиной, которая направлена на целостное рассмотрение военной и экономической сторон деятельности военной организации и предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) РФ, эффективности всестороннего обеспечения Вооружённых Сил, других войск, воинских формирований и органов, а также поддержания требуемого уровня их боеготовности и боеспособности в условиях ограниченных материальных и финансовых ресурсов [2-4].

Исходя из этого, экономические отношения и процессы взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением (МТО) силовых министерств с комбинатами Росрезерва можно рассматривать как составную часть военной экономики, а методологию военно-экономического анализа использовать для разрешения возникающих при этом проблем.

Содержание концепции взаимодействия органов управления МТО силовых министерств с комбинатами Росрезерва определяется совокупностью вопросов, которые ею исследуются. К основным из них относятся: закономерности взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва; содержание и объёмы задач в этих процессах; основные принципы их организации [5].

<sup>1</sup> См.: Указ Президента РФ от 02 июля 2021 г. №400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»; см. также [1-3].

Исследование закономерностей и принципов взаимодействия осуществляется на основе анализа прошлого, современного состояния и перспектив развития военного дела и экономики страны. Поскольку органы управления входят в состав системы МТО, которая является составной частью военной организации государства и ее связующим звеном с экономикой страны, то они служат для продолжения военно-экономических отношений и процессов, начатых в сфере производства. Поэтому военно-экономический анализ взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва развивается по закономерностям, которые лежат в основе теории и практики военного искусства и материально-технического (тылового) обеспечения войск (сил) силовых министерств.

Определение и обоснование возможных содержания и объемов задач органов управления МТО по взаимодействию с комбинатами Росрезерва осуществляются на основе научного прогноза требований к соответствующим органам (по составу, организационной структуре, способам функционирования и т.д.) на мирное и военное время, вероятных потребностей войск (сил) в материальных средствах, обоснования оптимальных ресурсов и вариантов их удовлетворения. При решении указанных задач важное значение имеет учет соответствующих оперативного-тыловых и социально-экономических факторов.

В результате изучения возможностей комбинатов Росрезерва для использования в интересах силовых министерств военно-экономический анализ в рамках своего предмета познания вырабатывает и обосновывает требования по созданию рациональных запасов материальных средств, подготовке материально-технической базы и транспортных коммуникаций, а также по организации процессов взаимодействия с органами управления МТО для устойчивого (своевременного и полного) удовлетворения потребностей войск (сил) [6; 7].

Принципы организации взаимодействия органов управления МТО по взаимодействию с комбинатами Росрезерва занимают одно из основных мест разработанной концепции и представляют собой глубокие научные обобщения теории и практики взаимодействия. К ним можно отнести: тесное взаимодействие в целях устойчивого обеспечения силовых структур государства материальными средствами; создание необходимых резервов для постоянного поддержания требуемого уровня боеспособности войск (сил).

Объектом военно-экономического анализа взаимодействия органов управления МТО силовых министерств с комбинатами Росрезерва является соответствующий процесс и составляющие его операции, особенности обеспечения силовых структур государства в особый период, организация и способы удовлетворения потребностей войск (сил) при выполнении боевых задач [8; 9].

При этом такой анализ выполняет определенные функции. Прежде всего, познавательную, так как он позволяет изучать и объяснять процессы и отношения, происходящие в сфере МТО силовых структур. Однако недостаточно просто констатировать наличие тех или иных отношений. Необходимо проникнуть в их суть, вскрыть закономерности и наметить пути использования в практической деятельности органов управления.

Поэтому вторая функция военно-экономического анализа – практическая (прагматическая), т.е. разработка способов рационального функционирования органами управления МТО, научное обоснование стратегии осуществления процессов взаимодействия с комбинатами Росрезерва для устойчивого обеспечения силовых структур государства в любых условиях.

Третья функция – прогнозно-прагматическая, предполагающая разработку и выявление научных прогнозов и перспектив развития взаимоотношений органов управления МТО силовых министерств с комбинатами Росрезерва. Предметом этой функции являются методы взаимодействия. В качестве инструментария используется математический аппарат, эконометрия, кибернетика, логистика. Результатом исследования – экономико-математические модели исследуемого процесса.

К основным методам военно-экономического анализа как способам достижения цели взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва относятся: системный и программно-целевой подходы, исследование операций, кибернетика и прогностика, моделирование и программирование [1-4; 9].

Важной задачей военно-экономического анализа является выявление и формулирование основных понятий и категорий, установление единой терминологии процесса взаимодействия. В настоящее время имеет место различное толкование некоторых понятий, используемых должностными лицами органов управления МТО и руководства комбинатов Росрезерва, что затрудняет их общение и взаимоотношения. Например, в практике Росрезерва широко используются термины: товарная единица, товарный ассортимент, товарная номенклатура и т.п. Должностные лица органов управления МТО пользуются своей терминологией, которая довольно специфическая и отличается от терминов, используемых в экономической среде. Поэтому при военно-экономическом анализе возникает необходимость их унификации, т.е. приведения к общему понятийному аппарату, который должен оперировать предельно ясными терминами и категориями. Он выступает в качестве механизма познания теории и практики исследуемого процесса [1; 2].

Следовательно, представляется целесообразным рассмотреть содержание основных терминов, которые должны в полной мере учитывать характер современных военно-экономических отношений. Речь идет о принципиально новом типе отношений должностных лиц органов управления МТО и представителей Росрезерва, особой форме их общения и взаимодействия. При этом в научный оборот вводится минимум новых понятий, которые раскрывают суть военно-экономического анализа исследуемых процессов: военно-экономические коммуникации; военно-экономические сети; институционализация; территориальная военно-экономическая система и т.д. (таблица 1).

Понятия (категории) военно-экономического анализа процессов взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва формируются в виде определений, кратко рассматривающих существо военно-экономических отношений. Кроме того, используя уже выработанные понятия и изучая их содержание, прослеживается какое выражение они получают в новых военно-экономических условиях, что немаловажно для практического применения должностными лицами органов управления МТО.

Таблица 1 – Отдельные категории военно-экономического анализа процессов взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва

Термины, понятия	Содержание терминов
Военно-экономические коммуникации	Коммуникации, возникающие в сфере экономического обеспечения силовых структур между органами управления МТО и комбинатами Росрезерва
Военно-экономическая сеть	Комплекс некоторого количества комбинатов Росрезерва, находящихся в постоянном взаимодействии друг с другом и связанных между собой различными отношениями на рынке товаров военного назначения
Связи	Объективные отношения между силовыми министерствами и Росрезервом, выражающиеся в регулярном обмене информацией и определяющие все иные виды взаимодействия между ними
Институционализация	Введение отношений между органами управления МТО силовых министерств и Росрезерва в законные рамки
Район комплексного тылового обеспечения	Территория, ограниченная определенными пунктами, рубежами, в пределах которой все дислоцирующиеся на ней войска независимо от их подчиненности, а также следующие транзитом через нее, обеспечивает всеми видами материальных средств общевойсковой номенклатуры через опорные базы и склады, подчиненные одному органу управления МТО
Территориальная военно-экономическая система	Организованная пространственная совокупность военных и экономических объектов, обладающих различными видами ресурсов, предназначенных для реализации целей МТО силовых структур государства

Данный понятийный аппарат позволяет выработать в дальнейшем соответствующую концепцию, с помощью которой можно выявить наиболее общие, типичные виды и способы взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва. Эти виды, охватывая все конкретные ситуации, позволяют выделить основные, существенно отличающиеся друг от друга способы, но имеющие определенную внутреннюю однородность процессов взаимодействия.

Первый вид взаимодействий – целевые распорядительные или перераспределительные отношения органов управления МТО и руководства комбинатов Росрезерва. Поведение и взаимодействие, в рамках этого вида отношений, направлены на выдачу и выполнение распоряжений для МТО силовых структур государства.

Вторым широко распространенным видом взаимодействий являются распределительные отношения. Конкретные пропорции обмена в этом случае определяются главным образом под влиянием спроса и предложения.

Третий вид взаимодействий можно условно назвать добровольной взаимопомощью. Примером могут служить обмен информацией, документами и т.п.

Таким образом, между органами управления МТО и комбинатами Росрезерва возникают различные отношения, которые связаны с движением потоков материальных, финансовых и информационных ресурсов. В процессе обмена такие отношения создают взаимозависимость между элементами военно-экономической сети, что служит основой модели взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва.

Предложенная модель состоит из четырех основных элементов: процесса взаимодействия; участников этого процесса; среды, в которой этот процесс происходит; атмосферы, которая оказывает влияние на процесс [5; 6].

Охарактеризуем основные элементы этой модели более подробно.

1. Процесс взаимодействия. Внутри этой группы существуют две группы.

Первая связана с единичными эпизодами, описывающими обмен информацией, деньгами, товарами и услугами. Другая подгруппа связана с долгосрочными отношениями и связанными с этим процессами адаптации (приспособление к отношениям) и институционализации.

2. Участники процесса взаимодействия. Это органы управления МТО силовых структур и комбинаты Росрезерва (поставщики материальных средств).

3. Среда. Взаимодействие не происходит в вакууме, оно должно рассматриваться как часть широкой среды, которая может быть описана с точки зрения ее структуры, динамизма и социально-экономической системы, то есть среда описывается состоянием отношений.

В понятие среды могут быть включены: военно-политическая и экономическая среда; научно-техническая среда (уровень развития техники и технологии, научных разработок); человеческий потенциал (кадры); наличие информационно-консультативной и образовательной инфраструктуры (целенаправленная подготовка специалистов, консультирование и др.); заданные параметры деятельности (показатели военно-экономической эффективности); нормативные требования (критерии) и ограничения; коммуникации.

4. Атмосфера. Она характеризуется силой зависимости между участниками процесса, состоянием, конфликтами, близостью участников или географической дистанцией. Взаимодействие создает определенную атмосферу между двумя субъектами и находится под ее влиянием. Либо это атмосфера доверия, либо недоверия и конфликта, либо зависимости одного от другого, то есть она характеризует определенное состояние отношений между двумя конкретными субъектами.

Среди процессов взаимодействия выделяются процессы адаптации и институционализации. Вступая в контакты, органы управления МТО и руководство комбинатов Росрезерва узнают друг друга ближе и для установления доверительных отношений, необходимых для дальнейшей деятельности, они вынуждены адаптироваться или приспособиться друг к другу. Высшей точкой развития процессов адаптации является институционализация. Этот процесс характеризуется достижением полной гармонии – полное доверие, доведенное до автоматизма. В этой связи достижение институционализации отношений возможно лишь в случае наличия долгосрочных отношений между органами управления МТО и руководством комбинатов Росрезерва.

Наличие тесных контактов и отработанных коммуникаций создают благоприятные условия для успешного развития их деятельности. Любые коммуникации, связи, отношения в процессе взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва несут в себе материальное (техническое) и социальное содержание. С одной стороны, отношения включают в себя обмен информацией и знаниями, материально-техническую деятельность, адаптацию к новым видам взаимодействия. С другой стороны, военно-экономические отношения представляют собой единство материального (военного, технического) и социального (доверие, уверенность, взаимопонимание) содержания, которое составляет их сущность. Отношения имеют определенную продолжительность. Наиболее важные из них могут быть долгосрочными.

Военно-экономические коммуникации строятся в течение длительного периода времени и выполняют определенные функции. Они служат каналами обмена информацией, обеспечивают надежную связь между Росрезервом и органами управления МТО силовых министерств. Единственный путь получить достоверную информацию друг о друге – установить эффективное взаимодействие. Установив коммуникации, органы управления МТО получают возможность усиления контроля за деятельностью комбинатов Росрезерва в части создания и содержания запасов материальных средств для конкретной силовой структуры.

Военно-экономический анализ процессов взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва включает несколько стадий, которые можно охарактеризовать четырьмя составляющими: совокупная дистанция между субъектами, неопределенность в выполнении обязательств, адаптация и опыт отношений (таблица 2) [5; 6].

Предшествующая стадия. Комбинаты Росрезерва назначены и органы управления МТО приступают к процессу переговоров. Еще одно название этой стадии – учреждение отношений.

Стадия развития. Отношения партнеров начинают функционировать. Происходит тесное общение и сближение сторон через обмен информацией, знаниями, опытом.

Финальная стадия. Отношения находятся в пике своего развития. Наступает полная и обширная институционализация. Отношения практически не требуют контроля за исполнением, абсолютное доверие и удовлетворение обеих сторон.

Таблица 2 – Стадии военно-экономического анализа процессов взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва

Стадия развития отношений	Опыт	Совокупная дистанция	Неопределенность в выполнении обязательств	Адаптация	
				Техническая	Человеческая
Предшествующая	Отсутствие опыта	Максимальная	Максимальная	Отсутствует	Отсутствует
Ранняя	Низкий	Высокая	Высокая	Минимальная	Минимальная
Развития	Возрастает	Снижается	Снижается	Повышается	Повышается
Долгосрочная	Высокий	Минимальная	Низкая, минимальное развитие	Высокая	Высокая
Финальная	Максимальный	Практически ликвидирована	Минимальная, обширная институционализация	Максимальная, экономия затрат за счет выбора рационального способа взаимодействия	Максимальная, экономия затрат за счет институционализации

Опыт в отношениях возрастает пропорционально времени взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва. Дистанция снижается с увеличением опыта. Неопределенность в выполнении обязательств максимальна на предшествующей стадии отношений. Очевидно, что при отсутствии опыта сотрудничества и неопределенность будет максимальной. С увеличением опыта неопределенность снижается и на долгосрочной стадии максимальное развитие получает институционализация. Институционализация – это введение отношений в законные рамки. Это означает, что на долгосрочной стадии развития отношений, они практически не требуют контроля и работают как бы сами по себе, так как коммуникации основаны на долголетнем опыте. На финальной стадии наступает институционализация, которая дает экономию затрат на техническую и человеческую адаптацию за счет выбора рационального способа взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва [10].

Таким образом, военно-экономический анализ процессов взаимодействия органов управления МТО с комбинатами Росрезерва включает отношения по адаптации способов их функционирования к потребностям силовых министерств и выбор рациональных вариантов, которые могут снизить общие затраты материального обеспечения (закупка, транспортировка, хранение материальных средств) войск (сил) при гарантированном поддержании требуемого уровня их боеспособности<sup>2</sup>. Следовательно, он служит для повышения военно-экономической эффективности системы МТО силовых структур государства.

#### Список использованных источников

1. Буравлев А.И., Буренок В.М. Методические основы обоснования количественных параметров вооруженных сил по критерию «эффективность-стоимость» // Вооружение и экономика. 2014. №4(29). – С. 73-92.
2. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: история, методология, проблемы // Вооружение и экономика. 2012. №4(20). – С. 86-97.
3. Викулов С. Ф., Хрусталёв Е. Ю. Военная экономика России: научная дисциплина и отрасль производства // Мировая экономика и международные отношения. 2009. №7. – С. 56-63.
4. Военная экономика в XXI веке: серия монографий в 7 кн. Изд. 3-е, доп. Кн.5: Военно-экономический анализ в системе программно-целевого управления военным строительством / Под общ. ред. С.Ф. Викулова. М.: 46 ЦНИИ, АПВЭиФ, Канцлер, 2022. – 184 с.
5. Военная экономика в XXI веке: серия монографий в 7 кн. Изд. 2-е, доп. Кн.6: Современные военно-экономические проблемы материально-технического обеспечения войск (сил) и методологические основы их разрешения. М., СПб.: 46 ЦНИИ, ВА МТО, 2022. – 299 с.
6. Еремин А.М. О системе экономических наук. М.: Знание, 1968. – 47 с.
7. Целыковских А.А., Бабенков А.В. Военно-экономический анализ системы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2018. №3(47). – С. 9-12.
8. Коновалов В.Б., Бабенков А.В., Гурьянов А.В., Расчетно-аналитическая модель обоснования параметров целевых логистических систем // Вооружение и экономика. 2021. №1(55). – С. 171-179.
9. Бабенков В.И., Бабенков А.В., Бузанов А.В. Математическая модель управления запасами материальных средств группировки войск (сил) территориальной обороны // Известия РАН. 2020. №3(113). – С. 55-58.
10. Топоров А.В., Бабенков В.И., Борщевская И.Ю. Обоснование интегрированного подхода к определению морфологии организации в системе материально-технического обеспечения войск // Вооружение и экономика. 2020. №1(51). – С. 44-48.

<sup>2</sup> Топоров А.В., Бабенков В.И. Методологические основы военно-экономической эффективности интегрированной системы материально-технического обеспечения // Известия РАН. 2017. №4(99). – С. 13-21.

УДК 355/359

**А.В. ЛЕОНОВ**, доктор экономических наук,  
профессор  
**А.Ю.ПРОНИН**, кандидат технических наук,  
доцент

## МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВООРУЖЕНИЯ

*На основе анализа общей модели развития технологий, учитывающей этапы создания научно-технического задела для перспективного вооружения, представлены методы обоснования оптимального перехода к новой технологии, основанные на оценке эффективности: новой технологии; существующей и новой технологии; совместного использования этих технологий. Предложен алгоритм выбора методов и направления их практического использования.*

**Ключевые слова:** технология; научно-технический задел; военно-экономическая оценка; метод оценки технологий; перспективное вооружение.

### Введение

Много веков тому назад была высказана мысль об искусстве делать надлежащий выбор из множества возможных вариантов, содержащихся в настоящем: «акты нашего выбора не определяются нашим характером, а наоборот, их последовательность делает нас теми, кем мы являемся» [1]. Эта глубокая мысль имеет важнейшее значение для современного этапа инновационно-технологического развития отечественной системы вооружения, особенно при обосновании перехода от существующих технологий к новым технологиям. Актуализация данной проблемы в современных геополитических и экономических условиях обусловлена объективным наличием следующего противоречия. С одной стороны, недостаточная осмотрительность и запаздывание в решении ключевого вопроса отбора новых (и особенно принципиально новых) технологий для внедрения в перспективные образцы вооружения чревата очень негативными последствиями для обороны страны и безопасности государства. Однако, с другой стороны, создание перспективного вооружения – это весьма сложный, затратный и длительный во времени процесс, предполагающий использование новых физико-технических принципов и эффектов либо применение уникальных производственных процессов и технологий для создания перспективного вооружения. Создание перспективного вооружения (например, основанного на технологиях искусственного интеллекта, гиперзвуковых, лазерных, информационных и других новых технологиях) имеет существенные отличительные особенности по сравнению с созданием традиционных видов вооружения, построенных на уже известных принципах и уже достаточно хорошо отработанных технологиях. Целесообразность разработки того или иного перспективного образца вооружения должна тесно увязываться с возможностями по созданию научно-технического задела (НТЗ) на основе выполнения взаимоувязанных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию перспективных технологий. Только при наличии достаточно зрелого НТЗ могут быть установлены оптимальные параметры конструктивно-технологической схемы, обеспечивающей требуемые заказчиком тактико-технические характеристики перспективного образца в разрабатываемой или модернизируемой совокупности унифицированных образцов. Данная задача решается на этапах технологического проектирования перспективного (в том числе нетрадиционного) вооружения [2-4].

В этой связи одной из важнейших задач в создании перспективного вооружения является определение оптимального момента перехода от существующей технологии к новой технологии. Анализ развития военных и промышленных технологий [2; 5] показал, что при разработке новых технологий необходимо учитывать множество факторов неопределенности (риска). При этом неопределенности в общем случае могут быть как внешними

(например, связанные с секторальными санкциями со стороны США и стран Евросоюза), так и внутренними (научно-техническими, финансово-экономическими и производственно-технологическими возможностями промышленных предприятий по созданию перспективного вооружения). К числу внутренних также следует отнести факторы риска, связанные с самим процессом и временем разработки новых технологий, а также уровнем развития методов их оценки. Именно наличие данных факторов обуславливает необходимость оптимизации процесса перехода к новым технологиям. С учетом множества факторов, влияющих на процессы создания перспективного вооружения, задача установления оптимального перехода к новым технологиям стала весьма актуальной, требующей неотложного решения.

В этой связи далее обобщены и классифицированы методы обоснования оптимального перехода к новой технологии, предложен алгоритм выбора методов и направления их практического использования. При этом авторы опирались на общую модель развития технологий, учитывающую этапы создания научно-технического задела для перспективного вооружения, и современные методы оценки новых технологий [2; 3; 5].

### Общая модель развития технологий

Общая модель развития технологий на примере совместного планирования создания и использования существующих, разрабатываемых и перспективных изделий высокотехнологичной продукции (ВТП) представлена на рисунке 1.

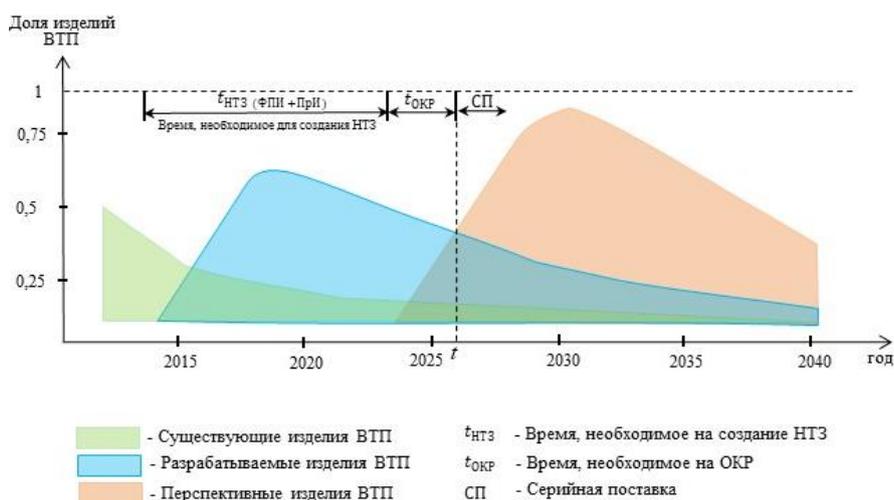


Рисунок 1 – Общая модель развития технологий

На рисунке 1 отображена следующая информация:  
 необходимые временные интервалы: для создания НТЗ, в том числе на проведение фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований (ФППИ) и прикладных исследований (При); на проведение опытно-конструкторских работ (ОКР); на серийные поставки (СП);  
 доля изделий ВТП на основе существующих, разрабатываемых и перспективных технологий;

момент остановки (время  $t$ ) процесса совершенствования (модернизации) существующей технологии и перехода к разработке новой технологии.

При этом предполагается, что существующие изделия ВТП базируются на уже достаточно хорошо отработанных технологиях, нашедших практическое применение при создании промышленной продукции (традиционные технологии). Разрабатываемые изделия ВТП также будут основаны на традиционных технологиях. В основу создания перспективных изделий ВТП предполагается внедрить принципиально новые технологии.

Отметим роль научно-технического задела в обосновании возможности и целесообразности перехода к новым технологиям при создании перспективного вооружения. Под научно-техническим заделом понимается совокупность полученных на определенный момент времени результатов фундаментальных, прогнозных, поисковых и прикладных исследований и разработок, представленных в следующих формах [2]:

- научных знаний о явлениях, физико-химических эффектах, законах и закономерностях, имеющих оборонное значение;
- технологий военного и двойного назначения;
- материалов и веществ, элементной базы и составных частей разрабатываемых образцов вооружения;
- алгоритмов и программ для ЭВМ;
- лабораторного, технологического, производственного и испытательного оборудования;
- экспериментальных и макетных образцов вооружения;
- аванпроектов, ТТЗ на НИР и ОКР;
- концептуальных, нормативно-технических, методических и других документов.

Процесс создания НТЗ в интересах проведения опытно-конструкторских работ включает в себя этапы формирования научного, научно-технологического и производственно-технологического заделов. При этом «задельная» фаза поглощает примерно 10% от общих затрат бюджетных средств на создание перспективного вооружения. Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует, что создание перспективного вооружения с незрелым НТЗ приводит к увеличению (по сравнению с первоначальной оценкой) сроков его создания в среднем в 1,9 раза, повышению стоимости разработки – в среднем на 40%, повышению стоимости закупки финальных образцов – на 20% [2; 5].

Именно на этапах создания НТЗ решается задача обоснования оптимального перехода к новым технологиям, которая заключается в разрешении следующего противоречия: либо создавать новые технологии для их внедрения в перспективные образцы вооружения, либо дальше совершенствовать (модернизировать) существующие технологии.

Представленная на рисунке 1 модель положена в основу обоснования оптимального перехода к новым технологиям на основе использования современных методов оценки технологий.

### Современные методы оценки технологий

В рамках данной статьи рассмотрены следующие методы: классический метод военно-экономической оценки; методы сравнительной оценки эффективности существующих и новых технологий; метод сравнительной оценки вариантов совместного использования существующих и новых технологий.

Рассмотрим основное содержание данных методов.

#### *Классический метод военно-экономической оценки*

Классический метод основан на совместном использовании следующей триады критериев: эффективность ( $W$ ), затраты ( $C$ ), время ( $T$ )<sup>1</sup>. В данном случае приняты следующие обозначения:  $W$  – эффективность новой технологии;  $C$  – затраты ресурсов на разработку новой технологии (вследствие того, что разработка новой технологии требует расхода разнородных ресурсов, наиболее часто этот показатель имеет стоимостную форму);  $T$  – время разработки новой технологии.

Задача оценки новых технологий состоит в формировании различных вариантов достижения поставленной цели с использованием новых технологий, всестороннем их анализе и нахождении наиболее предпочтительного варианта. В зависимости от характера решаемой задачи оценки новых технологий один из перечисленных выше критериев обычно выбирается главным, а два других выступают в качестве ограничений.

<sup>1</sup> Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: ВУ, 2015. – 340 с.

Применительно к задаче оценки целесообразности разработки новой технологии классическими являются следующие три формулировки (постановки):

$$W \rightarrow \max \text{ при } C \leq C_{\text{выд}}, T \leq T_{\text{зад}}. \quad (1)$$

$$C \rightarrow \min \text{ при } W \geq W_{\text{треб}}, T \leq T_{\text{зад}}. \quad (2)$$

$$T \rightarrow \min \text{ при } W \geq W_{\text{треб}}, C \leq C_{\text{выд}}. \quad (3)$$

Если требуется разработать новую технологию в заданное время  $T_{\text{зад}}$  с максимально возможным уровнем эффективности  $W$  и при этом уложиться с расходом ресурсов  $C$  в объем, не превышающий заданный уровень ( $C_{\text{выд}}$ ), то формулировка задачи будет иметь вид согласно выражению (1).

Вторая формулировка задачи (2) имеет место в случае, когда время на разработку новой технологии задается ( $T_{\text{зад}}$ ) и требуется достичь уровня эффективности не ниже требуемого ( $W_{\text{треб}}$ ) при минимальном расходе ресурсов  $C$ .

Третья формулировка задачи (3) направлена на минимизацию времени  $T$  разработки новой технологии, когда задан уровень ее эффективности  $W$  и известно ограничение по ресурсам  $C_{\text{выд}}$ .

В обобщенном виде возможные варианты постановки задачи военно-экономической оценки новых технологий приведены в таблице 1.

В качестве примера на рисунке 2 показан алгоритм военно-экономической оценки новых технологий (для 1 и 2 варианта постановки задачи).

Таблица 1 – Возможные варианты постановки задачи военно-экономической оценки новых технологий

Постановка задачи	Эффективность новой технологии, $W$	Затраты на разработку новой технологии, $C$	Время разработки новой технологии, $T$
1	$W \rightarrow \max$	$C \leq C_{\text{выд}}$	$T \leq T_{\text{зад}}$
2	$W \geq W_{\text{треб}}$	$C \rightarrow \min$	$T \leq T_{\text{зад}}$
3	$W \geq W_{\text{треб}}$	$C \leq C_{\text{выд}}$	$T \rightarrow \min$

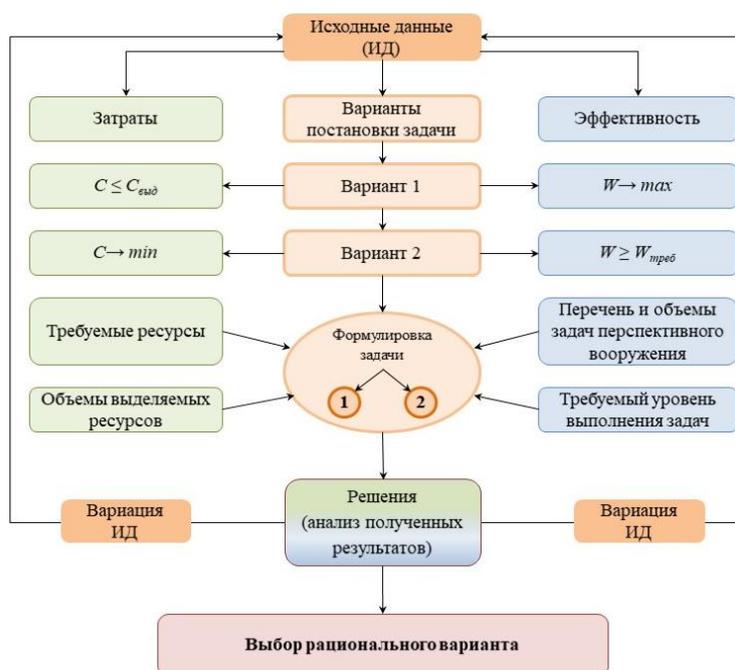


Рисунок 2 – Алгоритм военно-экономической оценки новых технологий

Основными исходными данными (ИД) являются:  
 вектор показателей, характеризующих содержание задач, для решения которых предназначено перспективное вооружение с использованием новых технологий (перечень, объемы, сроки, требуемая эффективность выполнения и необходимые для этого ресурсы);  
 состояние разработки образца перспективного вооружения на начало программного периода;  
 состояние и перспективы развития новых технологий за рубежом;  
 методы и модели оценки эффективности решения задач перспективным вооружением с использованием новых технологий;  
 прогнозируемые объемы затрат на разработку новых технологий.

Основные этапы военно-экономической оценки новых технологий:  
 подготовка исходных данных;  
 выбор варианта постановки задачи (1 или 2);  
 формулировка отдельных условий задачи в соответствии с выбранным вариантом постановки;  
 решение задачи и анализ полученных результатов;  
 вариация исходных данных в соответствии с вариантами расчетов;  
 выбор рационального варианта новой технологии;  
 обобщение полученных результатов.

Методы военно-экономической оценки в настоящее время широко используются при обосновании создания перспективного вооружения на основе новых технологий, в том числе нетрадиционных видов вооружения [2].

### Методы сравнительной оценки существующих и новых технологий

Данные методы основаны на учете факторов неопределенности при разработке новых технологий и, прежде всего, параметров, определяющих их эффективность, и времени поступления информации о ходе разработки.

Для формулирования задачи обоснования оптимального перехода к новым технологиям с учетом данных факторов воспользуемся общей моделью развития технологий (см. рисунок 1). Кроме того, примем следующие допущения: существующие образцы вооружения базируются на традиционных технологиях, то есть достаточно хорошо отработанных и нашедших практическое применение при создании традиционного вооружения; разрабатываемые образцы вооружения будут базироваться на новых, в том числе принципиально новых, технологиях.

С учетом упомянутых выше факторов неопределенности и принятых допущений задача обоснования оптимального перехода к новым технологиям на вербальном уровне может быть сформулирована следующим образом [6].

Новая технология возникает как результат научно-технического прогресса, поэтому ее эффективность  $W^H$  априори точно неизвестна, а может быть оценена лишь приближенно. Причем по сравнению с эффективностью традиционной технологии  $W^T$  отклонения  $\Delta W$  могут быть как положительными, так и отрицательными, то есть:

$$\Delta W = W^H - W^T > 0, \quad (4)$$

или

$$\Delta W = W^H - W^T < 0.$$

Научно-исследовательские разработки новой технологии дают время от времени, информацию уточняющую первоначальную оценку. В этом случае оценка эффективности новой технологии может быть задана в форме вероятностного распределения возможных значений эффективности  $W^H$  новой технологии на некотором конечном интервале неопределенности, который с каждым актом уточнения сужается. При этом новый интервал остается внутри прежнего, а его длина в пределе, если процесс уточнения эффективности новой технологии о ходе ее разработки будет продолжаться длительное время, стремиться к нулю. В этом случае суть задачи оптимизации процесса перехода к новым технологиям будет состоять в уточнении информации об эффективности новой технологии.

Для решения сформулированной задачи может быть использован метод последовательного анализа А.Вальда [7]. К настоящему времени этот метод получил более общую формулировку – теория статистических решений, в рамках которой используется современный арсенал методов оптимизации, изложенных, например, в работах [6; 8].

В классифицированном виде методы оптимизации перехода к новым технологиям представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Классификация методов оптимизации перехода к новым технологиям

Анализ существующих методов оптимизации показал следующие результаты.

1. По учету фактора неопределенности, которая может быть как внешней, так и внутренней, существующие методы оптимизации можно подразделить на две принципиально различные группы: статистические и динамические.

Первая, статистическая группа методов, исходит из предположения, что неопределенность есть нечто данное (неизменное) и описывается интервалами, в которых находятся истинные значения параметров новой технологии (внутренняя неопределенность). Основная проблема при этом сводится к обработке не точечных, а интервальных данных. К методам этой группы относятся: интервальный анализ, теория нечетких множеств, а также оптимизационные методы, основанные на статистическом представлении неопределенности с критериями того или иного вида (например, минимаксный критерий, критерий Гурвица, Лапласа и др.).

Вторая, динамическая группа методов, основана на многошаговом процессе, учитывающем на каждом шаге поступающую с течением времени информацию о ходе разработки новой технологии. При этом динамические методы (в частности, метод динамического программирования), учитывая внешние факторы неопределенности, все же не позволяют учитывать неопределенность внутренних параметров, на что способны статистические методы. Таким образом, возникает разрыв, при котором динамические методы учитывают только внешнюю неопределенность, а статистические методы – только внутреннюю неопределенность. Некоторой попыткой преодоления данного противоречия с использованием динамических методов явилось применение многоэтапного подхода. Согласно этому подходу информация о параметрах второго этапа разрабатываемой технологии (заданная вероятностным распределением) учитывается при выборе оптимального решения на первом этапе, информация о параметрах третьего этапа учитывается при выборе оптимального решения на втором этапе и так далее. При формализации такого подхода к уточнению внутренних параметров исходят из того, что поступление уточняющей информации представляет собой экзогенно заданный случайный процесс сужения интервала неопределенности. Таким образом, отмеченный выше разрыв ликвидируется, а метод динамического программирования становится применимым для учета внутренней неопределенности при разработке новой технологии.

Пример практической реализации данных методов на основе эволюционно-технологического подхода к созданию перспективного вооружения на этапах формирования НТЗ приведен в работе [2], а применительно к нетрадиционным видам вооружения – в работе [4].

2. С учетом фактора времени поступления информации о ходе разработки новой технологии решение сформулированной выше задачи может быть получено для трех случаев: для дискретного времени, непрерывного времени, отсутствия временного режима поступления информации.

В рамках упомянутого выше метода последовательного анализа А.Вальда, задача оптимального перехода к новым технологиям относится к задаче типа «оптимальной остановки марковской цепи» [6]. В общем, постановочном, плане данная задача для всех случаев поступления информации о ходе разработки новой технологии формулируется следующим образом.

В первом случае поступление информации о состоянии разработки новой технологии происходит регулярно через определенный интервал (дискретный промежуток) времени, который принимается за временную единицу. В этом случае задается марковская цепь случайных переходов на фазовом пространстве. Под фазовым пространством понимается пространство, в котором каждая точка (фазовая точка) соответствует состоянию разработки новой технологии, которое определяется набором ее параметров  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , так что  $W^H = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . При этом  $W^H$  может быть одним из важнейших физико-технических параметров, определяющих эффективность новой технологии. В каждый целочисленный момент времени, лицо, принимающее решение (ЛПР), может либо остановить процесс разработки новой технологии, либо его продолжить (множество управлений  $U$ ). В этом случае, с учетом затрат на НИОКР по разработке новой технологии, возникает задача оптимальной остановки процесса совершенствования существующей технологии и принятия окончательного решения – переходить на новую технологию или отказаться от нее, сохранив существующую технологию. Требуется найти оптимальную булевскую стратегию (то есть принимающую только два значения «остановить» или «продолжить»), максимизирующую ожидаемый военно-экономический эффект. При этом множество управлений  $U$  – булевское, и оба его значения допустимы.

Во втором случае (в моделях с непрерывным временем) наиболее подходящим способом формализации процесса разработки новой технологии является описание его как пуассоновского потока определенной интенсивности. Если принять допущение, что информация поступает в случайные моменты времени с интенсивностью (например, если для определенности за единицу времени принять 1 год, то  $\lambda = \frac{1}{\text{год}}$ ), тогда информационные акты и, соответственно, переходы марковской цепи образуют пуассоновский поток постоянной интенсивности. Отличительным свойством пуассоновского (и только пуассоновского) потока является то, что вероятностное распределение времени ожидания очередного информационного акта не зависит от того, сколько времени это ожидание уже длится и, следовательно, сохраняется в течение всего периода ожидания. Тогда решение задачи оптимизации процесса перехода к новой технологии возможно на основе использования принципа оптимальности Беллмана. При этом решение может быть сведено (при бесконечно малом интервале времени) к ранее рассмотренному случаю с дискретным временем поступления информации.

Третий случай распространяется на ситуацию, когда решение исходной задачи не связано с временным режимом поступления информации о ходе разработки новой технологии, а касается только самого марковского процесса случайных переходов на фазовом пространстве. Для описания данного процесса принимаются следующие допущения. Оценка параметра  $W^H$  (который в общем случае может быть многомерным, векторным) задается в виде плотности распределения вероятностей возможных его значений, которая представляет точку в фазовом пространстве, а фазовые переходы представляют собой процесс уточнения этого распределения. Научные исследования по разработке новой технологии целенаправленно организованы, и они дают с течением времени новую случайную информацию, результатом чего становится фазовый переход из одного состояния в другое. Так возникает случайный процесс в фазовом пространстве. Поскольку проводимые исследования по разработке новой технологии имеют целенаправленный характер и потенциально могут быть

подкреплены достаточным финансированием, то можно ожидать, что этот случайный процесс будет ориентирован в сторону улучшения параметра  $W^H$ . В то же время проводятся исследования, которые, по сути, являются пионерскими и будут направлены на разработку технологий, основанных на принципиально новых физико-технических принципах и эффектах. В этом случае может оказаться, что, несмотря на все усилия, проводимые исследования не только не улучшат значение параметра  $W^H$ , но конечный результат может оказаться вообще отрицательным. Кроме того, может быть так, что исследования по разработке новой технологии приведут не к улучшению, а лишь к уточнению параметра  $W^H$ . Такой взгляд соответствует представлению о характере новой технологии, полагающему, что оцениваемый параметр есть внутренняя характеристика, присущая изучаемому физическому явлению как таковому. При этом повышенное финансирование исследований может привести лишь к ускорению процесса исследования новой технологии, но не может придать этому процессу какую-либо временную направленность. Именно такая ситуация характерна для третьего случая – отсутствия временного режима поступления информации о процессе разработки новой технологии.

Таким образом, выше в вербальном постановочном плане рассмотрены возможные методы оптимизации процесса перехода от существующих технологий к новым технологиям в условиях неопределенности для различных случаев поступления информации о ходе разработки новой технологии. При этом установлено, что «уточнение параметров новой технологии» тоже есть процесс, но уже процесс познания внутреннего содержания новой технологии, изначально понимаемой как «вещи в себе». Данное положение является дополнительным, но необходимым условием применения рассмотренных выше методов оптимизации.

### **Метод сравнительной оценки вариантов совместного использования существующих и новых технологий**

Данный метод применяется в том случае, когда рассматривается совместное планирование создания и использование традиционных (существующих) и разрабатываемых новых технологий в перспективных образцах вооружения (см. рисунок 1). В этом случае алгоритм обоснования оптимального перехода к новым технологиям включает в себя следующие основные этапы [4].

*Этап 1.* Формирование исходных данных, в том числе множества функциональных задач  $I$  ( $i = 1, \dots, I$ ), для решения которых могут быть использованы традиционные и новые технологии.

*Этап 2.* Оценка эффективности  $W_i^T$  и затрат  $C_i^T$  на решение  $i$ -й задачи ( $\forall i = \overline{1, I}$ ) с использованием традиционных технологий.

*Этап 3.* Оценка эффективности  $W_i^{TH}$  и затрат  $C_i^{TH}$  на решение  $i$ -й задачи ( $\forall i = \overline{1, I}$ ) при совместном использовании традиционных и новых технологий.

*Этап 4.* Формирование области (множества) парето-оптимальных (недоминируемых) вариантов совместного применения традиционных и новых технологий. В данной области должно обеспечиваться:

а) приращение эффективности  $\Delta W_i$  ( $\Delta W_i = W_i^{TH} - W_i^T$ ) решения  $i$ -й задачи при совместном применении традиционных и новых технологий по сравнению с эффективностью  $W_i^T$  решения этой задачи с использованием только традиционных технологий;

б) снижение затрат  $\Delta C_i$  ( $\Delta C_i = C_i^T - C_i^{TH}$ ) на решение  $i$ -й задачи при совместном применении традиционных и новых технологий по сравнению с затратами  $C_i^T$  на ее решение только с использованием традиционных технологий.

Возникновение многовариантности на данном этапе обусловлено многими причинами, в том числе необходимостью анализа значительного числа возможных вариантов реализации отдельных функционально-технологических блоков (ФТБ) для достижения требуемого уровня основных характеристик перспективного образца вооружения с учетом возможности совместного использования новых и традиционных технологий. Для проведения подобного многовариантного анализа необходимо иметь следующую оперативную информацию:

на каком уровне готовности находятся технологии, положенные в основу создания перспективного образца;

какие задачи должны решаться перспективным образцом на плановом отрезке времени;

способен ли существующий образец вооружения решать аналогичные задачи;

каковы должны быть характеристики перспективного образца для решения поставленных задач с минимальными затратами на реализацию его жизненного цикла и каким образом их можно достичь: модернизацией существующего образца или разработкой образцов нового поколения.

Указанная информация позволяет рассмотреть различные варианты как разработки перспективного образца, так и модернизации существующего образца вооружения. Необходимость многовариантных оценок в данном случае обусловлена рядом обстоятельств и, прежде всего, практической потребностью проведения военно-экономических исследований при минимальном, как правило, объеме исходных данных. В этих условиях еще не обоснованы значения характеристик перспективного образца, но достоверно известно, что будет осуществляться его разработка с улучшенными характеристиками, в том числе за счет совместного использования новых и традиционных технологий. В результате этого планируется реализовать в перспективном образце либо всю возможную совокупность новых научно-технических решений (научно-технический задел), либо часть из них. Такое положение имеет место при разработке долгосрочных планов создания перспективного вооружения, а также в том случае, когда при разработке долгосрочных плановых документов не предъявляются жестких требований к значениям характеристик перспективного образца, а известны только диапазоны их возможных значений. Таким образом, основой создания перспективного вооружения является технологическое проектирование, в ходе которого обосновывается рациональная совокупность ФТБ, обеспечивающих требуемые уровни характеристик перспективного образца [3; 4].

На этапах технологического проектирования на основе конструктивного анализа перспективного образца формируется множество альтернатив технических решений, которые дают основание для постановки задачи синтеза конструктивно-технологической схемы перспективного образца. Данная задача заключается во внедрении, сбалансировании и синергетическом объединении (компоновке) различных по назначению ФТБ (в том числе подсистем, узлов, элементов) в единую конструктивно-технологическую схему – единую конструкцию перспективного образца. Суть этой задачи состоит в отыскании таких вариантов объединений (интеграции) элементов при условии их существования в заданных ограничениях (например, по массе, габаритным размерам, энергопотреблению и др.), при которых обеспечивается некоторый заданный уровень критерия. Процедура технологического проектирования содержит в качестве неизвестных параметров типы и число ФТБ, уровень их технологической проработки, синергетические связи между ними для достижения требуемых значений характеристик перспективного образца. В сложившейся практике технологического проектирования необходимые ФТБ выбираются двумя способами: либо из множества существующих, то есть уже достаточно хорошо апробированных и используемых в конструктивно-технологических схемах других видов вооружения; 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 конструктивный облик перспективного образца. Обычно эти технологии являются объектом формирующейся научно-технологической базы (НТБ).

Таким образом, необходимость формирования области (множества) парето-оптимальных (недоминируемых) вариантов совместного применения традиционных и новых технологий возникает уже на этапах технологического проектирования перспективного образца вооружения.

Сужение области парето-оптимальных (недоминируемых) вариантов совместного применения традиционных и новых технологий возможно с использованием системы дополнительных критериев, в том числе требуемой эффективности ( $W_{i \text{ треб}}$ ) решения  $i$ -й задачи, заданных (выделенных) затратах ( $C_{i \text{ зад}}$ ) на решение этой задачи, реализуемости вариантов и т.д.

Этап 5. Выбор рациональных вариантов совместного применения традиционных и новых технологий, обеспечивающих  $\Delta W_i(\Delta C_i) \rightarrow \max$  качестве примера на рисунке 4 показано графическое отображение области рациональных вариантов совместного применения традиционных и новых технологий для гипотетической априори известной зависимости роста эффективности традиционных и новых технологий от затрат, выделяемых на их создание.

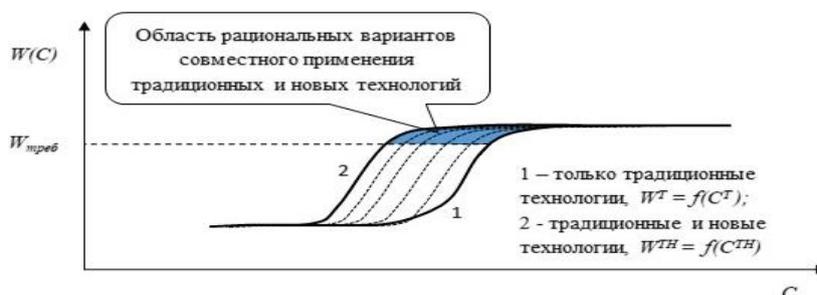


Рисунок 4 – Графическое отображение области рациональных вариантов совместного применения традиционных и новых технологий

Таким образом, обоснование оптимального перехода к новым технологиям на основе сравнительной оценки вариантов совместного использования существующих и новых технологий является многоэтапной, многовариантной и многокритериальной задачей.

В качестве примера, иллюстрирующего представленный выше метод, приведем общую постановку задачи определения оптимального времени перехода от существующей технологии к новой технологии в течение программного периода. Для наиболее полного и корректного учета полных затрат, а также обеспечения сопоставимости оценок затрат для различных вариантов перехода к новой технологии в течение программного периода должны быть приняты следующие условия и допущения:

оценка проводится для конкретного типа перспективных образцов, их фиксированного состава и условий выполнения ими некоторой задачи по своему функциональному назначению (функциональной задачи);

оценка проводится из условия соблюдения тождества эффективности, то есть достижения одинаковой фиксированной (или требуемой) эффективности выполнения функциональной задачи за счет применения в составе перспективных образцов как существующей технологии, так и новой технологии;

затраты на создание и применение перспективных образцов одинаковы для различных вариантов перехода от существующей технологии к новой технологии;

при определении полных затрат и предпочтительного варианта перехода рассматривается весь программный период времени  $[t_o, T_k]$  (где  $t_o$  – начало первого года,  $t_1$  – начало второго года, ...,  $T_k$  – последний год рассматриваемого программного периода, а  $t_p$  – момент перехода к новой технологии, находящийся в интервале  $t_o \leq t_p \leq T_k$ ). При этом полные затраты подразделяются на две группы:

затраты на применение перспективных образцов, основанных на существующих технологиях (период времени  $t = [t_o, t_{p-1}]$ );

затраты на внедрение новой технологии в некоторые перспективные образцы и их совместное применение с остальными образцами из первой группы (период времени  $t = [t_p, T_k]$ ).

Учитывая, что значения полных затрат будут неодинаковы для разных моментов времени  $t_p$  в программном периоде, что связано с различной продолжительностью применения перспективных образцов на основе существующих технологий, то задача определения оптимального времени  $t_p^*$  формулируется следующим образом. Требуется определить такой оптимальный момент времени  $t_p^*$ , при котором значение полных затрат  $C(t)$  будет

минимальным при условии обеспечения требуемого уровня эффективности ( $W_{\text{треб}}$ ) выполнения функциональной задачи и неперевышения затрат на переход к новой технологии ( $C_i^{\text{ТНпер}}$ ) некоторого допустимого ограничения ( $C_{\text{зад}}$ ):

$$C_i(t_p^*) = \underset{t_p \in T}{\operatorname{argmin}} \frac{1}{T} \{C^{\text{T}}(t = [t_0, t_{p-1}]) + C_i^{\text{ТН}}(t = [t_p, T_k])\} \rightarrow \min$$

при  $W \geq W_{\text{треб}}$  и  $C_i^{\text{ТНпер}} \leq C_{\text{зад}}$ .

В выражении (5) целевая функция представляет собой усредненные за весь программный период полные предстоящие затраты. Под  $i$ -м вариантом перехода к новой технологии ( $i = 1, \dots, N$ ), где  $N$  – множество возможных вариантов) понимается вариант использования перспективных образцов, основанных как на существующей технологии, так и новой технологии.

Оптимальное значение  $t_p^*$  для каждого варианта перехода определяется с использованием следующего подхода (правила). Сначала в качестве момента перехода к новой технологии рассматривается первый год программного периода, т.е.  $t_p = t_0$ . В этом случае полные предстоящие затраты на выполнение функциональной задачи перспективными образцами за весь программный период рассчитываются при условии применения новой технологии. Аналогичным образом рассчитываются затраты на выполнение функциональной задачи при условии, что переход к новой технологии проводится в каждый последующий год до момента времени  $T_k$  включительно. При этом учитывается, что возможности научно-исследовательской, испытательной и производственных баз позволяют к этому моменту времени создать необходимые образцы, а затраты на переход к новой технологии не превышают финансовые ограничения.

На основе использования данного подхода представляется возможным построить функцию затрат, отражающую изменение во времени усредненных за программный период полных предстоящих затрат на выполнение функциональной задачи с требуемым уровнем эффективности в зависимости от момента перехода к новой технологии. При этом каждому фиксированному значению  $t_p$  будет соответствовать одна точка функции затрат. Год программного периода, соответствующий минимальному значению функции затрат, и будет являться оптимальным моментом времени  $t_p^*$  для перехода к новой технологии. Следует отметить, что вполне возможен вариант, для которого функция затрат будет принимать минимальное значение лишь в следующем программном периоде. Тогда и следует планировать переход к новой технологии.

Учитывая содержание приведенного выше метода сравнительной оценки вариантов совместного использования существующих и новых технологий и конкретного примера его использования, представляется возможным алгоритмизировать этот метод для множества функциональных задач, а также нескольких видов существующих и новых технологий, совместно используемых в составе перспективных образцов.

В дальнейшем для повышения оперативности обоснования оптимального перехода к новой технологии, на основе изложенных выше методов оценки эффективности новых технологий, представляется целесообразным использовать инструментальные возможности искусственного интеллекта.

### **Алгоритм выбора метода обоснования оптимального перехода к новой технологии при создании перспективного вооружения**

Необходимость разработки и использования данного алгоритма обусловлена наличием ряда факторов, в том числе:

возрастанием угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере и необходимостью формирования мер по их парированию с использованием перспективного вооружения;

появлением новых задач Вооруженных Сил (ВС) РФ, которые не могут быть решены с достаточной эффективностью только традиционными видами вооружения;

требованиями руководящих документов по выполнению задач ВС РФ с требуемой эффективностью, но с минимальными затратами.

Кроме того, немаловажное значение имеют факторы, связанные с особенностями работ по созданию перспективного (в том числе нетрадиционного) вооружения, в частности [2; 4]: неопределенность исходных данных (в том числе по бюджетным ассигнованиям) при формировании и реализации программ и планов создания и развития перспективного вооружения; неопределенности относительно научно-технических, финансово-экономических и производственно-технологических возможностей промышленных предприятий по созданию перспективных образцов вооружения, так и временных сроков разработки новых технологий; практическое отсутствие прототипов;

уникальность разработки важнейших технологий;

высокая наукоемкость и технологическая сложность перспективного вооружения;

высокая степень неопределенности потребного количественно-качественного состава перспективного вооружения и организационно-штатных формирований, в которых предполагается его использование;

отсутствие серийного производства для большинства образцов перспективного вооружения.

Отмеченные выше факторы и особенности перспективного вооружения определяют специфику задания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по его созданию. Существующее методическое обеспечение не позволяет в полной мере и комплексно учитывать эти факторы при обосновании оптимального перехода от существующих технологий к разрабатываемым новым технологиям.

С учетом вышеизложенного разработан алгоритм выбора метода обоснования оптимального перехода к новой технологии при создании перспективного вооружения. Блок-схема данного алгоритма представлена на рисунке 5.

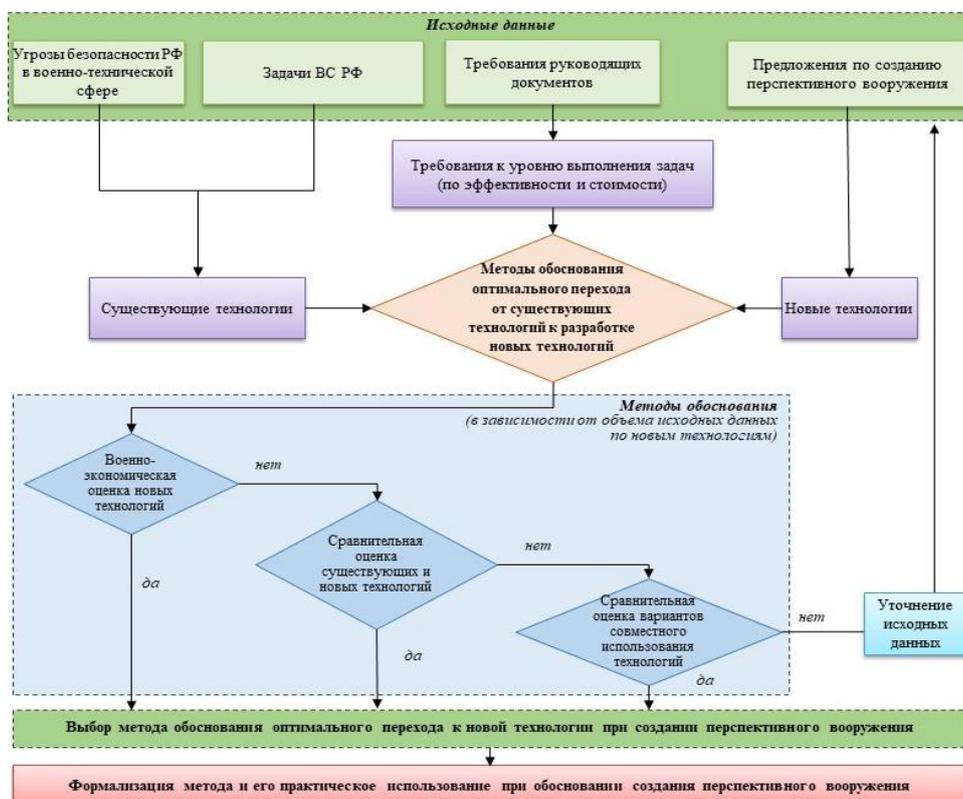


Рисунок 5 – Алгоритм выбора метода обоснования оптимального перехода к новой технологии при создании перспективного вооружения

В зависимости от имеющегося в наличии объема исходных данных по созданию перспективного вооружения, основанного на новых технологиях, применяется тот или иной метод решения задачи.

Главной отличительной особенностью данного алгоритма является возможность комплексного использования методов для оптимизации процесса перехода от существующих технологий к разработке новых технологий. При этом метод военно-экономической оценки используется во всех случаях, в том числе: при оценке как существующих, так и новых (в том числе принципиально новых) технологий; при сравнительной оценке существующих и новых технологий; при сравнительной оценке вариантов совместного использования существующих и новых технологий.

## Заключение

На основе анализа общей модели развития технологий, учитывающей этапы создания научно-технического задела для перспективного вооружения, представлены результаты обобщения методов обоснования оптимального перехода к новой технологии, основанные на оценке эффективности новой технологии, в том числе:

классические методы военно-экономической оценки, основанные на использовании триады критериев: эффективность новой технологии; затраты ресурсов на разработку новой технологии; время разработки новой технологии;

методы оценки существующей и новой технологии с учетом факторов неопределенности и времени поступления информации о ходе разработки новой технологии;

методы сравнительной оценки вариантов совместного использования существующих и новых технологий. Показано, что обоснование оптимального перехода к новым технологиям с использованием этих методов является многоэтапной, многовариантной и многокритериальной задачей.

Предложен алгоритм выбора методов и направления их практического использования.

Результаты анализа показали, что современный арсенал методов оптимизации позволяет обоснованно выбрать соответствующий метод и его формализовать для решения конкретной задачи, в том числе:

системного проектирования перспективного вооружения на основе совместного использования существующих и новых технологий;

оценки оптимальной глубины модернизации и унификации создаваемого перспективного вооружения с учетом взаимосвязи его модернизационного и унификационного потенциалов; повышения устойчивости экономической динамики создания перспективного вооружения в государственных программах и проектах в интересах обеспечения обороны страны и безопасности Российской Федерации, а также управления и прогнозирования экономической динамики с учетом возможных рисков.

## Список использованных источников

1. Чанышев А.Н. Аристотель. М.: Мысль, 1981. – 200 с.
2. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: КУПОЛ, 2009. – 624 с.
3. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Особенности перехода к новым технологиям при создании научно-технического задела для проектирования высокотехнологичной продукции // Двойные технологии. 2022. №1(98). – С. 28-34.
4. Буренок В.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Военно-экономические и инновационные аспекты интеграции нетрадиционных видов оружия в состав системы вооружения. М.: Граница, 2014. – 240 с.
5. Голубев С.С., Щербаков А.Г. Методология управления промышленными технологиями. М.: Первое экономическое издательство, 2020. – 276 с.
6. Беленький В.З. Оптимизационные модели экономической динамики: понятийный аппарат; одномерные модели. М.: Наука, 2007. – 259 с.
7. Вальд А. Последовательный анализ. М.: Физматгиз, 1960. – 328 с.
8. Моисеев Н.Н., Иванчиков Ю.П., Столяров Е.М. Методы оптимизации. М.: Наука, 1978. – 352 с.

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ДИНАМИКИ СУВЕРЕННОГО СТЕКА СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Рассматривается задача поиска новых экономико-управленческих решений в системе государственного управления, связанных со структурными изменениями внутренней среды оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Представлено обоснование актуальности цифровой трансформации экономической системы ОПК и дано краткое описание технологической и хозяйственной сущностей мер, необходимых для поэтапного перевода ОПК от текущего технико-экономического состояния, соответствующего концептам Индустрии 3.0, к новому (желаемому) состоянию Индустрии 4.0. Трансформация ОПК сформулирована в формате стратегии, предусматривающей в каждом сценарии реализации преобразование внутренних инфраструктурных компонентов бизнеса под институциональные условия цифровой экономики и стек доступных сквозных цифровых технологий, определенных профильными ведомствами. Предлагается структура системы государственного управления изменениями ОПК, эффективность функционирования которой количественно оценивается по системе сбалансированных показателей, контекстно характеризующих динамику цифровой трансформации экономических объектов ОПК.*

**Ключевые слова:** оборонно-промышленный комплекс; цифровая трансформация; стратегия; стек технологий; сквозные цифровые технологии; государственное управление; Индустрия 4.0.

### Введение

Управление экономической системой оборонно-промышленного комплекса (ОПК), обладающей статическими и динамическими свойствами и показателями эффективности хозяйственной деятельности, является [1] способом реализации государственных политик научно-технического и экономического развития ОПК, направленного на повышение обороноспособности РФ и улучшение делового климата в корпоративной бизнес-среде ОПК, а также на совершенствование эксплуатационных и инженерных качеств (потребительских ценностей) продукции ОПК военного и двойного назначения. Совместное достижение указанных целей в условиях активно проводимой сегодня цифровизации экономики РФ обеспечивается институциональными и инфраструктурными механизмами цифровой трансформации ОПК, предусматривающей разработку и внедрение в операционные циклы военного производства экономико-технологических нововведений, обладающих суверенной принадлежностью к РФ и опирающихся на государственную программу «Цифровая экономика Российской Федерации» и концепты Индустрии 4.0.

Реализация в РФ основных положений государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и концептов Индустрии 4.0 сегодня уже позволила [2; 3] обеспечить экономической системе ОПК как определенные уровни цифровой зрелости ключевых экономических отраслей ОПК, так и уровни технологической, производственной и рыночной готовностей<sup>1</sup> сквозных цифровых технологий, в совокупности характерные состояниям корпоративных хозяйствований, соответствующим Индустрии 3.0+.

Дальнейшее движение экономической системы ОПК по траектории своего развития «Индустрия 3.0 → Индустрия 3.0+ → Индустрия 4.0» с методической точки зрения предусматривает [4] образование в экономике ОПК новых форм технологического и хозяйственного укладов, обуславливающее научный поиск и актуализирующее научную задачу теоретико-

<sup>1</sup> Мониторинг состояний технологической, производственной и рыночной готовностей проектов по разработке субъектами ОПК технологических инноваций осуществляется в РФ, в частности, в соответствии с приказом Минэкономразвития России от 18 января 2022 г. № 17 «Об организации в Минэкономразвития России работы по формированию и ведению реестра конечных получателей государственной поддержки».

методологического обоснования целостной стратегии проведения изменения действующих в экономической системе ОПК практик внутрифирменного управления операционными циклами, межфирменного кооперационного и межотраслевого коллаборационного взаимодействия, составляющих цепочки добавленной стоимости и приводящих к возникновению агломераций бизнеса и власти с корпоративными вертикально и горизонтально интегрированными структурами, обладающими уникальным научно-производственным потенциалом и человеческим капиталом менеджмента для собственного экономического развития, создания новой и продолжения выпуска существующей высокотехнологичной продукции ОПК военного и двойного назначения.

Объективно востребованные процессы и результаты изменения экономической системы ОПК под условия цифровой экономики РФ и концепты Индустрии 4.0 являются объектами экономического управления государственных институтов развития и корпоративных менеджеров государственных корпораций (ГК) «Ростех», ГК «Роскосмос», ГК «Росатом», коррелированного во внешней и внутренней средах экономической системы ОПК и основанного на<sup>2</sup>: а) механизмах генерации академической наукой технологических знаний и б) инструментарии трансфера технологий и инноваций, осуществляемого между экономически активными промышленными объектами, относящимися сегодня по стеку используемых в производственной деятельности технологий к субъектам рынка продукции ОПК, функционирующим в концепциях Индустрии 3.0, Индустрии 3.0+ или Индустрии 4.0 с отличающейся экономической архитектурой и эволюционно прослеживаемой траекторной зависимостью экономического развития ОПК «от поколения к поколению» хозяйствований и соответственно технологического и хозяйственного укладов.

Стек технологий, аккумулирующий различные по свойствам и назначению следующие сквозные цифровые технологии (конвергенция взаимосвязанных частей военно-производственной инфраструктуры ОПК):

- новые производственные технологии (НПТ);
- технологии беспроводной связи (ТБС);
- нейротехнологии и искусственный интеллект (НиИИ);
- технологии систем распределенного реестра (СРР);
- технологии виртуальной и дополненной реальности (ВДР);
- технологии компонентов робототехники и сенсорики (КРС),

таким образом, по своему содержанию позиционируется в качестве «отличительной компетенции» в классификационных системах разделения на экономические циклы технологических и хозяйственных укладов и составляет общекорпоративную ресурсную базу опережающей стратегии (долгосрочного целеполагания) управляемой цифровой трансформации экономической системы ОПК с многовариантными сценариями поступательного проведения изменений «Индустрия 3.0 → Индустрия 3.0+ → Индустрия 4.0», описывающими процессы эволюции ОПК и его адаптации к вызовам, имеющими сходные задачи преобразования корпоративного бизнеса и учитывающими институциональные и инфраструктурные условия ведения субъектами ОПК экономической деятельности в цифровой внешней и внутренней бизнес-среде.

Достигнутые сегодня результаты научных исследований в рассматриваемой предметной области изложены в специальной литературе<sup>3</sup>, а также представлены институциональным обеспечением экономико-технологических процессов цифровой трансформации субъектов промышленности в разработанных Минцифры России Дорожных картах развития отдельных сквозных цифровых технологий. Вместе с этим в настоящее время отсутствует научное обоснование целостной стратегии цифровой трансформации ОПК, комплексно охватывающей процессы проведения изменений в экономической системе ОПК, связанных с системным переходом экономических агентов ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», ГК «Росатом» в практиках хозяйствования на стек сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0, имеющий суверенное РФ исполнение.

<sup>2</sup> См.: Князьнеделин Р.А. Механизм устойчивого развития оборонно-промышленного комплекса в условиях трансформации национальной промышленной политики: дис. ... д-ра экон. наук по спец. 08.00.05. Курск: ЮЗГУ, 2021. – 367 с.; см. также [5].

<sup>3</sup> См.: Толочко И.А. Система стратегического планирования предприятия оборонно-промышленного комплекса на основе логико-лингвистического моделирования: дис. ... канд. экон. наук по спец. 08.00.05. СПб.: СПбГЭУ, 2021. – 217 с.; см. также [6].

## Методы и методология исследования

Проведение в экономической системе ОПК эволюционных изменений предлагается [7] осуществлять в согласии с методологией исследования, предусматривающей реализацию процессов контролируемой и целенаправленной трансформации объектов и социальных ситуаций в форматах экспериментальных практик и логической цепочки преобразований, звенья которой затрагивают изменения частных элементов реформируемой системы и их отношений, приводящие к восходящему образованию нового единого целого, определенного количественными и качественными отличительными характеристиками составляющих и их отношений общественно значимого порядка.

Особенность и преимущество авторского видения решения задачи изменения ОПК заключаются в разработке экономической стратегии управляемых преобразований существующего материального производства ОПК Индустрии 3.0 (сценарный подход к обоснованию изменений), использующих в качестве концептуального базиса инструментарий технологического менеджмента и инновации, с главенствующей ролью «технократического движения» и акцентом на технологическом перевооружении основных фондов корпоративного бизнеса ОПК в детальном целеполагании и поступательном развитии экономической системы ОПК, основанном на реализации национальных (суверенных) приоритетов РФ и предусматривающем безусловное выполнение государственных заказов.

В основу теоретико-методологической сущности стратегии цифровой трансформации ОПК положена идея управления изменениями в виде ступенчатой модели РМММ (Project Management Maturity Model), преобразованной автором в контексте переходов «Индустрия 3.0 → Индустрия 3.0+ → Индустрия 4.0» к модели: «общая терминология» → «общие технологии» → «единая методология», актуальной в системе управления изменениями ОПК, проводимыми с государственным участием. Цепочка институциональных преобразований ОПК и ее технологическая составляющая, таким образом, в стратегической перспективе исходят из отрицания статичности концепцией оптимальности каждого этапа эволюции ОПК, оценки уровня готовности (потенциала) субъектов рынка продукции ОПК к внедрению сквозных цифровых технологий в инфраструктуру экономических объектов и предполагают в рамках существующих экономических закономерностей использования ресурсов в процессах проведения изменений, связанных с цифровой трансформацией ОПК<sup>4</sup>:

а) приведение к единому стартовому уровню глоссария<sup>5</sup> цифровой трансформации, закрепляемого в профильных стандартах и используемого в последующем в государственных нормативных актах;

б) определение стека сквозных цифровых технологий, применяемого цифровой, умной и виртуальной фабриками ОПК Индустрии 4.0 и составляющего базис нового технологического уклада с согласованными пропорциями информационных и производственных технологий (включая адаптацию и воспроизводство в РФ передовых иностранных технологий);

<sup>4</sup> См.: Серов Н.В. Управление инновационным развитием оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации: дис. ... канд. экон. наук по спец. 08.00.05. М.: ЦНИИ Центр, 2015. – 149 с.; см. также [8].

<sup>5</sup> Базовая версия глоссария терминов в области Индустрии 4.0 разработана немецкими специалистами и доступна в сети интернет на платформе Индустрия 4.0 по электронному адресу: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/Glossary/glossary.html>. Русскоязычная, а также франкоязычная версии глоссария подготовлены авторским коллективом под общей редакцией д.т.н., проф. Позднеева Б.М. в рамках деятельности Совета по техническому регулированию и стандартизации Комитета по промышленной политике и техническому регулированию Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП). Электронная немецко-франко-русскоязычная версия объединенного глоссария терминов в области Индустрии 4.0 доступна в справочных системах «Кодекс» и «Техэксперт», разработанных АО «Кодекс», и на официальном сайте РСПП: [https://рспп.рф/upload/iblock/0e1/Глоссарий\\_терминов\\_в\\_области\\_Индустрии\\_4.0.pdf](https://рспп.рф/upload/iblock/0e1/Глоссарий_терминов_в_области_Индустрии_4.0.pdf). Аналогичные авторские глоссарии представлены в различных аналитических источниках, в частности, в «Белой книге» развития отдельных высокотехнологичных направлений РФ, подготовленной Минэкономразвития и НИУ ВШЭ, 2022 г. По оценкам директора Центра социально-экономических инноваций экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, проф. Лапидус Л.В. [<https://www.makonews.ru/centr-kompetencij-cifrovj-ekonomiki/?ysclid=17vhyzkkez367811717>], цифровизация экономики и технологические сдвиги, рассматриваемые в контексте перехода бизнеса к концептам Индустрии 4.0, привели к возникновению 293 новых терминов (160 на уровне макроэкономических исследований, примерно 140 – на уровне микроэкономики предприятий), специалистами введены 102 новые аббревиатуры, 93 ранее существовавших терминов или научных теорий получили «новое прочтение».

в) разработку системы экономических отношений субъектов рынка продукции ОПК, интегрирующей внутрифирменные и межфирменные активности экономических объектов в физической (материальной) и виртуальной средах и составляющей новый хозяйственный уклад оборонной промышленности РФ;

г) определение частных сценариев цифровой трансформации бизнеса ОПК, учитывающих синхронизацию динамики обновления производственных фондов (ввода в эксплуатацию сквозных цифровых технологий), темпов роста трансформационных издержек и производительности труда, а также повышения квалификации менеджмента и технического персонала.

### **Оборонно-промышленный комплекс России как объект экономического управления в процессах его цифровой трансформации**

Согласно исследованию [9] текущие рыночные позиции российского ОПК, достигнутые в технологической концепции Индустрии 3.0, характеризуются следующими показателями (данные до СВО на Украине): ГК «Ростех» (занимает 2-е место в мире по экспорту вооружений, общая выручка в 2008 г. и в 2019 г. составляет соответственно 511 млрд руб. и 1 771,6 млрд руб.) поставляет вооружение в объеме 42% внутреннего рынка РФ, на долю АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» приходится 14% внутреннего рынка вооружений, АО «Объединенная судостроительная корпорация» занимает 9% объемов рынка, продукция ГК «Роскосмос» составляет 8% внутреннего рынка вооружений, АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение» консолидирует 5% внутреннего рынка вооружений и на долю ГК «Росатом» приходится также 5%, т.е. 6 макро- и мезоэкономических структур ОПК контролируют 83% отечественного рынка вооружений и военной техники, перед которыми Президентом РФ поставлена задача диверсификации существующей структуры производства и создания условий для выпуска продукции двойного и гражданского назначения в объемах, не уступающих к 2030 году объемам выпуска военной продукции.

Экспертные оценки [10] определяют состояния оборонной промышленности следующим образом: в США доля бизнеса, соответствующего 5-му технологическому укладу, составляет 60%, 4-му — 20% и около 5% уже приходится на 6-й технологический уклад; в России 6-й технологический уклад пока не формируется, доля технологий 5-го уклада составляет примерно 10% (в ОПК в целом и в авиакосмической отрасли, в частности), 4-го — свыше 50%, третьего — около 30%. В контексте исследования третий и четвертый технологическиеклады определены автором как состояние ОПК Индустрии 3.0, пятый технологический уклад — ОПК Индустрии 3.0+, шестой технологический уклад — Индустрия 4.0.

Очевидно, эффективность вновь создаваемых в концепциях Индустрии 3.0+ и Индустрии 4.0 и эффективность реформируемых в процессах цифровой трансформации субъектов рынка продукции ОПК Индустрии 3.0, а также технико-экономическая устойчивость экономической системы ОПК в целом, определяющим образом зависят от:

а) кросс-отраслевой макроэкономической среды РФ, сорегуляторами изменения технологического и хозяйственного укладов в которой выступают Минпромторг, Минцифры, Минобороны, Минобрнауки, Минэкономразвития России;

б) государственных инструментов поддержки ГК «Роскосмос», ГК «Ростех», ГК «Росатом», в том числе федеральных целевых государственных программ, обеспечивающих развитие в РФ институциональных и инфраструктурных условий, ориентированных на реализацию в ОПК специальных проектов общегосударственного значения, создание «мобилизационных» кадровых и мощностных резервов и новых способов организации труда с использованием наилучших доступных технологий, включая сквозные цифровые технологии Индустрии 4.0.

### **Экономическая стратегия трансформации ОПК на основе стека сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0**

Экономическая стратегия реформирования ОПК в контексте Индустрии 4.0 и технологическом аспекте проблем экономического управления представляет собой общий (высокоуровневый)

и интегрирующий главные цели) план комплексного преобразования экономической системы ОПК (с акцентом на академическую науку, управленческие инновации и с фокусом на долгосрочное развитие ОПК как сегмента экономики), предусматривающего в действующих рамочных (институциональных) условиях скоординированное проведение менеджментом с государственным участием процессов цифровой трансформации<sup>6</sup> технологической инфраструктуры, приводящей к созданию ценностного предложения бизнесом ОПК, полученного с использованием стека сквозных цифровых технологий (конвергенция технологий и алгоритмизованных механизмов взаимодействия, в которой каждая отдельная технология рассматривается не с позиции средства производства, а с позиций компетенции бизнеса и его технологического преимущества).

Концептуальный анализ оборонно-промышленного потенциала и уровней [2; 3] зрелости доступных в РФ сквозных цифровых технологий, востребованных в проблемно-ориентированной модели экономического управления цифровой трансформацией ОПК, свидетельствует (в согласии с данными, представленными в «Белой книге» Минэкономразвития России и НИУ ВШЭ, 2022 г.) о нахождении стека технологий на восходящем участке S-кривой Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, что открывает широкие перспективы корпоративному менеджменту (см. рисунок 1) для поэтапной (1-2 → 2-3 → 3-4 → 4-5 → 5-6), учитывающей институциональные и инфраструктурные аспекты, а также экзогенные и эндогенные факторы использования различных технологий, реализации во времени бизнес-процессов стратегического управления инфраструктурными изменениями и их системного проведения в экономической системе ОПК.

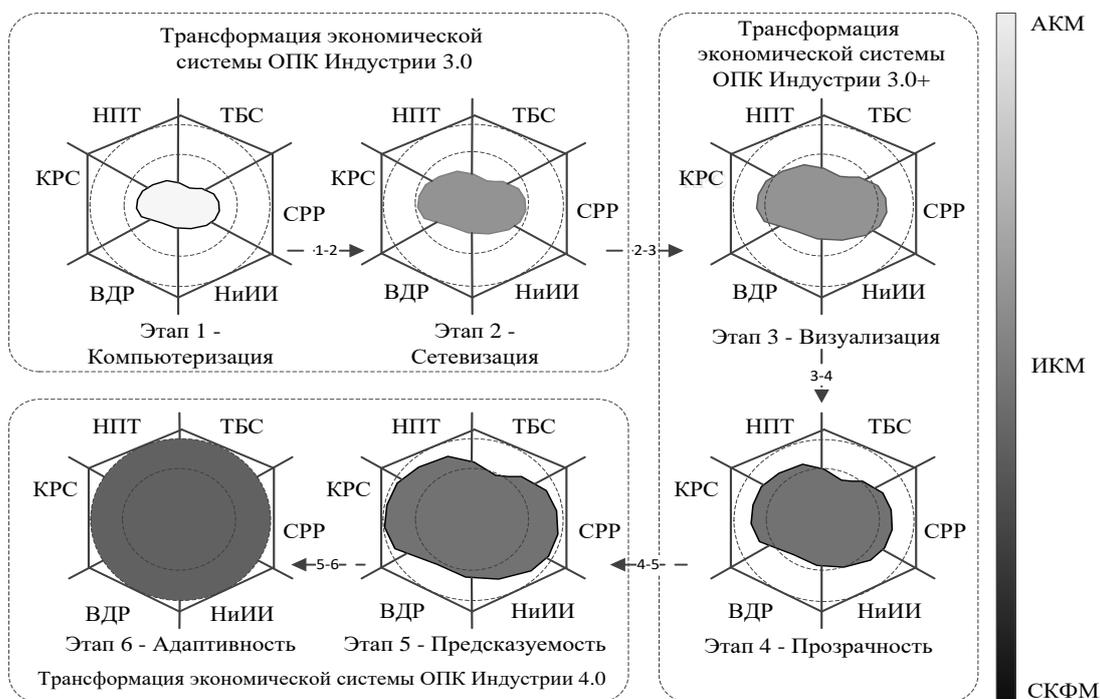


Рисунок 1 – Схема многовекторной стратегии цифровой трансформации экономической системы ОПК, основанной на изменениях экономической архитектоники бизнеса с использованием стека сквозных цифровых технологий (АКМ – административно-командный менеджмент, ИКМ – информационно-коммуникационный менеджмент, СКФМ – социо-киберфизический менеджмент – виды менеджмента, находящиеся в отношении «технологической контрастности» на введенной шкале)

<sup>6</sup> В контексте реформирования ОПК под концепты Индустрии 4.0 на современном этапе предлагается следующее определение: цифровая трансформация — система целенаправленного изменения внутрифирменных и межфирменных способов реализации экономической деятельности субъектом промышленности, предусматривающего внедрение стека сквозных цифровых технологий в производственную инфраструктуру, практики хозяйствования и ценностные предложения и приводящего к образованию наблюдаемого и измеримого экономического эффекта для цифровой экономики.

Изменения предусматривают [11] прохождение экономической системой ОПК следующих шести связанных звеньев (шагов по направлениям цифровой трансформации от текущей деятельности к новому бизнесу с нововведениями, не нарушающими экономическую устойчивость бизнеса) в организационной цепочке реформы (комплексные и координируемые инфраструктурные изменения основной, вспомогательной и обслуживающей составляющих структуры производства, базирующиеся на конвергенции разделенного Минцифрой России на дискретные группы субтехнологий системообразующего стека сквозных цифровых технологий):

а) «компьютеризация» экономической системы ОПК, т.е. введение в состав инфраструктурных компонентов промышленных объектов новых средств производства, использующих в производственных отношениях прикладные инструменты автоматизации технологических и бизнес-процессов для создания ценности ОПК с высоким внутренним потреблением и конкурентоспособным экспортным потенциалом;

б) «сетевизация» экономической системы ОПК, т.е. перевод систем экономического управления бизнес-процессами и промышленными объектами, а также систем управления технологическими процессами, производственным оборудованием и логистикой на единые механизмы регулирования, мультиагентно реализуемые через компьютерные каналы обмена данными;

в) «виртуализация» экономической системы ОПК, т.е. создание и ввод в практики технологического и хозяйственного укладов электронных экспертов-советчиков, обеспечивающих интеллектуальную поддержку принятия управленческих решений, и электронных моделей цифровых двойников разрабатываемой (изготавливаемой) продукции ОПК военного и двойного назначения и промышленно эксплуатируемой производственной инфраструктуры;

г) «прозрачность» экономической системы ОПК, т.е. перевод средств процессного и проектного управления материальными и нематериальными активами, средств управленческого учета и управления структурированными и неструктурированными финансово-технологическими данными, а также средств взаимодействия с органами государственного контроля и Заказчиками на высокопроизводительные платформенные цифровые инструменты электронного бизнеса и электронной коммерции;

д) «прогнозирование» экономической системы ОПК, т.е. перевод бизнес-моделей хозяйствования и моделей экономического управления менеджмента на средства проактивной BigData-аналитики, использующие в управлении операционной эффективностью прогностические возможности и способности искусственного интеллекта, выступающего «управленческой надстройкой» и имитирующего когнитивные функции человека;

е) «адаптивность» экономической системы ОПК, т.е. перевод технологического и хозяйственного укладов на автоматические средства производства (киберфизические системы) и внедрение принципов самоорганизации в производственные отношения, устойчиво и комплементарно регулируемые естественным и искусственным интеллектами с единством управления и оптимизации в исполнении бюджетно-финансируемых проектов ОПК по государственным заказам.

В стратегии цифровой трансформации ОПК, таким образом, реализуются центробежная многофакторная модель (графический вариант проецирования поведения экономической системы ОПК в пространстве состояний) и политехнологичный комплекс мероприятий приоритетной государственной поддержки развития сквозных цифровых технологий, согласующиеся с национальным проектом «Цифровая экономика РФ» и предусматривающие институциональное участие регулятора в инфраструктурных преобразованиях экономических объектов ОПК, готовых развивать суверенные технологии с использованием «эталонного бенчмаркинга» (лучший практический опыт внедрения в хозяйствование технологической инновации) и академической науки.

Целевым результатом стратегии (логическая последовательность действий экономических объектов) цифровой трансформации ОПК, соответствующим идеологии «структура следует за стратегией», концепту «отличительных компетенций» и модели управления 7S McKinsey, является адекватная суверенному стеку технологий архитектура экономической системы (сходящееся в процессе реализации стратегии эквифинальное состояние ОПК Индустрии 4.0), связывающая на принципах эмерджентности средства производства,

производительные силы и производственные отношения в экономически эффективный бизнес, по своим релевантным ОПК свойствам и качествам ориентированный на институциональные условия цифровой экономики и инфраструктурные условия концепции Индустрии 4.0.

Внутриотраслевая структурная динамика прохождения ОПК различных этапов реформ, предусмотренных стратегией, осуществляется в направлении усиления значимости (вклада) сквозных цифровых технологий в материальной и нематериальной составляющих продукции ОПК военного и двойного назначения, выступающей ценностным предложением ОПК, и в направлении концептуальных изменений управляющей системы менеджмента, т.е. совокупно в направлениях совершенствования индустриальных технологий и преодоления «проблемы деградации» менеджмента и технического персонала, позитивным образом влияющих на экономическую эффективность бизнеса ОПК в линейной цепочке создания стоимости.

На каждом этапе цифровой трансформации ОПК предполагаются не только разработка (TRL-1 – TRL-4, TRL - Technology Readiness Levels) и первичное внедрение (TRL-5 – TRL-7) технологий и субтехнологий Индустрии 4.0, которые влияют на экономическую продуктивность промышленности и повышают ее экономические возможности на рынке продукции ОПК, но и последующее комплексное повышение уровня готовности сквозных цифровых технологий до уровней TRL-8 – TRL-9 в процессах ведения субъектами ОПК хозяйственной деятельности, достаточных для полноценной промышленной эксплуатации и масштабирования технологий.

Таким образом, в стратегии последовательно разрешается конфликт производственных и инфраструктурных возможностей корпоративного бизнеса ОПК, возникающий в процессах проведения изменений ОПК, связанных с повышением уровня его технологичности (с сохранением доли ОПК в ВВП, регулируемой государственным заказом), а само управление менеджмента, планирующего глобально и руководящего локально, рассматривается экономической технологией, совершенствование которой необходимо осуществлять совместно со сквозными цифровыми технологиями [12].

Очевидно, в период реализации стратегии цифровой трансформации ОПК, не приводящей к нарушению экономического равновесия производства, ухудшается общая финансовая устойчивость бизнеса к внешним и внутренним вызовам, что неизбежно скажется на временной уязвимости ОПК в целом как сектора экономики РФ. Вместе с этим участие в системе экономического управления изменениями ОПК государственных институтов развития необходимо [13] для создания единых институциональных механизмов управления и рациональных правил (комплексно стандартов управляемости) осуществления субъектно-объектных экономических отношений, по своим свойствам адекватных задачам цифровой трансформации ОПК и учитывающих существующие экономические закономерности ведения бизнеса в контурах ГК «Роскосмос», ГК «Ростех», ГК «Росатом» с государственным регулированием конкуренции и другими «нерыночными» ограничениями экономики РФ.

## Система государственного управления цифровой трансформацией ОПК

Для управления изменениями ОПК и их проведения на государственном уровне предлагается специальная система экономического управления со структурой субъектно-объектного взаимодействия (см. рисунок 2) – модель каскадного механизма<sup>7</sup> реализации стратегически значимой реформы на продолжительном интервале времени, – обеспечивающая изменения институциональных условий ведения бизнеса и приводящая к изменению инфраструктурных условий, по своей природе связанных с цифровой трансформацией ОПК и основанных на динамических способностях бизнеса к изменениям.

<sup>7</sup> Механизм соответствует задачам государственной политики РФ в области развития ОПК, базовым положениям и целям Указа Президента РФ от 07 мая 2012 г. №603 «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил РФ, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса» и государственной программы РФ «Развитие оборонно-промышленного комплекса», утвержденной постановлением Правительства РФ от 16 мая 2016 г. №425-8 «Об утверждении государственной программы РФ «Развитие оборонно-промышленного комплекса» и предусматривающей с 2021 года ежегодное финансирование мер в объеме 8 637 430 тыс. руб.

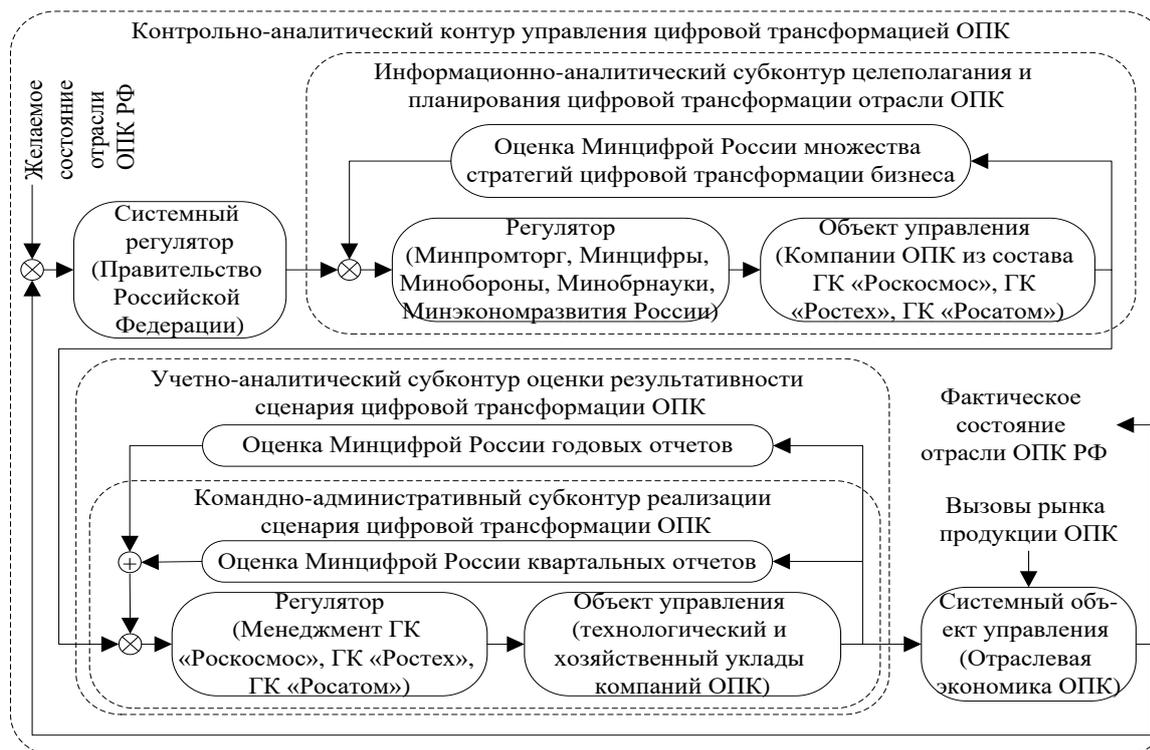


Рисунок 2 – Схема системы государственного управления изменениями<sup>8</sup> с институциональным (каркасно необходимым) и инфраструктурным (каркасно достаточным) содержаниями субъектно-объектных отношений, возникающих в процессах цифровой трансформации экономической системы ОПК

Система управления изменениями объединяет информационно-аналитический (отвечает за целеполагание и планирование), учетно-аналитический (контроль краткосрочной и среднесрочной результативности) и командно-административный (проведение изменений) субконтуры управления, задействованные в бизнес-процессах создания стратегии цифровой трансформации ОПК и в сценариях ее реализации с участием менеджмента, т.е. определяет во взаимную зависимость нисходящие процессы трансляции институциональных норм и восходящие процессы распространения (продвижения) инфраструктурных инициатив, совокупно и итеративно реагирующие на тенденции реформирования экономики в отраслевом масштабе, соответствующие идеологии государственного регулирования конкуренции в ОПК.

В каждом сценарии цифровой трансформации корпоративный менеджмент ОПК на различных уровнях экономической системы разрабатывает [14; 15] методы внедрения изменений, оценивает бюджет и экономические последствия внутрифирменных (внутрикорпоративных) реформ и прогнозирует колебания стоимости бизнеса, трансформационные издержки, объемы недополученной прибыли и др. финансовые показатели, связанные с проведением изменений технологического и хозяйственного укладов в рамках реализации государством функции по адаптации экономической системы ОПК к институциональным и инфраструктурным условиям внешней среды.

<sup>8</sup> Система управления по своим экономическим механизмам влияния на корпоративные объекты ОПК и контрольным функциям соответствует методическим рекомендациям по внедрению проектного управления в органах исполнительной власти, утвержденным распоряжением Минэкономразвития России от 14 апреля 2014 г. №26Р-АУ и предусматривающим обеспечение достижения результатов, запланированных органами исполнительной власти, в условиях временных и ресурсных ограничений с использованием инструментария и моделей проектно-ориентированного управления, отнесенного на стратегический (от 6 лет), тактический (от года до 6 лет), оперативный (от 3 месяцев до года) и операционный (от 1 дня до 3 месяцев) уровни государственного планирования. Также в системе управления реализована технология цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием, одобренная 06 ноября 2020 г. в формате методических рекомендаций Минцифры России на заседании Президиума правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности.

Субъектно-объектный состав системы экономического управления представлен профильными министерствами (организаторы и координаторы бизнес-процессов цифровой трансформации ОПК – управляющие компоненты институциональной архитектуры ОПК) и государственными корпорациями, непосредственно ответственными за развитие сквозных цифровых технологий по соглашениям с Правительством РФ (в частности, проект беспроводной связи 5G в ГК «Ростех»), финансирование и систематизированный отбор стратегий цифровизации которых осуществляются на конкурсной основе.

Таким образом, государство в реализации стратегии цифровой трансформации экономической системы ОПК нормативно задает цели цифровой трансформации ОПК (вектор государственной политики РФ), множества правил поведения и прогнозирования состояний экономических объектов ОПК и одновременно выступает в роли «головного» Заказчика и в роли потребителя результатов преобразований ОПК как сектора экономики РФ. Совместное участие государства и бизнеса в цифровой трансформации ОПК необходимо также для балансирования темпов экономического роста сектора ОПК по ключевым видам деятельности субъектов экономических отношений и отраслей ОПК, рассматриваемых на макро-, мезо- и микроуровнях военной экономики РФ.

Наличие в системе экономического управления множественных институциональных сорегуляторов макроэкономического уровня (зависимые акторы «видимой руки» государства) и сорегуляторов корпоративного полисубъектного менеджмента (независимые акторы «невидимой руки» рынка продукции ОПК, сосредоточенные на финансовом результате), а также наличие распределенных в пространстве экономических объектов управления, относящихся к потенциальным исполнителям государственных заказов ОПК, т.е. к экономическим агентам ГК «Роскосмос», ГК «Ростех», ГК «Росатом», негативным образом влияет на качество несогласованно принимаемых управленческих решений и обосновывает целесообразность введения в главный контрольно-аналитический контур управления центрального (системного) регулятора (интегратор верхнего уровня), координирующего на нормативно-управленческих принципах ключевые активности государственных корпораций и общий процесс цифровой трансформации ОПК, образующейся вследствие циклического воздействия субъектов на объекты управления.

Таким образом, в системе экономического управления изменениями ОПК гармонично сочетаются принципы централизации и децентрализации управления, сконцентрированного на управленческом уровне топ-менеджмента и обеспечивающего баланс ресурсных возможностей и управляющих решений, приводящих к обретению ОПК нового равновесного состояния, по соблюдению пропорций в распределении целевого государственного финансирования задачи цифровой трансформации ОПК и ее выполнения корпоративным менеджментом в системной динамике.

По своей структурной организации система экономического управления изменениями ОПК поддерживает качество управления процессом цифровой трансформации бизнеса, соответствующее четвертому уровню управленческой зрелости в модели CMMI (Capability Maturity Model Integration), т.е. управление, сфокусированное на измерениях (оценках) и контроле, основанных на количественных данных, и предполагающее выполнение менеджментом сценариев стратегии точно в срок и в рамках выделенного государством бюджетного (и привлеченного) финансирования с прогнозируемой эффективностью результата.

Корпоративному управлению подлежат процессные области деятельности бизнеса (существующие технологический и хозяйственный уклады), поддающиеся цифровизации и охватывающие приоритетные направления развития ОПК, связанные с цифровым стратегическим совершенствованием средств производства, производительных сил и производственных отношений (реализуется процессный подход к систематизированному управлению изменениями ОПК, в котором детально контролируются динамики изменения отдельных отраслей с помощью расширенного набора показателей (локальных индикаторов), обеспечивающего состоятельность интегральных (аддитивных и мультипликативных форм представления) оценок эффективности цифровых преобразований в целом).

Формирование множества сценариев в информационном поле стратегий, в котором сочетаются технологии многоагентного управления менеджмента и способы генерации управленческих решений с социокультурными и политическими условиями РФ,

необходимо [16] для выявления подлежащих последующему внедрению в практики менеджмента новых цифровых возможностей гармоничного развития технико-экономических отношений хозяйствующих субъектов ОПК и объектов управления и иллюстрирует обусловленное циклом управления инфраструктурными изменениями усложнение процессов базового государственного управления, предусматривающее одновременное с бюджетным контролем реформирование технологического и хозяйственного укладов ОПК.

Двуединая трансформация экономической системы ОПК, таким образом, обеспечивает конкурентные преимущества бизнесу ОПК, связана с поэтапным вводом в операционные циклы сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0, составляющих общий суверенный стек, и затрагивает средства производства, производительные силы и производственные отношения, совокупная динамика которых в макроэкономическом масштабе позволяет бизнесу ОПК адекватно отвечать на рыночные вызовы и компенсировать возникающие в сценариях (например, консервативном, инновационном или целевом (форсированном) от Минэкономразвития России до 2030 года) уязвимости успешной реализации стратегий.

Иерархия субъектов и объектов управления в системе построена по «схеме матрешки», в которой сценарии цифровой трансформации хозяйственных бизнес-единиц воспроизводят в цикле силами менеджмента общий сценарий проведения изменений государственных корпораций с оценкой эффекта влияния сквозных цифровых технологий, непосредственно применяемых в операционных циклах бизнеса, на интегральную результативность отраслей экономики ОПК, контролируемых на федеральном уровне. Придание системе управления заданных динамических свойств по устойчивому проведению каждого изменения, определяемых характеристиками объектов управления и скоростью распространения информации в цепях прямых и обратных связей, предлагается осуществлять ресурсами информационной системы промышленности Минпромторга России (институциональный фреймворк корпоративной оценки активности субъектов рынка продукции ОПК), составляющей цифровое платформенное решение РФ, созданное и целевым образом предназначенное для автоматизации сбора, обработки и интеллектуального BigData-анализа больших объемов цифровых ведомственных данных.

Таким образом, каждый сценарий реализации стратегии цифровой трансформации бизнеса ОПК по своей экономической сущности является внутрифирменным объектом управления, состояние которого подлежит коррекции в зависимости от условий внешней среды и степени достижения технологическим менеджментом внутрикорпоративных целей в процессах и мероприятиях проведения изменений по ведомственным программам<sup>9</sup> развития отраслей экономики ОПК.

### **Информационно-аналитическое обеспечение управления изменениями**

Государственный контроль результативности (эффект для экономики РФ и влияние на эффективность хозяйств ОПК) в системе управления изменениями осуществляется с использованием группы сбалансированных показателей эффективности, вычисляемых на основе обработки цифровых статистических данных, общепринятых в стандартной бухгалтерской отчетности РСБУ/МСФО, и индикативно характеризующих в экономико-математической модели управления краткосрочную (квартальный отчетный период) и среднесрочную (годовой отчетный период) динамики изменения внутренней среды экономической системы ОПК (с перспективой расширения горизонта планирования), составляющей хозяйственный уклад.

<sup>9</sup> В настоящее время действует ряд ведомственных государственных программ РФ, направленных на развитие различных отраслей ОПК, в частности: «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 г.» (утверждена постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. №303), «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 гг.» (утверждена постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. №304), «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 г.» (утверждена постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. №329) и др., а также общая государственная программа «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (утверждена постановлением Правительства РФ от 06 февраля 2019 г. №85-6), головными исполнителями которых выступают АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», дочерние структуры ГК «Ростех»: ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация», ПАО «Объединенная судостроительная корпорация», ПАО «Объединенная двигателестроительная корпорация», АО «Вертолеты России» и др.

Информационно-аналитическое обеспечение управления изменениями, ассоциированными с цифровой трансформацией ОПК, на уровне экономики РФ, таким образом, представляет собой совокупность: а) механизмов государственной поддержки проведения изменений (продвижения сквозных цифровых технологий) и б) практико-ориентированных инструментов оценки в контрольных точках эффективности изменений, адекватную институциональным условиям цифровой экономики РФ и инфраструктурным условиям концепции Индустрии 4.0 и описывающую взаимосвязь результатов динамического развития отраслей ОПК с приобретаемыми субъектами рынка ОПК компетентными преимуществами и технологическими возможностями хозяйствования.

Таблица 1 – Ключевые показатели эффективности (метрики цифровизации), определенные Минцифрой России на базе ведомственной отчетности (цифровые паспорта компаний) и актуальные для системы государственного управления цифровой трансформацией ОПК

Формула вычисления показателя	Наименование параметров
$KPI_{\text{ОперЗатр}} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{C_{\text{год}} + \sum_{i=1}^N C_i}$	$i$ – номер инициативы цифровой трансформации; $C_i$ – операционные затраты от $i$ -й инициативы; $C_{\text{год}}$ – операционные затраты бизнеса за отчетный период
$KPI_{\text{ЕБИТДА}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{P_{\text{год}} - \sum_{i=1}^N P_i}$	$i$ – номер инициативы цифровой трансформации; $P_i$ – ЕБИТДА от $i$ -й инициативы; $P_{\text{год}}$ – ЕБИТДА бизнеса за отчетный период
$KPI_{\text{КапЗатраты}} = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{L_{\text{год}} + \sum_{i=1}^N L_i}$	$i$ – номер инициативы цифровой трансформации; $L_i$ – капитальные затраты от $i$ -й инициативы; $L_{\text{год}}$ – капитальные затраты бизнеса за отчетный период
$KPI_{\text{Выручка}} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{R_{\text{год}} - \sum_{i=1}^N R_i}$	$i$ – номер инициативы цифровой трансформации; $R_i$ – выручка в рамках $i$ -й инициативы; $R_{\text{год}}$ – выручка бизнеса за отчетный период
$KPI_{\text{ЦифрБизМодель}} = \frac{R_1}{R_2}$	$R_1$ – выручка от реализации продукции, полученной с использованием цифровых бизнес-моделей; $R_2$ – общая выручка
$KPI_{\text{ЦифрКаналы}} = \frac{R_1}{R_2}$	$R_1$ – выручка от реализации продукции через цифровые каналы сбыта; $R_2$ – общая выручка
$KPI_{\text{ЦифрПродукт}} = \frac{R_1}{R_2}$	$R_1$ – выручка от реализации цифровой продукции; $R_2$ – общая выручка
$KPI_{\text{ЦифрБизПроцессы}} = \frac{S_1}{S_2}$	$S_1$ – число цифровизированных бизнес-процессов; $S_2$ – общее число бизнес-процессов
$KPI_{\text{ПерсоналКомпетенц}} = \frac{S_1}{S_2}$	$S_1$ – число работников, прошедших переобучение по цифровым технологиям; $S_2$ – общее число работников
$KPI_{\text{Инвестиции}} = \frac{I_1}{I_2}$	$I_1$ – объем инвестиций в цифровую трансформацию; $I_2$ – общий объем инвестиций за отчетный период
$KPI_{\text{Инвестиции/Выручка}} = \frac{I}{R}$	$I$ – объем инвестиций в цифровую трансформацию; $R$ – общая выручка за отчетный период

Периодически обновляемые оценки показателей эффективности в системе управления изменениями выступают количественными мерами проведения изменений и в экономической интерпретации наблюдаемых результатов реформы ОПК детализировано описывают (имеют организационное «измерение» экономической архитектоники) прогнозируемую динамику использования хозяйствами своих инфраструктурных резервов, рассматриваемых в каждом сценарии (стратегической альтернативе) цифровой трансформации бизнеса потенциальными элементами системного развития ОПК. Синхронизация процессов проведения изменений ОПК осуществляется посредством внутриведомственных сопоставлений уровней технологической, производственной и рыночной готовностей сквозных цифровых технологий

Индустрии 4.0 между собой и готовности корпоративного бизнеса ОПК к их промышленному освоению, управляемому технологическим менеджментом, а также посредством апостериорного анализа опыта процессов цифровой трансформации отдельных экономических объектов ОПК, рассматриваемых в качестве референтных в экономическом секторе ОПК.

Отклонения в динамике преобразований ОПК геометрически представляют собой расстояния в пространстве состояний ОПК, вычисляемые между траекториями движения ОПК по годографам желаемых (эталонных) и достигаемых состояний. Композиция показателей, характеризующих наряду с оценками уровней готовности бизнеса ОПК к внедрению и использованию сквозных цифровых технологий степень их проникновения в экономические отрасли ОПК (совмещение ресурсо-затратного и результативного подходов к контролю изменений ОПК) и необходимых для формирования агрегированной оценки эффекта цифровизации сектора в масштабе экономики РФ, приведена в таблице 1.

В итоге, преобразование экономической системы ОПК на современном этапе оказывается возможным только с участием государства, обеспечивающего целевое финансирование и регулирование системных процессов цифровой трансформации ОПК, стимулирующего экономический рост отраслей экономики РФ и создающего благоприятные условия деловой среды для технологического развития корпоративной инфраструктуры, а сами «прицельные» показатели, комплексно отражающие преобразующее влияние сквозных цифровых технологий на корпоративный бизнес ОПК, следует рассматривать информационной основой процессов «калибровки» механизмов государственного управления и коррекции сценариев проведения изменений ОПК на макроуровне экономики РФ.

## Заключение

Контроль результативности изменений экономической системы ОПК, связанных с цифровой трансформацией корпоративного бизнеса, является системно значимой задачей государственного управления, сфокусированного на стратегическую перспективу и не предполагающего финансовую отдачу субъектам рынка продукции ОПК от экономических вложений в реализацию технологических инициатив в краткосрочном периоде. Это связано с существенными, частично субсидируемыми государством, капитальными затратами бизнеса на обновление производственных мощностей (фондовой базы ОПК) и внедрение сквозных цифровых технологий Индустрии 4.0 в практики хозяйствования, не допускающие в бизнес-процессах проведения изменений снижения динамики (объемов и качества) выпускаемой продукции ОПК военного и двойного назначения, т.е. внутренние преобразования экономической системы ОПК выполняются на фоне продолжения ее основной экономической деятельности (граничное условие цифровой трансформации ОПК), а ответственность за проведение изменений переносится от функционального к корпоративному менеджменту.

Сохранение показателей результативности бизнеса во времени, таким образом, или их незначительные колебания на ограниченных интервалах времени, ассоциированные с цифровой трансформацией, обуславливают целесообразность разработки новой управленческой парадигмы социо-киберфизического управления в ОПК и организации государственного управления изменениями ОПК на информационной основе, академической (университетской) науке и на принципах координируемого сочетания многоканальных процессов регулирования и процессов управления, в которых в качестве переменных управления наряду с финансовыми (бухгалтерскими) показателями, отражающими хозяйственный уклад экономической системы, применяются ключевые показатели эффективности, характеризующие динамику ее технологического уклада. Проведение изменений в экономической системе ОПК, осуществляемое совместно стратегическим и технологическим менеджментами, имеет вид цепочки объектов управления: «стратегия → сценарий → инфраструктура → процессы → продукт», последовательная смена состояний которых приводит к решению задачи целенаправленного преобразования ОПК и созданию ценностного предложения, в формировании которого участвуют сквозные цифровые технологии Индустрии 4.0.

Проблемно-, аспектно- и предметно-ориентированные исследования в экономике и обобщения практического опыта преобразований внутренних инфраструктур экономических систем с использованием стека сквозных цифровых технологий, информационно-коммуникационного и социо-киберфизического менеджментов, очевидно, будут способствовать появлению в обозримом будущем «теории цифровой трансформации» в собственном смысле (устойчивой основы для осуществления цифровой трансформации), обосновывающей с единых методологических позиций всестороннее влияние условий внешней цифровой среды, как факторов влияния макроэкономического порядка, и комплексной динамики цифровизации технологического и хозяйственного укладов, как факторов влияния мезо- (регионального) и микроэкономического порядков на экономическую результативность бизнеса, развивающей науку об управлении и дополняющей известные положения теории управления изменениями в экономических системах, теории принятия решений, теории менеджмента, теории организации и др.

В прикладном аспекте идеология системного подхода к управлению изменениями ОПК (экономическое содержание технологической стратегии развития ОПК), по мнению заместителя председателя коллегии Военно-промышленной комиссии РФ О.Бочкарева, озвученному на форуме «ИТОПК-2021», может быть представлена специализированным «кодексом цифровой трансформации ОПК», объединяющим концептуальные подходы к реформированию сектора промышленной экономики и его критической инфраструктуры, проводимого на уровнях технологического и хозяйственного укладов ОПК для повышения цифровой зрелости бизнеса ОПК, создания адекватных институциональным условиям цифровой экономики и инфраструктурным условиям Индустрии 4.0 производственных отношений<sup>10</sup>, выполнения национальных проектов, программ и государственных заказов, в частности, вывода на рынок ОПК конкурентоспособной продукции, и достижения РФ технологического суверенитета и стратегических приоритетов в мире.

#### Список использованных источников

1. Аксенов К.В. Инновационное развитие промышленных предприятий оборонно-промышленного комплекса // Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2020. №1(8). – С. 192-198.
2. Жаринов И.О. Аналитическая модель экономического развития ОПК в процессах его модернизации и цифровой реиндустриализации // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2023. №3-2(141). – С. 91-102.
3. Шкарупета Е.В. Практические аспекты оценки цифровой зрелости промышленных предприятий в условиях пилотирования инноваций в цифровых сервисах ГИСП // Информатизация в цифровой экономике. 2023. Т.4. №1. – С. 9-22.
4. Жаринов И.О. Управление изменениями экономической системы оборонно-промышленного комплекса в контексте цифровой трансформации // Вестник Института экономики РАН. 2023. №3. – С. 30-44.
5. Полтерович В.М. Еще раз о том, куда идти: к стратегии развития в условиях изоляции от Запада // Журнал Новой экономической ассоциации. 2022. №3(55). – С. 238-244.
6. Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Сазыкин А.М., Сауренко Т.Н., Усиков Р.Ф. Макромодель структурных изменений оборонно-промышленного комплекса // Известия РАН. 2021. № 1(116). – С. 31-36.
7. Балашов А.И., Мартыанова Я.В. Реиндустриализация российской экономики и развитие оборонно-промышленного комплекса // Вопросы экономики. 2015. №9. – С. 31-44.

<sup>10</sup> Национальный индекс развития цифровой экономики РФ (технологическое измерение цифровизации государства) в экономическом секторе промышленности составляет 0,312, что соответствует 23-му месту в рейтинге стран мира, показатели цифровизации которых исследовались ГК «Росатом» и представлены в аннотированном отчете «Национального индекса развития цифровой экономики», 2018 г.

8. Батьковский А.М., Клочков В.В., Хрусталеv Е.Ю. Оценка модернизации производственного потенциала и технического перевооружения предприятий оборонно-промышленного комплекса // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 134. – С. 1434-1456.
9. Романов М.И. Динамика развития оборонно-промышленного комплекса России: проблемы и перспективы // Инновации и инвестиции. 2021. №2. – С. 209-212.
10. Каблов Е.Н. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. 2010. №4. – С. 2-7.
11. Гурьянов А.В., Бабенков В.И., Жаринов И.О. Интегрированные маркетинговые коммуникации Индустрии 4.0 // Управление экономикой: методы, модели, технологии: материалы XVIII междунар. науч. конф., г. Уфа, 18-20 октября 2018 г. Уфа: РИК УГАТУ. 2018. – С. 178-181.
12. Швырков А.В., Боков С.И. К вопросу об использовании аппарата искусственных нейронных сетей для оценки и прогнозирования финансовой устойчивости предприятий оборонно-промышленного комплекса // Известия РАН. 2021. №3(118). – С. 13-20.
13. Сухарев О.С. Институциональная теория технологических изменений: определения, классификация, модели // Journal of institutional studies. 2014. Т.6. №1. – С. 84-106.
14. Боков С.И. Проблема контроллинга инновационной модернизации оборонно-промышленного комплекса // Управление инновациями: теория, методология, практика. 2013. №6. – С. 35-39.
15. Лугачева Л.И., Соломенникова Е.А. Финансово-хозяйственные дисбалансы компаний оборонно-промышленного комплекса и функциональная поддержка государства // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т.10. №12. – С. 3249-3268.
16. Чемезов С.В., Волубеев Н.А., Коптев Ю.Н., Каширин А.И. О концепции опережающего инновационного развития и глобального технологического превосходства ГК «Ростех» // Инновации. 2023. №1(291). – С. 3-16.

УДК 338.624

**А.С. БОЕВ**, кандидат технических наук  
**Т.М. СТРОКОВА**, кандидат технических наук  
**А.М. ЖУКОВ**

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ОСОБЫЙ ПЕРИОД**

*Проанализированы особенности влияния наступления особого периода (предвоенного и военного времени) на возможность снижения стоимости жизненного цикла радиоэлектронной техники специального назначения. Выявлены и предложены возможные пути снижения затрат на разработку, серийное производство, войсковую эксплуатацию и ремонт образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) в особый период. Установлено, что за счет дополнений на особый период к государственным и отраслевым военным стандартам, определяющим требования к разработке, производству и эксплуатации техники РЭБ, возможно обеспечить снижение стоимости единичных образцов техники РЭБ в военное время по всем стадиям жизненного цикла на величину до 12%. Сложившиеся реалии развития системы вооружения войск РЭБ в условиях всестороннего санкционного давления на российскую экономику подчеркивают актуальность рассматриваемых вопросов.*

**Ключевые слова:** образец техники; особый период; радиоэлектронная борьба; дополнения к государственным и военным стандартам; технологическая подготовка производства; жизненный цикл.

Последние изменения военно-политических и социально-экономических условий, связанные с проведением Вооруженными Силами РФ специальной военной операции на Украине и наложением на Россию недружественными странами беспрецедентных санкций, приводят к необходимости принимать меры по оптимизации расходов на разработку, создание и эксплуатацию образцов радиоэлектронной техники специального назначения при ограниченных возможностях государства по удовлетворению потребностей в этой технике.

Особенностью радиоэлектронной техники специального назначения, разрабатываемой в условиях мирного времени, по мнению авторов, является частичная избыточность требований к некоторым тактико-техническим характеристикам и эксплуатационным свойствам образцов относительно условий применения в особый период (военное время). Такая избыточность объясняется обычной нацеленностью при создании новых образцов техники на возможность ее применения в долгосрочной перспективе [1]. Так, например, в особый период можно существенно снизить требования по реализации функций самоконтроля (самодиагностики), требования к свойствам долговечности используемых при производстве образцов радиоэлектронной техники специального назначения материалов, а также отказаться от длительной сертификации впервые разрабатываемых образцов.

Наступление особого периода значительно меняет ситуацию. Применение образцов радиоэлектронной техники специального назначения в особый период осуществляется в условиях, требующих увеличения объемов поставок существующей (серийно выпускаемой) для скорейшего восполнения потерь в ходе боевых действий, а также сокращения сроков разработки перспективной радиоэлектронной техники специального назначения, что требует больших материальных затрат, снижение которых особенно важно для государства. При этом выявление путей снижения стоимости образцов радиоэлектронной техники специального назначения на всех стадиях ЖЦ за счет учета особенностей ее разработки и использования в особый период является целью статьи и актуальной научно-практической задачей, решение которой предусматривает определение возможной степени такого снижения [2].

Разработка, производство, эксплуатация и ремонт военной техники в особый период производится в соответствии с дополнениями на особый период к действующим, вновь разрабатываемым и пересматриваемым государственным и отраслевым военным стандартам.

Дополнения к стандартам на особый период разрабатываются, как правило, в мирное время в соответствии с ГОСТ<sup>1</sup> и вводятся в действие по особому указанию.

Дополнения к стандартам на особый период разрабатываются с целью увеличения выпуска и удешевления изделий военной техники и допускают применение ряда специальных мер:

замену импортных дефицитных материалов, сырья и комплектующих изделий на менее дефицитные путем расширения ассортимента и допусков в требованиях к применяемым сырью и материалам (применение материалов-заменителей и более низкосортных материалов), используемым при производстве и эксплуатации изделий, а также применение сырья и материалов из близлежащих источников;

снижение в материалах содержания дефицитных компонентов;

внесение конструктивных изменений в изделия, направленные на упрощение технологии изготовления, сокращение производственного цикла, снижение норм расхода материалов и т.п.;

сокращение номенклатуры выпускаемых изделий и гарантийных сроков эксплуатации изделий; расширение допускаемых отклонений размеров, норм, показателей изделий, несущественных с точки зрения их прямого функционального назначения;

снижение требований к внешней отделке, покрытиям;

изменение методик, объема и периодичности испытаний, исключение отдельных категорий испытаний, уменьшение числа контролируемых параметров и уменьшение количества изделий, предъявляемых на проверку;

снижение требований к упаковке;

упрощение требований к способам маркировки, транспортированию (в том числе способам крепления грузов), а также к хранению (сокращению гарантийных сроков хранения).

Перечисленные изменения требований, норм, показателей и т.п. относительно основных стандартов по мнению авторов возможно принимать только при сохранении основных тактико-технических характеристик (ТТХ) стандартизуемых изделий и их эксплуатационной надежности<sup>2</sup> в течение прогнозируемого особого периода. Эти дополнения должны распространяться на конструкторскую документацию (КД), разрабатываемую в мирное время с целью изготовления, ремонта и эксплуатации по ней изделий военного назначения крупносерийного и массового производства в период военного времени (в расчетном году), и учитываться при по организации технологической подготовки производства (ТПП) изделий, вооружения и военной техники на особый период.

В процессе ТПП в особый период по согласованию с заказывающим органом Министерства обороны допускается, при сохранении ТТХ и эксплуатационной надежности изделий, изменение (в том числе уменьшение) объема работ путем:

исключения или сокращения ряда технологических процессов, операций или переходов, не являющихся определяющими при выпуске изделия, но позволяющих существенно сократить цикл ТПП при сохранении требуемого качества выпускаемой техники и соблюдении требований КД на особый период с учетом допустимых отклонений (объектами исключения или сокращения могут быть обработка отдельных поверхностей, их окраска, длительность режима обработки и т.п.);

применения унифицированных и более простых средств технологического оснащения;

замены импортных и дефицитных материалов, сырья и комплектующих изделий недефицитными материалами, сырьем и комплектующими изделиями отечественного производства путем расширения номенклатуры применения заменителей и низкосортных материалов, используемых для производства и эксплуатации изделий;

<sup>1</sup> ГОСТ 1.2-2015. Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены. М.: Стандартинформ, 2019.

ГОСТ Р 1.2-2020. Национальный стандарт РФ. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила внесения поправок и отмены. М.: Стандартинформ, 2020.

<sup>2</sup> ГОСТ 1.7-85. Государственная система стандартизации Российской Федерации. Порядок обеспечения стандартами и техническими условиями. М.: Стандартинформ, 1986.

конструктивных изменений, направленных на упрощение технологии изготовления изделий путем расширения допустимых отклонений в размерах, нормах, показателях, предъявляемых к продукции;

применения в процессе производства упрощенных средств контроля и измерений, изменения методик в части объема и периодичности испытаний, сокращения контролируемых параметров, исключения отдельных категорий испытаний, уменьшения количества изделий, предъявляемых на проверку;

снижения требований к маркировке и упаковке, межоперационному транспортированию, хранению и сокращению гарантийных сроков хранения.

В ходе проведения технико-экономических исследований перспектив развития образцов радиоэлектронной техники специального назначения на период до 2038 года с использованием методического аппарата, разработанного в ВУНЦ ВВС «ВВА» [3], были определены величины возможного снижения стоимости работ на каждой стадии жизненного цикла образцов радиоэлектронной техники специального назначения.

Применительно к каждой стадии ЖЦ образцов радиоэлектронной техники специального назначения снижение их стоимости (при неизменных условиях оплаты труда лиц, задействованных на рассматриваемых стадиях ЖЦ) в особый период возможно за счет следующих основных направлений.

Исходя из структуры затрат на проведение прикладных НИР [3; 4], снижение уровней новизны и конструктивной сложности планируемого к разработке образца радиоэлектронной техники специального назначения, не влияющих на реализацию заданных общих технических требований (в том числе требований к эффективности его применения в военное время), может уменьшить затраты на величину до 2-4% за счет снижения трудоемкости проводимых работ. При этом снижение конструктивной сложности планируемого к разработке образца техники РЭБ может сократить (либо исключить) необходимые кооперационные связи, что снизит (или исключит) затраты на сторонние организации при проведении прикладной НИР в целом до 5%.

В итоге снижение затрат на проведение НИР по всем перечисленным позициям может составить 2-9%.

Для ОКР возможные направления снижения затрат могут обеспечить следующие показатели стоимости [3-5]:

сокращение сроков проведения отдельных этапов, обусловленное снижением требований к уровню некоторых характеристик разрабатываемого опытного образца радиоэлектронной техники специального назначения (например, уменьшение числа контролируемых параметров в ходе государственных испытаний образцов), или полное исключение некоторых этапов ОКР (например, этапа сертификации изделий) в целом может снизить затраты на 3-5%;

использование более дешевых материалов для создания опытного образца приведет к снижению затрат на ОКР до 4% для материалоемких образцов и до 2% для среднеемких образцов;

сокращение количества предъявляемых на государственные испытания опытных образцов приведет к снижению затрат на ОКР на величину 2-3% за счет уменьшения расходов на материалы, времени производства.

В целом затраты на ОКР в особый период могут быть снижены примерно на 9-12%.

Стоимость изделий в серийном производстве может быть снижена за счет следующих факторов [3]:

уменьшение типажа закупаемой в военное время радиоэлектронной техники специального назначения, позволяющее увеличить объем серии до массового производства (от 10 до 100 изделий в год), приведет к снижению стоимости изготовления одного образца на 10-15%;

упрощение технологического процесса и оснастки, использование стандартизованных и унифицированных составных частей и комплектующих изделий, упрощение требований к способам маркировки, снижение требований к упаковке, упрощение способов транспортировки в процессе производства, в том числе и к способам крепления грузов, приведет к удешевлению изготовления образцов не менее чем на 2-3%;

использование более дешевых материалов (отечественных вместо импортных, недефицитных, низкосортных, материалов близлежащих источников), а также снижение норм расхода материалов приведут к снижению затрат на изготовление образцов техники малой группы сложности на 2-3% и до 6% для групп большой сложности (по трудоемкости и материалоемкости).

Необходимо заметить, что переход на трехсменную работу предприятий-изготовителей радиоэлектронной техники специального назначения влечет за собой необходимость увеличения в соответствии с законодательством Российской Федерации затрат на оплату труда персонала, привлекаемого к работе в ночное время. Это обстоятельство, исходя из структуры затрат на серийное производство образцов радиоэлектронной техники специального назначения, в среднем увеличит стоимость выпускаемой серийной продукции на величину до 10%.

В совокупности реализация указанных направлений изменения затрат в итоге может снизить стоимость серийного производства образцов радиоэлектронной техники специального назначения на 4-14%.

Для пуско-наладочных работ, переоборудования, капитального ремонта и восстановления в войсках негарантийной техники выездными бригадами снижение стоимости на 3-5% возможно обеспечить за счет<sup>3</sup>:

упрощения технологии проведения работ;  
сокращения сроков переналадки средств технического оснащения;  
расширения допускаемых отклонений размеров, норм, показателей ремонтируемых изделий;  
использования более дешевых материалов;  
проведения работ в местах рассредоточения (боевого использования) радиоэлектронной техники специального назначения.

Снижение стоимости эксплуатации образцов радиоэлектронной техники специального назначения на 1,5-2% возможно достичь<sup>4</sup>:

упрощением требований к хранению и сокращению гарантийных сроков эксплуатации и хранения; частичным снижением требований по эргономике.

Расчет величины снижения затрат на один образец радиоэлектронной техники специального назначения в целом по всем стадиям ЖЦ производится по формуле:

$$\Delta Ц = \sum_{i=1}^I k_i y_i,$$

где  $\Delta Ц$  – величина снижения стоимости ЖЦ образца радиоэлектронной техники специального назначения в военное время, выражаемая в процентах;

$i = (1, I)$  – номер стадии ЖЦ образца радиоэлектронной техники специального назначения;

$k_i$  – весовой коэффициент стоимости  $i$ -й стадии ЖЦ образца в общей стоимости;

$y_i$  – величина снижения стоимости  $i$ -й стадии ЖЦ образца техники в особый период, выраженная в процентах.

Величины снижения стоимости образцов радиоэлектронной техники специального назначения за счет перечисленных выше факторов определены с использованием методического аппарата, учитывающего изменение затрат по статьям калькуляции в структуре цены на каждой стадии ЖЦ [1-4]. Возможные величины снижения стоимости разработки, серийного производства, восстановительного ремонта и эксплуатации радиоэлектронной техники специального назначения представлены в таблице 1.

<sup>3</sup> См.: [3]; Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662383. Правообладатель: ВУНЦ ВВС «ВВА». Заявка №2014660021. Дата поступления 07 октября 2014 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 28 ноября 2014 г. Бывших Д.М., Орлов В.А., Аносов Р.С., Боев А.С., Строкова Т.М., Коробейников П.А., Пасичник В.А., Тишина Е.А. Программа расчета контрактных цен пуско-наладочных работ техники РЭБ.

<sup>4</sup> См.: [3]; Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662187. Правообладатель: ВУНЦ ВВС «ВВА». Заявка №2014660022. Дата поступления 07 октября 2014 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 25 ноября 2014 г. Бывших Д.М., Орлов В.А., Аносов Р.С., Боев А.С., Строкова Т.М., Коробейников П.А., Гарашук Е.А., Тишина Е.А. Программа расчета затрат на эксплуатацию техники РЭБ.

Весовые коэффициенты стоимости образца на каждой СЖЦ ( $k_i$ ) определены следующим образом.

В ходе проведения ВУНЦ ВВС «ВВА» технико-экономических исследований по обоснованию предложений в проекты государственных программ вооружения, формируемых в период до 2034 года, были определены усредненные значения относительных (относительно стадии «серийное производство») коэффициентов пересчета стоимостей стадий ЖЦ образцов радиоэлектронной техники специального назначения. Для примера в таблице 2 приведены фактические значения таких коэффициентов для техники радиоэлектронного подавления (РЭП) радиосвязи.

Анализ технико-экономических показателей образцов радиоэлектронной техники специального назначения за последние два десятилетия показывает, что представленные в таблице 1 количественные соотношения в целом остаются актуальными и в настоящее время. Также необходимо отметить, что при определении стоимости ЖЦ единичных образцов радиоэлектронной техники специального назначения необходимо учитывать объем их серийного выпуска. Поэтому в нашем случае коэффициенты пересчета стоимости НИОКР из таблицы 2 следует разделить на объем серии.

Практически эта процедура проведена на примере определения весовых коэффициентов стоимости стадий ЖЦ единичного образца комплекса «Палантин» путем нормирования коэффициента  $\alpha_i$  для объема ожидаемой серии ориентировочно в 20 единиц и проведения восстановительного ремонта.

Результаты преобразования таблицы 2 и определения весовых коэффициентов стоимости каждой стадии ЖЦ для единичного образца комплекса «Палантин» представлены в таблице 3 (строки 1 и 2 соответственно).

Возможная величина снижения стоимости одного образца техники РЭП радиосвязи в целом по всем стадиям ЖЦ, рассчитанная по формуле 1 с учетом представленных в таблицах 1 и 3 оценок, составляет 4,5-10,6%. При использовании данных о коэффициентах пересчета стоимостей стадий ЖЦ для других типов радиоэлектронной техники специального назначения подобные оценки могут составить от 4 до 12%.

Таблица 1 – Возможные (ориентировочные) значения снижения стоимости затрат на различных стадиях ЖЦ образцов техники РЭБ в особый период ( $y_i$ )

СЖЦ, (i)	Величина снижения стоимости работ на СЖЦ в особый период, %				
	НИР ( $y_1$ )	ОКР ( $y_2$ )	СП ( $y_3$ )	Рем ( $y_4$ )	Экс ( $y_5$ )
$y_i$	2-9	9-12	4-14	3-5	1,5-2

Таблица 2 – Значение относительных коэффициентов пересчета стоимостей стадий ЖЦ для техники РЭП радиосвязи ( $\alpha_i$ )

СЖЦ, (i)	НИР	ОКР	СП	Рем	Экс
$\alpha_i$	1,5	9,09	1	0,2	0,3

Таблица 3 – Значения относительных коэффициентов пересчета стоимостей СЖЦ ( $\alpha_i$ ), а также весовых коэффициентов стоимости стадий ЖЦ единичного образца техники РЭП радиосвязи ( $k_i$ )

СЖЦ	НИР	ОКР	СП	КР	ЭК
$\alpha_i$	0,075	0,45	1	0,2	0,3
$k_i$	0,037	0,22	0,49	0,1	0,15

Таким образом, реализация в особый период (военное время) предложенных практических путей снижения стоимости образцов радиоэлектронной техники специального назначения, основанных на анализе факторов, влияющих на значение затрат на различных стадиях ее ЖЦ, позволит обеспечить такое снижение на величину до 12% от сложившихся в настоящее время уровней. Это позволит в рамках ограниченных финансовых ресурсов, выделяемых на государственный оборонный заказ, при наличии свободных производственных мощностей на предприятиях-изготовителях увеличить объем серийного выпуска образцов радиоэлектронной техники специального назначения, наиболее востребованных для оснащения и восполнения потерь Вооруженных Сил РФ в особый период.

#### Список использованных источников

1. Богатин Ю.В., Сульповар Л.Б., Ломазов М.Е. Качество техники и экономика. М.: Экономика, 1973. – 295 с.
2. Аносов Р.С., Бывших Д.М., Зеленская С.Г. Влияние внешнесистемных параметров на прогнозируемую стоимость стадий жизненного цикла образцов техники радиоэлектронной борьбы // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: Новые источники роста: материалы IV Всеросс. науч.-практ. конф., г. Москва, 21 апреля 2021 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. – С. 13-21.
3. Аносов Р.С., Боев А.С., Бывших Д.М., Гаращук Е.А., Пасичник В.А., Строкова Т.М. Прогнозирование технико-экономических показателей образцов техники радиоэлектронной борьбы: монография. Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 226 с.
4. Гаращук Е.А., Зеленская С.Г., Перцев Ю.А. Оценка технико-экономических показателей радиоэлектронной техники на начальных стадиях жизненного цикла // Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: материалы II Всеросс. науч.-практ. конф., г. Москва, 23 апреля 2019 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – С. 35-39.
5. Акиншин О.Н., Старожук Е.А. Методика определения базисной цены на НИОКР образцов вооружения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып.1. – С.348-356.

---

# ***МЕНЕДЖМЕНТ***

**В.В. АЛЕКСЕЕВ**, кандидат технических наук  
**С.И. БОКОВ**, доктор экономических наук,  
профессор  
**У.А. ПЕСТУН**, кандидат экономических наук

## ИНСТРУМЕНТЫ ТЕОРИИ РЫНОЧНОЙ КОНКУРЕНЦИИ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЕ)

*В статье предложено использование инструментов теории рыночной конкуренции для анализа процессов импортозамещения электронных компонентов в радиоэлектронной аппаратуре. Построены мультипликативная функция полезности и ограничительная функция, зависящие от количества отечественной и импортной электронной компонентной базы. На основании решения задачи поиска максимума полезности с использованием указанных функций построена зависимость доли применения отечественной электронной компонентной базы в радиоэлектронной аппаратуре в зависимости от мотивационного соотношения. Общее мотивационное соотношение представлено мультипликативной функцией частных мотивационных соотношений, связанных с техническими, ценовыми, сервисными свойствами электронной компонентной базы и уровнем нормативного регулирования процессов импортозамещения. Рассмотрены примеры различных сценариев импортозамещения.*

**Ключевые слова:** импортозамещение; электронная компонентная база иностранного производства; электронная компонентная база отечественного производства; функция полезности.

Вопросы импортозамещения электронной компонентной базы иностранного производства (ЭКБ ИП) на электронную компонентную базу отечественного производства (ЭКБ ОП) являются насущной проблемой текущего состояния процессов локализации производства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в России. В государственных документах стратегического планирования развития радиоэлектронной отрасли отмечено отсутствие у потребителей (заказчиков) мотивации к использованию отечественной электронной продукции. В связи с этим задача исследования процессов импортозамещения в рамках анализа мотивационных подходов актуальна.

Необходимо отметить, что процессы импортозамещения можно рассматривать в рамках теории рыночной конкуренции, что также подчеркивалось в работе [1]. В качестве иллюстрации причинно-следственных связей указанных процессов на рисунке 1 приведена диаграмма, где показаны два альтернативных вида товара – ЭКБ ИП и ЭКБ ОП. При этом доля применения ЭКБ ОП и ЭКБ ИП в РЭА определяется соотношением их свойства и характеристик: технических, ценовых, сервисных, нормативных.

В соответствии с классической экономической теорией<sup>1</sup> указанные процессы можно анализировать с помощью инструмента кривых безразличия и бюджетных линий. Кривые безразличия строятся на основании функций полезности. Функции полезности определяют сочетания различных товаров, которые для потребителя имеют одинаковую предпочтительность. Наиболее часто применяется мультипликативная функция полезности. В случае процессов импортозамещения такими товарами выступают ЭКБ ОП и ЭКБ ИП. Функция полезности  $U$  в этом случае имеет следующий вид:

$$U = N_{оп}^a \times N_{ип}^b, \quad (1)$$

где  $N_{оп}^a$  – количество применяемой ЭКБ ОП;  $N_{ип}^b$  – количество применяемой ЭКБ ИП;  $a$  и  $b$  – показатели, определяющие степень предпочтения со стороны потребителя к использованию ЭКБ ОП и ЭКБ ИП соответственно.

<sup>1</sup> См.: Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс: принципы, проблемы и политика: учебник. Пер. с 13-го англ. изд. М.: Инфра-М, 1999. – 974 с.; Басовский Л.Е., Басовская Е.Н. Экономическая теория: учеб. пособие. М.: Инфра-М, 2010. – 375 с.; см. также [2; 3].

Эти показатели определяются несколькими видами мотивации в соответствии с рисунком 1.

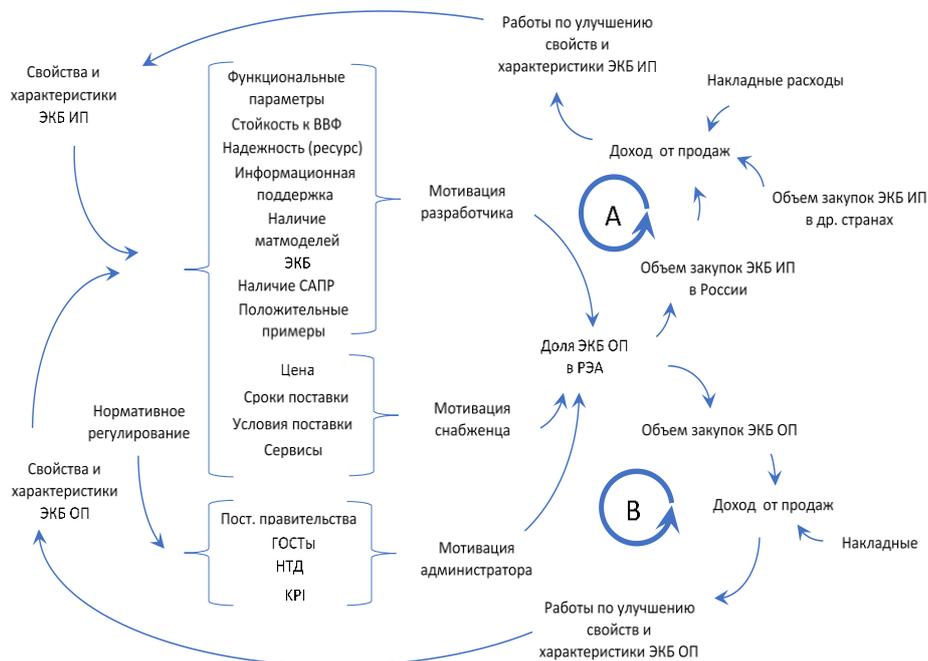


Рисунок 1 – Причинно-следственная диаграмма мотивации применения ЭКБ ОП

Кривая безразличия в соответствии с (1) определяется следующим выражением:

$$N_{ип} = \left( \frac{U}{N_{оп} a} \right)^{\frac{1}{b}} \tag{2}$$

График функции, определяемый выражением (2), приведен на рисунке 2 для трех сочетаний показателей  $a$  и  $b$ . При  $a = b$  мотивация применения ЭКБ ИП и ЭКБ ОП одинаковы. При  $a = 2, b = 1$  мотивация применения ЭКБ ОП больше мотивации применения ЭКБ ИП. На графике это свойство отображено тем, что при больших значениях  $N_{оп}$  величина  $N_{ип}$  меньше, чем в предыдущем случае. Для  $a = 1, b = 2$  ситуация меняется на противоположную.

В качестве ограничения (бюджетной линии) в процессах применения ЭКБ в РЭА выступает следующее выражение:

$$N = N_{оп} + N_{ип}, \tag{3}$$

где  $N$  – постоянная величина, равная количеству применяемой в РЭА ЭКБ.

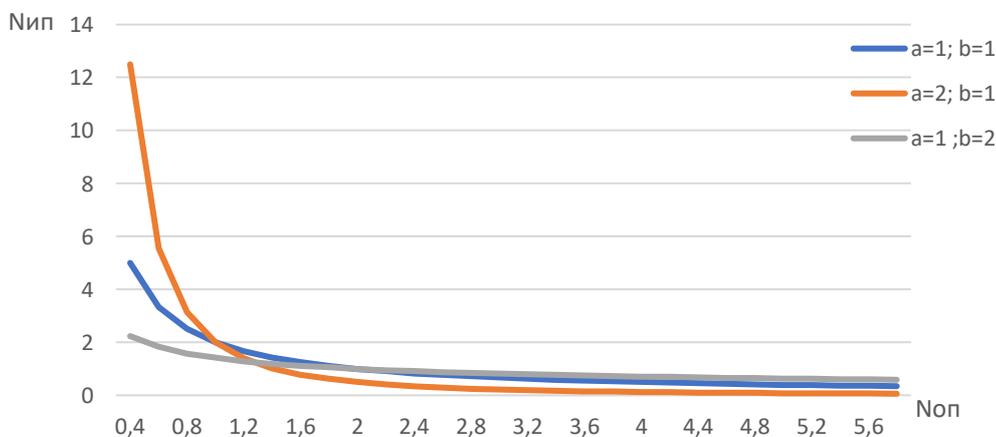


Рисунок 2 – Кривая безразличия при различных значениях мотивации

В отличие от классической теории, где ограничительная линия определяется бюджетом потребителя, в данном случае ограничительная линия определяется количеством ЭКБ, необходимой для производства РЭА.

Уравнение ограничительной линии в соответствии с (3) имеет следующий вид:

$$N_{ип} = N - N_{оп}. \tag{4}$$

На рисунке 3 приведен график ограничительной линии для  $N = 100$  и графики для двух сочетаний показателей  $a$  и  $b$  в соответствии с рисунком 2. При этом значение  $U$  выбиралось из условия совпадения ограничительной линии и кривой безразличия в одной точке. Это условие обеспечивает при заданном ограничении максимум полезности  $U$ .

Как видно из рисунка, при одинаковой для потребителя полезности ЭКБ ИП и ЭКБ ОП ( $a = b$ ) ограничительная линия пересекается с кривой безразличия в точке (50; 50), а при  $a = 1$  и  $b = 2$  в точке (35; 65). Таким образом, при мотивации потребителя к применению ЭКБ ИП в 2 раза большей, чем к ЭКБ ОП, доля ЭКБ ИП составляет 65%, а при одинаковой мотивации – 50%.

В настоящее время разработчики РЭА в наибольшей степени мотивированы к использованию ЭКБ ИП. Это состояние соответствует соотношению  $b > a$ . Преобразуем выражение (1) путем извлечения корня степени  $a$  из левой и правой части:

$$U^{\frac{1}{a}} = N_{оп} \times N_{ип}^{\frac{b}{a}}. \tag{5}$$

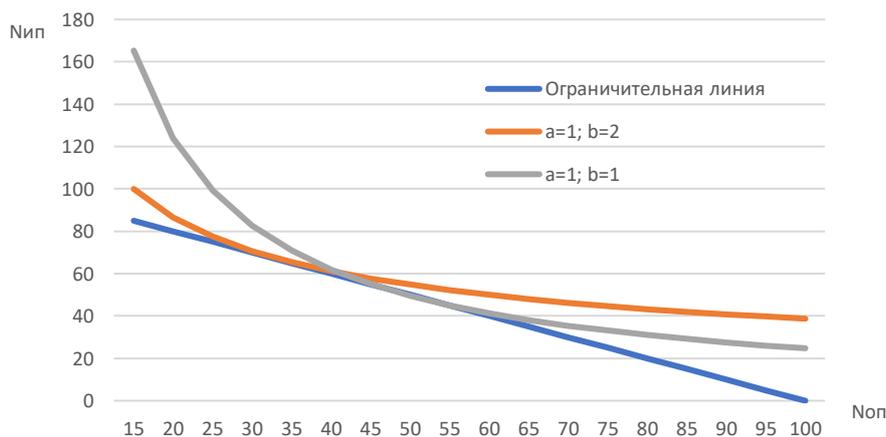


Рисунок 3 – Влияние мотивации на количество применяемой ЭКБ ОП

Обозначим степень переменной  $N_{ип}$  символом  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{b}{a}. \tag{6}$$

Переменная  $\gamma$  обозначает отношение мотивации разработчика РЭА по применению ЭКБ ИП к мотивации применения ЭКБ ОП. Будем называть ее мотивационным отношением. На рисунке 4 приведена зависимость доли ЭКБ ИП в РЭА в зависимости от мотивационного соотношения  $\gamma$ . Зависимость определяется следующим уравнением:

$$D = \frac{N_{оп}}{N_{оп} + N_{ип}} = 0,5 - 0,22 \ln(\gamma). \tag{7}$$

Уравнение (7) определено методом наименьших квадратов на основании, рассчитанных выше данных. При этом обеспечивается погрешность расчета менее 4%. Следует отметить, что указанной зависимостью можно пользоваться и при  $a > b$ . В этом случае по осям абсцисс и ординат нужно откладывать значения  $1/\gamma$  и  $1/D$  соответственно [4; 5].

Из полученной зависимости следует, что наибольшая чувствительность доли ЭКБ ОП в РЭА к уровню мотивации соответствует точке (1; 0,5), где мотивации применения равны и доля ЭКБ ОП составляет 50%. По мере увеличения мотивации скорость изменения снижается. Например, снижение доли ЭКБ ОП с 0,5 до 0,4 требует увеличения мотивации в применении ЭКБ ИП в 1,5 раза, а снижение доли до 0,2 требует увеличения мотивации в 4 раза.

Как указывалось выше, параметры  $a$  и  $b$  зависят от набора мотивирующих свойств и характеристик ЭКБ, указанных выше (технические, ценовые и т.д.). Следовательно, параметры  $a$  и  $b$  являются функциями от указанных характеристик. Если одна из характеристик является неприемлемой, то остальные характеристики уже не имеют значения. Этому условию отвечает мультипликативная функция:

$$a = \prod_{i=1}^M p_{i_{оп}}; b = \prod_{i=1}^M p_{i_{ип}}, \quad (8)$$

где  $M$  – число характеристик и свойств ЭКБ;  $p_{i_{оп}}$  и  $p_{i_{ип}}$  – значения  $i$ -го свойства (характеристики) ЭКБ ОП и ЭКБ ИП соответственно.

Подставим функции (8) в выражение (6):

$$\gamma = \prod_{i=1}^M \frac{p_{i_{ип}}}{p_{i_{оп}}} = \prod_{i=1}^M \gamma_i, \quad (9)$$

где  $\gamma_i$  – отношение  $i$ -й характеристики ЭКБ ИП к  $i$ -й характеристике ЭКБ ОП или  $i$ -е мотивационное отношение.

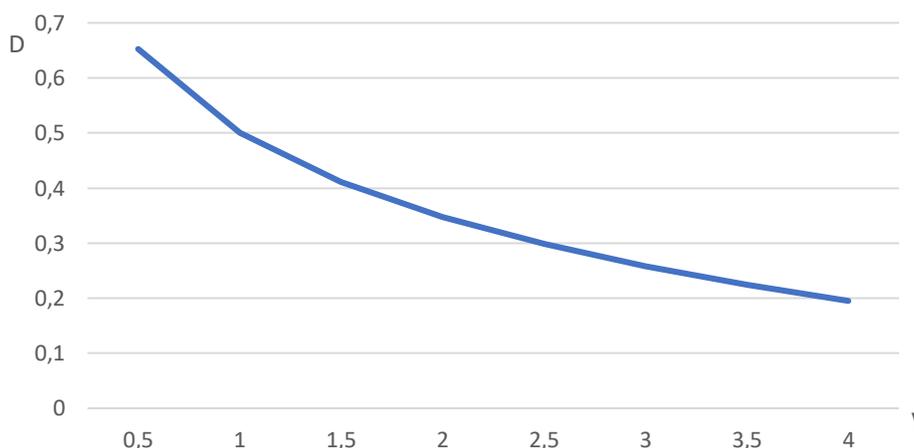


Рисунок 4 – Зависимость доли ЭКБ ИП в РЭА от мотивационного соотношения

Рассмотрим случай, когда достигнута ситуация паритета ЭКБ ОП и ЭКБ ИП по основным свойствам и характеристикам ( $p_{i_{ип}} = p_{i_{оп}}$ ). В этом случае  $\gamma = 1$  – получаем  $D = 0,5$  (рисунок 4). Указанная доля применения ЭКБ ОП не обеспечивает высокий уровень импорто-независимости. Для достижения более высоких значений  $D$  необходимо увеличивать мотивационное отношение  $\gamma$  за счет частных мотивационных отношений  $\gamma_i$ . В первую очередь это меры нормативного регулирования. Известно, что в специальной РЭА, где действуют более жесткие нормативные ограничения на применение ЭКБ ИП, значения  $D$  больше равновесного уровня 0,5. Напротив, в коммерческой РЭА, где нормативные ограничения более либеральны, значения  $D$  меньше равновесного уровня 0,5. Следующими путями повышения мотивационных соотношений являются в соответствии с рисунком 1:

- повышение технологического уровня производителей ЭКБ ОП;
- снижение цены ЭКБ ОП;
- снижение затрат на работы, связанные с заменой ЭКБ ИП на ЭКБ ОП в РЭА;
- улучшение сервиса по поддержке разработчика РЭА;
- улучшение логистики и др.

Следует отметить, что в рамках рассматриваемой задачи снижение затрат на покупку ЭКБ ОП и замену ЭКБ ИП как за счет оптимизации накладных расходов, так и за счет мер господдержки разработчик РЭА воспринимает как увеличение мотивации [6].

В таблице 1 приведены примеры различных сценариев значений частных мотивационных соотношений и соответствующее им значение  $D$  (доля ЭКБ ОП в РЭА). В таблице приняты следующие обозначения для мотивационных соотношений:

$\gamma_1$  – по техническим, функциональным и эксплуатационным характеристикам ЭКБ;

$\gamma_2$  – по ценовым характеристикам ЭКБ;

$\gamma_3$  – по уровню сервиса продаж и обслуживания ЭКБ;

$\gamma_4$  – по уровню нормативного регулирования процессов снижения уровня применения ЭКБ ИП.

При выборе значений частных мотивационных соотношений для регулируемого рынка рассматривалась в большей степени та его часть, которая относится к РЭА специального назначения. Частные показатели  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$  для коммерческого и регулируемого рынков меньше единицы, т.к. по этим показателям, особенно для высокотехнологичной ЭКБ, отечественная продукция уступает импортной. Показатели  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  для коммерческого рынка немного меньше в связи с тем, что в специальной РЭА используют ЭКБ ИП индустриального уровня, которая дороже ЭКБ ИП коммерческого уровня и в ряде случаев ниже по функциональным возможностям. Это связано с тем, что увеличение стойкости ЭКБ к внешним воздействиям приводит к снижению ее функциональных возможностей.

Таблица 1 – Примеры возможных сценариев импортозамещения ЭКБ

Наименование сценария	Частные мотивационные отношения				$\gamma$	$D$
	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$\gamma_4$		
Состояние паритета	1	1	1	1	1	0,5
Коммерческий рынок	0,7	0,7	0,7	0,8	0,27	0,21
Паритет на коммерческом рынке	1	1	1	0,8	0,8	0,45
Регулируемый рынок	0,9	0,8	0,7	4	2	0,75
Паритет на регулируемом рынке	1	1	1	4	4	0,8

Из таблицы 1 видно, что на коммерческом рынке, где уровень нормативного регулирования не может быть высоким, основным путем повышения доли применения ЭКБ ОП является увеличение показателей  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$ . Для этого необходимо создание современной высокотехнологичной отрасли производства электронных компонентов, не уступающих зарубежным аналогам и даже превосходящих. Эта задача требует развития индустрии электронного машиностроения и специальных особо чистых материалов. Одним из важных путей повышения сервисного обеспечения жизненного цикла ЭКБ ОП является разработка отечественных САПР для проектирования ЭКБ и РЭА. Для снижения финансовых затрат на покупку и применение ЭКБ ОП необходимы меры государственной поддержки, т.к. современная электронная отрасль России не в достаточной степени конкурентная в сравнении с ведущими производителями ЭКБ ИП.

Представленные в статье подходы позволяют рассматривать мероприятия импортозамещения как единый многофакторный процесс в рамках теории рыночной конкуренции. Предложенный методический подход дает возможность разбиения общей задачи на подзадачи и установления для каждой подзадачи частного критерия. В свою очередь, это позволяет оценивать текущее состояние процессов импортозамещения и вырабатывать сбалансированные перспективные планы с учетом их межотраслевого характера.

### Список использованных источников

1. Алексеев В.В., Боков С.И. Совершенствование научно-методического аппарата процессов снижения импортозависимости радиоэлектронной аппаратуры от ЭКБ иностранного производства // Электроника: наука, технология, бизнес. 2021. №1(201). – 162-165 с.
2. Смагин Б.И. Некоторые свойства производственной функции Кобба-Дугласа // Экономика и математические методы. 1990. Т.26. №3. – С. 5-7.
3. Якимова Е.С. Переходный процесс модели Солоу в производственной функции Кобба-Дугласа // Интернаука. 2021. №16-3(192). – С. 15-16.
4. Емельяненко И.Н., Литвинова К.А., Камалова Н.С. Системный анализ при проектировании предприятий в секторе импортозамещения // Воронежский научно-технический вестник. 2020. Т.2. №2(32). – С. 18-25.
5. Голованчиков А.Б., Минь К.Д., Шибитова Н.В. Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов и методом наименьших относительных квадратов // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2019. №1(26). – С. 42-44.
6. Хрусталёв Е.Ю., Жуков А.О., Пестун У.А. К вопросу организации устойчивого управления социальной и экономической системами в условиях требуемой обороноспособности государства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017. Т. 13. № 10 (355). С. 1818-1837.

---

***Аннотации и ключевые слова***

***Abstracts and keywords***

А.А. Протасов  
А.В. Ширманов  
С.И. Радоманов

A.A. Protasov  
A.V. Chirmanov  
S.I. Radomanov

**Основные направления использования  
искусственного интеллекта  
в автоматизированных системах  
управления**

**Main Directions of Artificial Intelligence  
Assistance in Automated Control Systems**

Рассматриваются задачи автоматизации органов управления на базе технологий искусственного интеллекта, в частности, технологий обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), а также развитие этих технологий в направлении перехода к так называемому универсальному (сильному) искусственному интеллекту (Artificial General Intelligence, AGI) и к восстановлению свойств интерпретируемости тех решений, которые формируются модулями с искусственным интеллектом. Формулируются основные положения терминоведческого подхода на примере термина «искусственный интеллект».

*Ключевые слова:* органы управления; автоматизированные системы; искусственный интеллект; универсальный искусственный интеллект; обработка естественного языка; семантический анализ; онтологии; терминология.

The article considers certain automation tasks of the command and control management, based on artificial intelligence technologies, in particular, Natural Language Processing technologies (NLP). Authors also pay attention to the development of these technologies in the direction to the so-called universal artificial intelligence (Artificial General Intelligence, AGI) transition, and the interpretability properties restore of the solutions that are formed by modules. The main provisions of the terminological approach are formulated on the example of the term “artificial intelligence”.

*Keywords:* command and control management; automated systems; artificial intelligence; universal artificial intelligence; natural language processing; semantic analysis; ontologies; terminology.

А.С. Горский  
В.М. Полушкин  
Р.И. Князев

A.S. Gorsky  
V.M. Polushkin  
R.I. Knyazev

### **Распознавание образов на основе методов машинного обучения с подкреплением**

В статье рассматривается подход к решению задачи распознавания образов, объединяющий метод обучения с подкреплением на основе временных различий с архитектурой «исполнитель-критик» в виде глубоких искусственных нейронных сетей и использованием модели окружающей среды. Предложен методический аппарат, который может быть использован при разработке алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) на основе обучения с подкреплением как для решения задачи распознавания образов, так и для других задач ИИ в условиях, когда обучение с учителем (без учителя) имеет организационные сложности или требует больших затрат времени и ресурсов.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект; машинное обучение с подкреплением; метод на основе временных различий; метод «исполнитель-критик»; распознавание образов; функция ценности.

### **Pattern Recognition Based on the Machine Reinforcement Learning Methods**

The paper considers an approach to the pattern recognition problem solution that combines the method of reinforcement learning based on temporal differences between the “performer-critic” architecture in the form of deep artificial neural networks and the use of an environmental model. A methodical apparatus is proposed, which can be used in the artificial intelligence (AI) algorithms development based on reinforcement learning both for the pattern recognition problem solution and other AI tasks in conditions where supervised learning (unsupervised learning) has organizational difficulties or is time- and resource-consuming.

*Keywords:* artificial intelligence; machine reinforcement learning; method based on time differences; method “performer-critic”; pattern recognition; value function.

И.А. Карпачев  
В.В. Морозов

I.A. Karpachev  
V.V. Morozov

**Методический подход  
к формализованной оценке  
военной безопасности государства**

**A Methodical Approach  
to the National Military Security  
Formalized Assessment**

В статье представлен методический прием построения областей преимущества противоборствующих сторон, с учетом экспертных оценок неприемлемого ущерба в ответных действиях, являющегося достаточной гарантией для сдерживания любой из противоборствующих сторон от агрессии, областей преимущества сторон, устойчивого равновесия и области неустойчивого состояния в относительных показателях оценки эффективности действия сторон.

The article presents a methodical technique for the warring parties advantage areas construction, taking into account expert assessments of retaliatory actions unacceptable damage, which is a sufficient guarantee for deterrence against any aggression of the warring parties, areas of parties advantage, stable equilibrium, and unstable areas in relative indicators of the parties actions effectiveness evaluation.

*Ключевые слова:* методический прием; неприемлемый ущерб в ответных действиях; устойчивое равновесие; оценка эффективности действия сторон; военная безопасность государства.

*Keywords:* methodical technique; retaliatory actions unacceptable damage; stable equilibrium; the effectiveness of the parties actions; the national military security.

П.С. Воробьев  
Г.С. Толстов

P.S. Vorobyov  
G.S. Tolstov

**Гибридная математическая модель информационных потоков в высокоскоростных и низкоскоростных каналах военной связи с регулированием перегрузки и приоритетами обработки многопоточного трафика**

**Hybrid Mathematical Information Flows Model in High-Speed and Low-Speed Military Communication Channels with Congestion Control and Multithreaded Traffic Processing Priorities**

В статье рассматриваются вопросы создания расчетной модели в интересах обоснования рациональной политики управления загрузкой каналов военной связи различной пропускной способности в условиях нестационарных потоков смешанного многопоточного TCP и UDP трафика, при реализации различных алгоритмов управления перегрузкой и различных приоритетов обработки трафика. Для высокоскоростных потоков пакетного трафика по протоколам TCP и UDP в магистральных каналах связи разработана жидкостная модель на основе системы дифференциальных уравнений баланса потоков данных, для низкоскоростных потоков в линиях связи конечных абонентов тактического и оперативного уровней управления разработана расчетная модель процесса доставки многопакетных сегментов в иерархической сети передачи данных на основе параллельных конечных марковских цепей.

*Ключевые слова:* информационный поток; алгоритм предотвращения перегрузки; пропускная способность канала; жидкостная модель; конечная марковская цепь.

The article deals with the issues of a computational model creation in the interests of the rational policy justification of load management of military different capacity communication channels under non-stationary flows of mixed multithreaded TCP and UDP traffic, with the implementation of different algorithms of congestion control and traffic processing priorities. For high-speed flows of packet traffic upon TCP and UDP protocols in trunk communication channels a fluid model based on the system differential levels of data balance flow is developed, for low-speed flows in communication lines of end subscribers of tactical and operational levels of a computational model control for the multi-packet segments delivery in a hierarchical data transmission network based on parallel finite Markov chains is developed.

*Keywords:* information flow; congestion avoidance algorithm; channel capacity; fluid model; finite Markov chain.

В.С. Лугавов  
В.Д. Лугавова

V.S. Lugavov  
V.D. Lugavova

### Об эффективности поражения групповой цели

### On the Effectiveness of a Group Target Hitting

В работе рассматривается применение средств поражения по рассредоточенной групповой цели, представляющей совокупность элементарных (одиночных, малоразмерных) целей. Предполагается, что средства поражения применяются без перенацеливания, независимо, в одинаковых условиях, а среднее необходимое число попаданий в каждую элементарную цель равно единице. Примем в качестве оценки эффективности применения средств поражения математическое ожидание числа пораженных элементарных целей. В статье найдено распределение средств поражения по групповой цели, при котором это математическое ожидание достигает максимума, а также исследованы асимптотические свойства среднего ущерба, наносимого групповой цели, при этом распределении.

*Ключевые слова:* элементарная цель; рассредоточенная групповая цель; эффективность поражения групповой цели.

This paper considers the dispersed group target weapon application, which is a set of elementary (single, small-sized) targets. It is assumed that the weapons are used without redirecting, independently, in the same conditions, and the average required number of hits on each elementary target is equal to one. Let us take the mathematical expectation of the number of hit elementary targets as the weapon effectiveness estimation. The paper finds the distribution of weapons on a group target at which this mathematical expectation reaches a maximum, and also investigates the asymptotic properties of the average damage inflicted on a group target at this distribution.

*Keywords:* elemental target; dispersed group goal; the effectiveness of hitting a group target.

С.Ф. Викулов  
Н.В. Фиров

S.F. Viculov  
N.V. Firov

**К вопросу прогнозирования  
возможностей государства  
по ресурсному обеспечению  
строительства Вооруженных Сил РФ**

**On the Issue of the State Resource  
Prediction Capabilities to the Armed  
Forces of the Russian Federation  
Development**

Рассмотрены методические вопросы прогнозирования объема ассигнований, выделяемых государством на национальную оборону в интересах оценки ресурсного обеспечения строительства Вооруженных Сил РФ. Показано, что использование при статистическом анализе валового внутреннего продукта заявленных и исполненных объемов ассигнований на национальную оборону не годовых индивидуальных наблюдений, а предложенных в статье кумулятивных значений исследуемых показателей за пятилетний период существенно повышает достоверность прогноза.

*Ключевые слова:* прогнозирование; расходы на национальную оборону; статистический анализ; доверительная вероятность.

The methodical issues of prediction of the allocation allowed by the state for national defense in the interests of the resource prediction assessment of the Armed Forces of the Russian Federation development are considered. It is shown that in the course of GDP statistical analysis the usage of offered in the article cumulative values of the studied indicators for a five-year period, rather than declared and executed allocations for national defense, not annual individual observations, significantly increases the prediction reliability.

*Keywords:* prediction; national defense spending; statistical analysis; confidence probability.

В.И. Бабенков  
А.Н. Каптюх  
В.В. Чешина

V.I. Babenkov  
A.N. Kaptukh  
V.V. Tchechina

**Военно-экономический анализ процесса взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением силовых министерств с комбинатами Росрезерва**

**Military-Economic Analysis of the Logistics Management Bodies of the Power Ministries and Federal State Reserve Agency Industrial Plants Interaction**

В статье проведён военно-экономический анализ процессов взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением силовых министерств с комбинатами Росрезерва, установлено их содержание, основные закономерности, категории, понятия, принципы и методы взаимодействия. Разработана теоретическая модель взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением с комбинатами Росрезерва.

The article analyzes the military-economic logistics management bodies of the power ministries and the Federal State Reserve Agency industrial plants interaction, establishes their content, basic regularities, categories, concepts, principles and methods. The theoretical model of interaction is developed.

*Ключевые слова:* военно-экономический анализ; отношения; процессы; взаимодействие; органы управления; материально-техническое обеспечение; силовые министерства; комбинаты Росрезерва.

*Keywords:* military-economic analysis; relations; processes; interaction; management bodies; logistics; power ministries; Federal State Reserve Agency industrial plants.

А.В. Леонов  
А.Ю. Пронин

A.V. Leonov  
A.Y. Pronin

**Методы обоснования оптимального перехода к новой технологии при создании перспективного вооружения**

На основе анализа общей модели развития технологий, учитывающей этапы создания научно-технического задела для перспективного вооружения, представлены методы обоснования оптимального перехода к новой технологии, основанные на оценке эффективности: новой технологии; существующей и новой технологии; совместного использования этих технологий. Предложен алгоритм выбора методов и направления их практического использования.

*Ключевые слова:* технология; научно-технический задел; военно-экономическая оценка; метод оценки технологий; перспективное вооружение.

**Methods for the Optimal Transition to a New Technology Substantiation in the Course of Advanced Weapons Creation**

Based on the general model analysis of technology development, which takes into account the stages of a scientific and technical backlog creation for advanced weapons, certain justification methods are presented to the new technology optimal transition, based on the effectiveness assessment: new technology; existing and new technology; joint usage of these technologies. A decision algorithm for methods and directions for their practical use is proposed.

*Keywords:* technology; scientific and technical backlog; military-economic assessment; technology assessment method; advanced weapons.

И.О. Жаринов

**Экономическая стратегия  
управляемой трансформации  
оборонно-промышленного комплекса  
на основе динамики суверенного стека  
сквозных цифровых технологий**

Рассматривается задача поиска новых экономико-управленческих решений в системе государственного управления, связанных со структурными изменениями внутренней среды оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Представлено обоснование актуальности цифровой трансформации экономической системы ОПК и дано краткое описание технологической и хозяйственной сущностей мер, необходимых для поэтапного перевода ОПК от текущего технико-экономического состояния, соответствующего концептам Индустрии 3.0, к новому (желаемому) состоянию Индустрии 4.0. Трансформация ОПК сформулирована в формате стратегии, предусматривающей в каждом сценарии реализации преобразование внутренних инфраструктурных компонентов бизнеса под институциональные условия цифровой экономики и стек доступных сквозных цифровых технологий, определенных профильными ведомствами. Предлагается структура системы государственного управления изменениями ОПК, эффективность функционирования которой количественно оценивается по системе сбалансированных показателей, контекстно характеризующих динамику цифровой трансформации экономических объектов ОПК.

*Ключевые слова:* оборонно-промышленный комплекс; цифровая трансформация; стратегия; стек технологий; сквозные цифровые технологии; государственное управление; Индустрия 4.0.

I.O. Zharinov

**Economic Strategy of the Military-  
Industrial Complex Managed  
Transformation Based on the Sovereign  
Stack Dynamics of End-to-End Digital  
Technologies**

The problem of searching for new economic and managerial solutions in the system of public administration related to structural changes in the internal environment of the military-industrial complex is considered. The substantiation of the economic system digital transformation relevance of the defense industry is presented, and a brief description of the technological and economic entities of the measures necessary for the gradual transfer of the defense industry from the current technical and economic state corresponding to the Industry 3.0 concepts to the new (desired) Industry 4.0 is given. The transformation of the defense industry is formulated in a strategy format that provides for the internal infrastructure business components transformation under the institutional conditions of the digital economy, and the stack of available end-to-end digital technologies defined by the relevant departments in each implementation scenario. The structure of the state changes management system in the defense industry is proposed, the effectiveness of which is quantified by a system of balanced indicators that contextually characterize the economic objects digital transformation dynamics of the defense industry.

*Keywords:* military-industrial complex; digital transformation; strategy; technology stack; end-to-end digital technologies; public administration; Industry 4.0.

А.С. Боев  
Т.М. Строкова  
А.М. Жуков

A.S. Boev,  
T.M. Strokova  
A.M. Zhukov

**Возможные пути снижения затрат  
на создание и применение  
радиоэлектронной техники  
специального назначения  
в особый период**

**Possible Ways to the Cost Reduction of  
Radio Electronic Equipment Development  
and Application in a Special Period**

Проанализированы особенности влияния наступления особого периода (предвоенного и военного времени) на возможность снижения стоимости жизненного цикла радиоэлектронной техники специального назначения. Выявлены и предложены возможные пути снижения затрат на разработку, серийное производство, войсковую эксплуатацию и ремонт образцов техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) в особый период. Установлено, что за счет дополнений на особый период к государственным и отраслевым военным стандартам, определяющим требования к разработке, производству и эксплуатации техники РЭБ, возможно обеспечить снижение стоимости единичных образцов техники РЭБ в военное время по всем стадиям жизненного цикла на величину до 12%. Сложившиеся реалии развития системы вооружения войск РЭБ в условиях всестороннего санкционного давления на российскую экономику подчеркивают актуальность рассматриваемых вопросов.

*Ключевые слова:* образец техники; особый период; радиоэлектронная борьба; дополнения к государственным и военным стандартам; технологическая подготовка производства; жизненный цикл.

The specific impacts of a special period (pre-war and wartime) on possibilities of the cost reduction of radio electronic equipment life cycle are analyzed. Possible ways of costs reduction of electronic warfare equipment development, serial production, military operation and repair of samples in a special period are identified and proposed. It is established that due to additions to state and industry military standards that define requirements for the development, production and operation of electronic warfare equipment for a special period, it is possible to reduce the cost of single electronic warfare equipment samples in wartime at all stages of the life cycle by up to 12%. The current realities of the electronic warfare armament system development in the context of comprehensive sanctions pressure on the Russian economy underline the relevance of the issues under consideration.

*Keywords:* equipment sample; special period; electronic warfare; additions to state and military standards; technological preparation of production; life cycle.

23219

В.В. Алексеев  
С.И. Боков  
У.А. Пестун

V.V. Alekseev  
S.I. Bokov  
U.A. Pestun

**Инструменты теории рыночной конкуренции и системный анализ импортозамещения (на примере применения электронных компонентов в радиоэлектронной аппаратуре)**

В статье предложено использование инструментов теории рыночной конкуренции для анализа процессов импортозамещения электронных компонентов в радиоэлектронной аппаратуре. Построены мультипликативная функция полезности и ограничительная функция, зависящие от количества отечественной и импортной электронной компонентной базы. На основании решения задачи поиска максимума полезности с использованием указанных функций построена зависимость доли применения отечественной электронной компонентной базы в радиоэлектронной аппаратуре в зависимости от мотивационного соотношения. Общее мотивационное соотношение представлено мультипликативной функцией частных мотивационных соотношений, связанных с техническими, ценовыми, сервисными свойствами электронной компонентной базы и уровнем нормативного регулирования процессов импортозамещения. Рассмотрены примеры различных сценариев импортозамещения.

*Ключевые слова:* импортозамещение; электронная компонентная база иностранного производства; электронная компонентная база отечественного производства; функция полезности.

**Theory Elements of Market Competition and Import Substitution System Analysis (by the Example of the of Electronic Components Application in Radio-Electronic Equipment)**

The article proposes the theory elements application of market competition to analyze the import substitution processes of electronic components in radio-electronic equipment. A multiplicative utility function and a limiting function were constructed, depending on domestic and imported electronic component base amount. Based on the problem solution of utility maximum search by the indicated functions usage, the dependence of the share of the of domestic electronic component base application in radio-electronic equipment in dependence on the motivational ratio is constructed. The general motivational relationship is represented by a multiplicative function of private motivational relationships associated with the technical, price, and service properties of the electronic component base and the level of import substitution processes regulatory control. Certain examples of various import substitution scenarios are considered.

*Keywords:* import substitution; foreign-manufactured electronic component base; domestic-manufactured electronic component base; utility function.

---

## ***Дополнительные материалы***

## Правила предоставления авторами рукописей

1. Для опубликования в журнале «Вооружение и экономика» (Журнал) принимаются научные статьи и рецензии преимущественно по тематике военно-технической политики, экономики военного строительства, программно-целевого планирования вооружения, военной и специальной техники и государственного оборонного заказа, экономической и военно-экономической безопасности, военных финансов, военно-социальной политики, правовых основ экономики военного строительства, подготовки научных кадров.

Статья должна соответствовать одной из следующих научных специальностей:

6.2.1. *Вооружение и военная техника*

6.3.2. *Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал*

5.2.6. *Менеджмент*

2. Файл статьи и сканы (файлы) прилагаемых документов (материалов) направляются авторами по электронной почте в адрес редакции – [rk@viek.ru](mailto:rk@viek.ru). Одновременно экземпляр рукописи, подписанный авторами, и оригиналы прилагаемых документов и материалов высылаются на почтовый адрес:

129327, г. Москва, Чукотский проезд, д. 10, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России.

*В редакцию журнала «Вооружение и экономика»*

(не следует указывать в почтовом адресе фамилии получателей – это существенно осложняет получение корреспонденции установленным порядком).

Рассмотрение статьи начинается с момента получения полного комплекта материалов в электронном виде. Принятие окончательного решения об опубликовании возможно не ранее получения редакцией оригиналов (не копий!, не сканов!, не выписок!) рукописи статьи с личными подписями авторов и сопроводительных документов (см. п.5).

3. Текст статьи должен быть набран на русском языке в файле одного из следующих форматов – docx (предпочтительнее), odt, doc, rtf. Параметры оформления:

- размер листа – А4; ориентация – книжная;
- поля – верхнее и нижнее по 30 мм, левое и правое по 20 мм;
- отступ первой строки абзацев – 1,25 см;
- выравнивание – «по ширине»; интервал – 1,0-1,15 («одинарный» предпочтительнее);
- расстановка переносов – автоматическая или без переноса. Не рекомендуется (!) использовать спецсимволы «мягкого переноса»;
- шрифт – Arial (предпочтительнее), Times New Roman, Helvetica, Pt Sans. Выбранный шрифт, как правило, должен быть единственным в основном тексте статьи, в т.ч. использоваться в заголовках, надписях, текстовых элементах рисунков и схем, ячейках таблиц, за исключением формул и их элементов внутри абзацев, где, как правило, должен использоваться шрифт Cambria Math (только для формул);
- размер шрифта основного текста статьи – 11-12 («11» предпочтительнее);
- для выделения по смыслу текстовых элементов внутри абзацев статьи следует использовать *курсив* (предпочтительно) или *p a z p a d k y* (в исключительных случаях);
- не рекомендуется (!) использовать в основном тексте статьи такие способы форматирования как подчеркивание, **полужирный** шрифт, кернинг (разреженный или уплотненный шрифт). Подстрочные/надстрочные символы не следует применять вне формул;
- списки и разного рода перечни следует оформлять «обычным текстом», при необходимости добавив в начале абзаца порядковый номер или дефис. Например, в файле не рекомендуется (!) использовать «маркированный/нумерованный список» Microsoft Word;
- ссылки на интернет-ресурсы (например, в сносках) следует оформлять «обычным текстом» без возможности непосредственного перехода по ссылке из файла статьи;
- не рекомендуется (!) использовать в файле такие специальные символы как «неразрывный пробел», «неразрывный дефис», «мягкий перенос», вместо «условно длинных/коротких» тире рекомендуется использовать стандартный символ «дефис» («минус»).

Структура файла статьи:

- код научной специальности и индекс УДК статьи;
- сведения об авторах (как правило, у статьи не может быть более трёх авторов!), включающие инициалы и фамилию, ученую степень и ученое звание каждого автора;
- тема (без сокращений/аббревиатур!);
- текст статьи;
- список использованных источников (как правило, минимум пять источников!).

Аннотация и ключевые слова входят в карточку статьи (см. п.5), их наличие в самом файле статьи необязательно.

В файле статьи допускается наличие формул, рисунков и таблиц. При их наличии обязательна сквозная нумерация (отдельно формул, отдельно рисунков, отдельно таблиц) и ссылки на них из текста статьи, для формул возможна выборочная нумерация.

Математические формулы, в т.ч. их элементы, должны быть редактируемы (!) и вставлены в файл статьи как «уравнение» (не «рисунок»!) – Microsoft Word или как «объект MathType» либо как «объект Math» – OpenOffice.org (LibreOffice.org).

Рисунки (иллюстрации, схемы, графики, диаграммы и т.п.) должны быть вставлены в файл статьи отдельными объектами «изображение» (или «рисунок») в одном из следующих форматов – PNG, JPEG, GIF, TIFF, BMP, SVG. При этом для каждого вставленного в статью рисунка прилагается (в сопроводительных файлах) его редактируемый (!) исходный файл в формате той программы, где данный рисунок был создан, например, VSDX, DOCX, XLSX, PPTX, XCF и др., с именем файла, соответствующим порядковому номеру рисунка в тексте статьи, например, «рисунок1.vsdх».

Таблицы должны быть набраны средствами того же текстового редактора, который использовался для набора текста файла статьи. Например, посредством «вставка таблицы» в Microsoft Word. Ячейки таблицы должны быть редактируемы (!) (не должны быть вставлены в текст файла статьи как «рисунок»!).

Обозначения математических формул, подписи рисунков, заголовки таблиц, а также сноски и ссылки на литературу оформляются в текстовом виде в соответствии с ГОСТом.

**4.** Статья должна оканчиваться списком использованных источников (как правило, не менее 5 наименований), в котором указываются только авторские научные произведения (опубликованные статьи, монографии, материалы очных конференций, а также патенты), подлежащие включению в систему Российского индекса научного цитирования (более подробную информацию см. <http://www.elibrary.ru>).

Список составляется в том порядке, в котором источники упоминаются в тексте статьи (не по алфавиту!), и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Ссылки на другие источники (любые электронные ресурсы, нормативные документы, статистические сборники, учебная литература, любые справочники, авторефераты и диссертации, ненаучные статьи и т.п.) оформляются только в виде подстрочных библиографических ссылок – сносок внизу страницы.

Объём самоцитирования, если авторы ссылаются на собственные работы, не должен превышать 20% от общего количества источников в списке.

**5.** Среди авторского коллектива определяется ответственное контактное лицо, которое непосредственно будет взаимодействовать с редакцией журнала по всем вопросам опубликования статьи (если у статьи один автор – только он может быть указанным ответственным контактным лицом), с чьего личного (!) адреса (как электронного, так и почтового) должен быть отправлен в соответствующие адреса редакции журнала комплект сопутствующих материалов:

*на почтовый адрес редакции (либо нарочным) – оригиналы документов (!)*

- распечатка (рукопись) статьи с личными подписями авторов;

- заключение о возможности открытого опубликования статьи, подготовленное в соответствии с требованиями приложения № 2 к приказу Министра обороны РФ от 5 июня 2015 г. № 320дсп (для авторов-представителей Минобороны России) или в соответствии с требованиями решения Межведомственной комиссии по защите государственной тайны от 30 октября 2014 г. № 293 (для авторов-представителей других ведомств);
- рецензия на статью, подписанная, как правило, доктором наук, подпись которого заверена установленным порядком;

*на электронную почту редакции – файлы (!)*

- файл статьи, соответствующий п.п.3,4 настоящих Правил;
- карточка статьи, включающая её аннотацию и ключевые слова, в т.ч. на английском языке;
- карточки авторов (заполняются на каждого автора), в т.ч. на английском языке;
- исходные файлы согласно п.3 настоящих Правил (при наличии в статье рисунков);
- файлы фотографий каждого автора в одном из общепринятых графических форматов: портретная, без посторонних людей в кадре, размер фотографии не менее 300 пикселей по горизонтали и 400 пикселей по вертикали (предоставляется по желанию).

### Карточка статьи

<i>Здесь впишите УДК и код научной специальности</i>	На русском языке	На английском языке
Инициалы и фамилия автора (авторов)		
Название статьи		
Авторская аннотация (от 500 до 1000 знаков, включая пробелы)		
Ключевые слова (разделенные точкой с запятой)		

### Карточка автора

	На русском языке	На английском языке
Фамилия		
Имя		
Отчество*)		
Ученая степень*)		
Ученое звание*)		
Место работы		
Должность		
Контактный телефон		
Адрес электронной почты		
SPIN-код*)		
Дополнительная информация**)		

\*) При наличии.

\*\*) Указываются сведения, которые автор желает дополнительно сообщить о себе.

### **Особенности распространения журнала**

Доступ ко всем номерам электронного научного журнала «Вооружение и экономика» осуществляется на его сайте (<http://www.viek.ru>), в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ), а также на [сайте Министерства обороны Российской Федерации](#).

## Порядок рецензирования рукописей

1. Рукописи, поступающие в редакцию журнала «Вооружение и экономика» (Журнал), подлежат обязательному рецензированию (экспертной оценке).

2. Перечень специалистов, привлекаемых к рецензированию, утверждается главным редактором Журнала. В рецензировании рукописей вправе участвовать члены редакционной коллегии и научно-редакционного совета Журнала. По решению редакционной коллегии для рецензирования могут привлекаться также иные специалисты, если среди перечисленных лиц отсутствуют эксперты по проблематике данной статьи.

3. В течение десяти рабочих дней с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил предоставления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирование одному или нескольким экспертам, указанным в п.2 настоящего Порядка. При направлении статьи на рецензирование из нее удаляется информация об авторе.

4. Рецензент проводит рецензирование работы в течение одного месяца с момента поступления к нему рукописи. Если по каким-либо причинам рецензент не в состоянии провести экспертную оценку рукописи в установленный срок, он должен сообщить об этом главному редактору (заместителю главного редактора). Главный редактор (заместитель главного редактора) в этом случае вправе продлить срок рецензирования работы либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

5. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (вследствие конфликта интересов или по иным причинам), он в течение пяти рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

6. После получения рецензии главный редактор (заместитель главного редактора) вправе направить рукопись на дополнительное рецензирование другому рецензенту.

7. Основные положения отрицательной рецензии доводятся авторам рукописи без указания лица, проводившего рецензирование, вместе с решением редакционной коллегии об отклонении статьи, как правило, на указанные в карточках авторов адреса электронной почты. При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

8. Рецензии представляются редакцией по запросам Минобрнауки России.

9. Авторы отклонённой статьи вправе в тридцатидневный срок с момента доведения им основных положений отрицательной рецензии сообщить свои возражения по данному поводу либо уведомить редакцию о намерении переработки отклонённой статьи, что предполагает подготовку нового комплекта материалов, указанных в п.5 Правил предоставления авторами рукописей.

10. После получения рецензии рукопись представляется ученым секретарем на ближайшем заседании редакционной коллегии для планирования сроков опубликования статьи. В случае если рецензия не является положительной (содержит замечания, указания на необходимость переработки, вывод о нецелесообразности опубликования в текущем виде и т.п.), представление статьи на заседании редакционной коллегии производится не раньше, чем по истечении срока, указанного в п.9 настоящего Порядка.

## Сведения о членах редакционной коллегии

**АЛЕКСАНДРОВ Анатолий Александрович**

доктор технических наук, профессор

**АЧАСОВ Олег Борисович**

кандидат технических наук, доцент

**БАБЕНКОВ Валерий Иванович**

доктор военных наук, профессор

**БАТЬКОВСКИЙ Александр Михайлович**

доктор экономических наук, старший научный сотрудник

**БОКОВ Сергей Иванович**

доктор экономических наук, доцент

**БРАЙТКРАЙЦ Сергей Гарриевич**

доктор технических наук, старший научный сотрудник

**БУРАВЛЕВ Александр Иванович**

доктор технических наук, профессор

**БУРЕНОК Василий Михайлович**

доктор технических наук, профессор – *главный редактор*

**ВИКУЛОВ Сергей Филиппович**

доктор экономических наук, профессор – *заместитель главного редактора*

**ГЛАДЫШЕВСКИЙ Владимир Леонидович**

доктор экономических наук, доцент – *заместитель главного редактора*

**ГОРГОЛА Евгений Викторович**

доктор экономических наук, профессор

**ДРОГОВОЗ Павел Анатольевич**

доктор экономических наук, профессор

**ДУРНЕВ Роман Александрович**

доктор технических наук, доцент

**ЛАВРИНОВ Геннадий Алексеевич**

доктор экономических наук, профессор – *заместитель главного редактора*

**ЛЕОНОВ Александр Васильевич**

доктор экономических наук, профессор

**НАЙДЕНОВ Владимир Герасимович**

доктор технических наук, старший научный сотрудник

**ПОДОЛЬСКИЙ Александр Геннадьевич**

доктор экономических наук, профессор

**СИВКОВ Константин Валентинович**

доктор военных наук, профессор

**ХРУСТАЛЕВ Евгений Юрьевич**

доктор экономических наук, профессор

**ХУДЯКОВ Дмитрий Владимирович**

кандидат экономических наук, доцент – *заместитель главного редактора – ученый секретарь*

**ЦЕЛЫКОВСКИХ Александр Александрович**

доктор военных наук, профессор

**ЧИСТОВ Игорь Вадимович**

доктор экономических наук, профессор

# 2023 №4 (66)

В номере:

46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации

Российская академия ракетных и артиллерийских наук

Академия проблем военной экономики и финансов

Издается с 2008 года

## ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

**Протасов А.А., Ширманов А.В., Радоманов С.И.** Основные направления использования искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления

**Горский А.С., Полушкин В.М., Князев Р.И.** Распознавание образов на основе методов машинного обучения с подкреплением

**Карпачев И.А., Морозов В.В.** Методический подход к формализованной оценке военной безопасности государства

**Воробьев П.С., Толстов Г.С.** Гибридная математическая модель информационных потоков в высокоскоростных и низкоскоростных каналах военной связи с регулированием перегрузки и приоритетами обработки многопоточного трафика

**Лугавов В.С., Лугавова В.Д.** Об эффективности поражения групповой цели

## ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА

**Викулов С.Ф., Фиров Н.В.** К вопросу прогнозирования возможностей государства по ресурсному обеспечению строительства Вооруженных Сил РФ

**Бабенков В.И., Каптюх А.Н., Чешина В.В.** Военно-экономический анализ процесса взаимодействия органов управления материально-техническим обеспечением силовых министерств с комбинатами Росрезерва

**Леонов А.В., Пронин А.Ю.** Методы обоснования оптимального перехода к новой технологии при создании перспективного вооружения

**Жаринов И.О.** Экономическая стратегия управляемой трансформации оборонно-промышленного комплекса на основе динамики суверенного стека сквозных цифровых технологий

**Боев А.С., Строкова Т.М., Жуков А.М.** Возможные пути снижения затрат на создание и применение радиоэлектронной техники специального назначения в особый период

## МЕНЕДЖМЕНТ

**Алексеев В.В., Боков С.И., Пестун У.А.** Инструменты теории рыночной конкуренции и системный анализ импортозамещения (на примере применения электронных компонентов в радиоэлектронной аппаратуре)

Св-во о рег. СМИ от 07.12.2012 г. №ФС77-52083

ISSN 2071-0151

Главный редактор  
**Буренок В.М.**

Заместители гл. ред.  
**Викулов С.Ф.**  
**Гладышевский В.Л.**  
**Лавринов Г.А.**

Ученый секретарь  
**Худяков Д.В.**

Редактор  
**Молчанова Т.М.**

Перевод  
**Криворучко О.В.**

# Вооружение и экономика