

**2021
№ 1 (55)**

**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>Вооружение и экономика</h1> <h2>№ 1(55) / 2021</h2> <p><i>электронный научный журнал</i></p> <p>http://www.viek.ru</p>
<p><i>Издается с 2008 года</i></p> <p>Журнал «Вооружение и экономика» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук</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, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3</p> <p>rk@viek.ru</p>	<h3>Содержание</h3> <h4>ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТКА</h4> <p>Буренок В.М., Крюков К.Ю. Синхронизация разработки государственных программ в области национальной безопасности 5</p> <p>Буренок В.М., Халитов В.Г. Защита бронетанковой техники от противотанковых средств 11</p> <p>Карпачев И.А., Белорозов Р.С., Морозов В.В. Методический подход к оценке экспортного потенциала образцов вооружения и военной техники в интересах формирования проектов военно-технического сотрудничества..... 17</p> <p>Леонов А.В., Пронин А.Ю. О важности системного проектирования нового оружия..... 28</p> <p>Гула Д.Н., Спесивцев А.В. Нечетко-возможностный подход к прогнозированию технического состояния объектов наземно-космической инфраструктуры 50</p> <p>Аюпов А.И., Детков А.Н., Кожухов И.В. Метод наведения беспилотного летательного аппарата на подвижную наземную групповую цель для её поражения неуправляемыми авиационными бомбами..... 60</p> <p>Мунтяну А.А. Постановка задачи по оценке технической оснащенности группировки комплексов стратегического ракетного вооружения 74</p>

<p>Главный редактор В.М. Буренок</p> <p>Редакционная коллегия</p> <p>А.А. Александров</p> <p>О.Б. Ачасов</p> <p>О.И. Бочкарев</p> <p>А.В. Быстров</p> <p>С.Ф. Викулов (зам. гл. ред.)</p> <p>В.Л. Гладышевский</p> <p>Г.И. Горчица</p> <p>В.А. Горшков</p> <p>В.М. Кашин</p> <p>А.А. Кокошин</p> <p>Г.А. Лавринов (зам. гл. ред.)</p> <p>А.В. Леонов</p> <p>Ю.М. Михайлов</p> <p>А.А. Рахманов</p> <p>Е.Ю. Хрусталеv</p> <p>Д.В. Худяков (зам. гл. ред. – уч. секр.)</p> <p>А.А. Целыковских</p> <p>Оформление, верстка Д.В. Худяков</p> <p>Редактор Т.М. Молчанова</p> <p>Перевод О.В. Криворучко</p>	<p>Боев А.С., Бывших Д.М., Жуков А.М. Анализ научно-технического риска при обосновании предложений в государственную программу вооружения в части поставок техники радиоэлектронной борьбы..... 87</p> <p>Найденов В.Г., Тарасенко К.А., Першин Е.В. Методический подход к обоснованию требований к перспективным наземным средствам траекторных измерений по точности получения ими первичных измерений..... 95</p> <p style="text-align: center;">ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА</p> <p>Викулов С.Ф., Горгола Е.В., Цырендоржиев С.Р. Исторический контекст развития современной отечественной военно-экономической мысли..... 110</p> <p>Буравлев А.И. О задачах многокритериального выбора..... 131</p> <p>Кудрявцев А.М., Куликов М.В., Сагалаев М.П. Многокритериальная оптимизация отечественной системы зарубежных военных баз 139</p> <p>Буравлев А.И. Военно-технические и военно-экономические аспекты оценки боевых возможностей группировок войск в задачах программно-целевого планирования..... 150</p> <p>Коновалов В.Б., Бабенков А.В., Гурьянов А.В. Расчетно-аналитическая модель обоснования параметров целевых логистических систем 171</p> <p>Фиров Н.В., Сорокин С.А. Прогнозирование объёма экспериментальной отработки систем и элементов образцов ВВТ на ранних этапах их создания 180</p> <p><i>Аннотации и ключевые слова / Abstracts and key words</i> 190</p> <p style="text-align: center;">Дополнительные материалы</p> <p><i>Правила предоставления авторами рукописей</i>..... 203</p> <p><i>Порядок рецензирования рукописей</i>..... 205</p> <p><i>Карточка статьи</i> 206</p> <p><i>Карточка автора</i> 206</p> <p><i>Особенности распространения журнала</i> 206</p> <p><i>Сведения о членах редакционной коллегии</i> 207</p>
---	--

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТКА

УДК 351.864.253

В.М. Буренок, доктор технических наук, профессор

К.Ю. Крюков, кандидат психологических наук

СИНХРОНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В статье рассматривается проблема обеспечения согласованной разработки государственной программы вооружения и государственной программы развития оборонно-промышленного комплекса. Анализируются причины несоответствия мероприятий ГПВ и ГП ОПК, приводящие к неготовности научно-технического задела для разработки и производства перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники. Предлагается уточнение организационных и методических основ формирования указанных программ для устранения выявленных недостатков.

Ключевые слова: Государственная программа вооружения; государственная программа развития оборонно-промышленного комплекса; синхронизация; научно-технический задел.

Основными государственными программами в области национальной безопасности являются две: Государственная программа вооружения (ГПВ) и Государственная программа Российской Федерации «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (ГП ОПК). Вторая из них является инструментом обеспечения реализации первой. То есть ГП ОПК должна содержать перечень мероприятий, выполнение которых призвано обеспечить в последующем организациям и предприятиям промышленности разработку и производство образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), включенных в ГПВ. Указанные мероприятия представляют собой научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию научно-технического задела, включая технологические разработки, на основе которого могут быть созданы и произведены перспективные образцы ВВСТ.

Принятыми на государственном уровне решениями эти две программы разрабатываются и утверждаются одновременно. Именно в этом

и кроется проблема, не позволяющая реализовать в полном объеме те мероприятия, которые предусматриваются Государственной программой вооружения. Как известно, она разрабатывается на период 10 лет и содержит мероприятия, начало выполнения которых распределено по всему указанному периоду. К началу разработки образца, то есть к началу соответствующей опытно-конструкторской работы (ОКР), организациями Минобороны России должны быть подготовлены тактико-технические задания (ТТЗ) на разработку образцов ВВСТ и проведены (при необходимости) конкурсные процедуры для размещения заказа на проведение ОКР. К началу серийного производства образца должна быть разработана конструкторская и технологическая документация, являющаяся основой для создания предприятиями ОПК соответствующих производственных линий.

Для того, чтобы организации – разработчики ОПК смогли сформировать требования к научно-техническому заданию, они должны иметь ясное представление об облике образца ВВСТ (то есть знать содержание ТТЗ и иметь возможность выполнить аванпроект), что позволит понять, какие новые материалы и технологии потребуются для создания образца. Соответственно, чтобы подготовить технологическую документацию для освоения серийного производства, необходимо наличие конструкторской документации. Только на основе этих знаний могут быть сформированы требования к содержанию мероприятий ГП ОПК. Совершенно очевидно, что ГП ОПК должна иметь упреждающий характер по отношению к ГПВ. То есть мероприятия ГП ОПК должны по срокам опережать мероприятия ГПВ, на реализацию которых они направлены, на несколько лет.

Однако, существующая система планирования и реализации государственных оборонных заказов не позволяет этого сделать. Окончание разработки ТТЗ на ОКР происходит не ранее, чем за год или два до начала работы, а содержание ТТЗ становится известно организациям ОПК только при объявлении конкурсных процедур по размещению заказа на ОКР. Аванпроект заканчивается также в лучшем случае в течение первого года ОКР. Таким образом, если даже начало ОКР предусмотрено в первом году реализации ГПВ, ясность по содержанию научно-технического задания будет иметь место только в последующие годы. Но, как уже было сказано, к началу реализации ГПВ и ГП ОПК должна быть сформирована, утверждена и начата ее реализация. Точно такие же проблемы

характерны и для мероприятий ГП ОПК, направленных на создание технологического задела для создания новых производственных мощностей предприятий ОПК.

Это означает, что на практике никакого упреждающего характера ГП ОПК по отношению к ГПВ не может иметь. Создавшаяся ситуация приводит к тому, что организации и предприятия промышленности, а также федеральные органы исполнительной власти и государственных корпораций формируют предложения в ГП ОПК, основываясь только на собственных представлениях о необходимом НТЗ. Основные направления развития ВВСТ (ОНР ВВСТ), которые являются элементом ГПВ, могли бы послужить основой для промышленности при определении требуемого НТЗ, однако в настоящее время они носят достаточно поверхностный характер, отражая, во-первых, не всю номенклатуру образцов ВВСТ, а, во-вторых, имея незначительный перечень характеристик перспективных типов ВВСТ, который не дает ясного представления об их будущем техническом облике. Более того, на первом этапе формирования ОНР ВВСТ Минобороны России представляет в Минпромторг России «...перечень образцов вооружения, военной и специальной техники ..., в отношении которых необходима разработка прогнозных значений стоимостных и временных параметров стадий жизненного цикла (научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, серийных поставок, ремонта, сервисного обслуживания)».

Не совсем логичным выглядит этап формирования ГПВ, когда Минобороны России осуществляет «разработку и представление приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны и безопасности...». Правильным представляется поручить выполнить эту работу организациям и предприятиям ОПК совместно с организациями РАН и высшей школы, причем именно РАН должна проводить обобщение и окончательное формирование этих направлений в виде отдельной программы либо подпрограммы ГП ОПК.

Существующие организационный и методический подходы зачастую приводят к ошибкам планирования мероприятий ГП ОПК, которые оборачиваются неготовностью НТЗ. Причем, как показывает опыт, неготовность в той или иной степени характерна практически для половины ОКР. Отсюда увеличение сроков выполнения работ, моральное старение

разрабатываемого ВВСТ еще на этапе разработки, невозможность достижения требований ТТЗ, увеличение стоимости ОКР и т.п.

К сожалению, существующая нормативная правовая и методологическая база формирования ГПВ и ГП ОПК не позволяет исправить сложившуюся проблему. Необходимо ее совершенствование, обеспечивающее упреждающее информирование организаций и предприятий промышленности о техническом облике перспективного ВВСТ, на основе чего они могли бы разработать адекватные предложения в перечень мероприятий ГП ОПК. Основой такой информационной базы могли бы стать упомянутые выше ОНР ВВСТ при условии устранения присущих им в настоящее время недостатков. Для этого ОНР ВВСТ должны формироваться как совокупность тактико-технических требований (ТТТ) к вооружению, военной и специальной технике будущего. Эти ТТТ должны носить развернутый характер, позволяющий организациям и предприятиям промышленности определиться с перечнем необходимых для их разработки и производства технологий, технических средств и материалов.

Однако такой подход чреват ошибками, которые уже были допущены Минобороны России в начале прошлого десятилетия. Тогда ТТТ тоже были разработаны, однако их формирование велось с соблюдением достаточно упрощенного подхода – перспективные характеристики определялись методом выявления лучших их значений, имеющихся как у отечественных, так и зарубежных образцов. То есть это было не рациональное сочетание значений характеристик, а совокупность максимально достижимых, без учета их взаимного влияния. Зачастую такое сочетание просто противоречило законам физики. Понятно, что вскоре об этих ТТТ, утвержденных на самом высоком уровне, забыли. Тем не менее, как идея, как способ упреждающего информирования промышленности о техническом облике перспективного ВВСТ, эта работа имела прогрессивный характер. Остается открытым вопрос – как избежать указанных ошибок. Ведь описанный выше подход к формированию ТТТ может повториться, так как научно-исследовательские организации Минобороны России для их корректного обоснования должны иметь ясное представление о характере войн будущего, о направлениях и достижимых в будущем характеристиках ВВСТ армий передовых стран мира. Однако, даже локальные военные конфликты свидетельствуют о том, что характер боевых дей-

ствий меняется настолько интенсивно, что с какой-то уверенностью описать их на несколько десятилетий вперед невозможно, не допустив существенных ошибок. Что же касается прогноза развития ВВСТ зарубежных стран, то здесь возможно сокрытие и намеренное искажение информации (пример – известная концепция звездных войн), тривиальное наличие ошибок в выборе зарубежными военными и конструкторами направлений развития техники (пример – эсминец «Зумволт»). Значит, опираться на подобного рода знания при обосновании ТТТ нужно с большой осторожностью.

Опыт взаимодействия с организациями и предприятиями промышленности в рамках Совета главных конструкторов по системе вооружения сухопутной составляющей сил общего назначения (Совет главных конструкторов) показывает, что достаточно надежной основой для формирования ТТТ могли бы стать концепции развития ВВСТ по закрепленной за этими организациями тематике с детальным изложением достигаемых характеристик. Разработку таких концепций могли бы возглавить генеральные конструкторы и Совет главных конструкторов с привлечением руководителей приоритетных технологических направлений. Подобную уверенность дает тот факт, что организации ОПК постоянно ведут скрупулезную работу по сбору информации о зарубежных и отечественных научно-технических достижениях, естественным образом осведомлены в возможностях по совершенствованию «своих» образцов ВВСТ, исследуют конкурентную среду в целях сохранения экспорта. Следовательно, информационная база предприятий и организаций является достаточно основательной. Причем заинтересованность ОПК в разработке подобных концепций (ТТТ) очевидна и могла бы ими осуществляться за счет собственных средств с надеждой на востребованность их возможностей в будущем как разработчиков и производителей перспективной техники.

По нетрадиционным направлениям развития ВВСТ подобного рода информационная база имеется в институтах РАН, университетах Минобрнауки России, которые также могли бы сформировать ТТТ к такого вида вооружению.

Подготовленные указанными организациями массивы ТТТ должны пройти экспертизу в НИО Минобороны России, где должна быть оценена их полнота, востребованность и достоверность. После чего они могли бы стать основой для подготовки ОНР ВВСТ.

Уже в процессе подготовки ТТТ организации ОПК и Минобрнауки России могли бы определиться с потребностями в развитии технологий и материалов, которые стали бы основой для разработки предложений в ГП ОПК.

Для реализации указанных предложений необходима корректировка нормативной правовой базы разработки ГПВ и ГП ОПК. Первым этапом в ней должна быть предусмотрена разработка концепций развития ВВСТ (ТТТ) предприятиями ОПК под руководством генеральных конструкторов с привлечением руководителей приоритетных технологических направлений. Второй этап – экспертиза разработанных материалов (ТТТ) НИО Минобороны России с учетом содержания исходных данных, предусмотренных действующими нормативными и правовыми документами. Третий – утверждение ТТТ и формирование на их основе ОНР ВВСТ. Не исключено, что при таком алгоритме необходимость в разработке ОНР ВВСТ отпадет. Они могут быть заменены ТТТ к перспективным образцам вооружения, военной и специальной техники. Возможно, что и разработка еще одного элемента системы исходных данных – Прогноза развития науки и техники, также не потребуется, поскольку он фактически будет погружен в процесс разработки ТТТ.

Список использованных источников

1. Буренок В.М. Концептуальный тупик // Вооружение и экономика. 2019. № 3(49).
2. Буравлев А.И., Артеменко В.Б. Об оценке вклада научно-технического задела в создание высокотехнологичной продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2020. № 3(53).
3. Смирнов С.С., Тужиков Е.З. [и др.] Методика комплексной оценки готовности научно-технического задела для перспективного образца вооружения, военной и специальной техники // Стратегическая стабильность. 2013. № 2(63).

УДК 358.119.1

В.М. Буренок, доктор технических наук, профессор
В.Г. Халитов

ЗАЩИТА БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ ОТ ПРОТИВОТАНКОВЫХ СРЕДСТВ

В статье рассматривается задача формирования рациональной системы защиты объектов бронетанковой техники от поражения противотанковыми средствами. Сформулирована постановка научной задачи, определены этапы ее решения.

Ключевые слова: бронетанковая техника; противотанковые средства; защита от поражения.

В настоящее время защита бронетанковой техники (БТТ) от поражения противотанковыми средствами (ПТС) является крайне актуальной задачей. Учитывая важную роль, которую играет БТТ на поле боя, борьбу с ней ведут все виды вооруженных сил, практически все рода войск и специальные войска, имея на вооружении соответствующие типы противотанковых средств.

Предотвращение поражения БТТ обеспечивается комплексом способов и средств, включая уничтожение атакующих самолетов и вертолетов средствами противовоздушной обороны, поражением наземных ПТС в ходе ракетных ударов и контрбатарейной борьбы, воздействием на средства разведки, прицеливания и наведения ПТС комплексами радиоэлектронной борьбы, разминированием местности и маршрутов движения и т.д.

В последние годы среди ПТС (особенно в локальных конфликтах) широкое распространение получило применение малозаметных дистанционно-управляемых летательных аппаратов (ДПЛА) кустарного и серийного изготовления. В качестве вооружения на них установлены чаще всего планирующие авиабомбы или ПТРК с телевизионными или полуактивными лазерными головками самонаведения. Также появились образцы так называемых «барражирующих боеприпасов»-«камикадзе», которые являются разновидностью малых ДПЛА. Они снаряжены достаточно мощными боевыми частями и после поиска и наведения на цель

пикируют и поражают образец БТТ с наименее защищенной верхней полусферы.

Средства защиты танков также развиваются. Разработаны и устанавливаются на образцы системы противодействия наведению (СПН), системы электромагнитной защиты от мин (СЭМЗ) и др.

В данной статье рассмотрена задача обеспечения защиты объектов БТТ только теми средствами, которые установлены непосредственно на них, то есть являются элементами конструкции или штатными средствами.

На рисунке 1 показана схема способов воздействия ПТС на объект БТТ [1]. Воздействие можно разделить на четыре этапа:

1. Обнаружение объекта БТТ средствами разведки, имеющимися на борту ПТС.

2. Попадание средства поражения ПТС (снаряд, ракета) в объект БТТ, что обеспечивается бортовыми системами прицеливания и наведения, головками самонаведения высокоточного оружия (ВТО).

3. Пробитие брони БТТ, обеспечиваемое боевой частью средства поражения ПТС (кумулятивная, ударное ядро, сердечник подкалиберного снаряда).

4. Поражение узлов и агрегатов БТТ и экипажа (кумулятивной струей, сердечником подкалиберного снаряда, вторичными осколками, термическим воздействием).

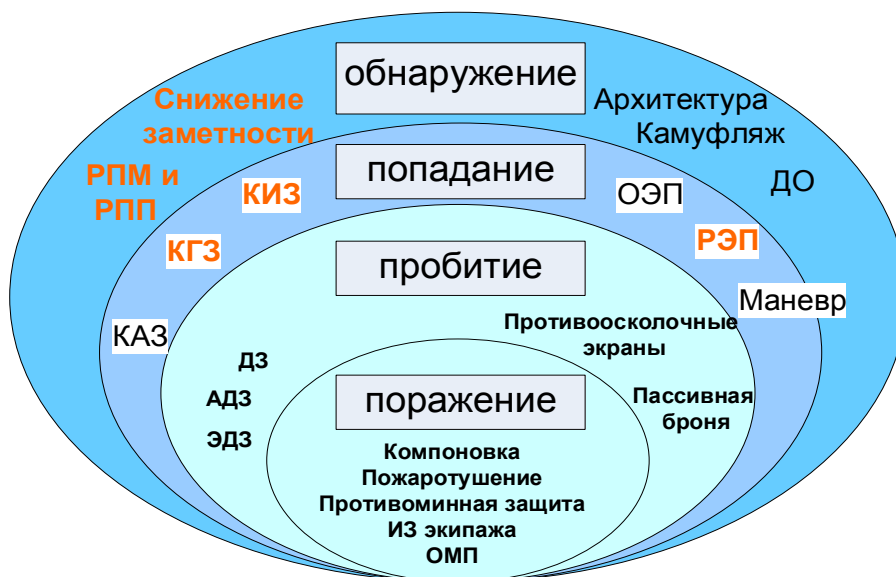


Рисунок 1 – Схема зон противодействия противотанковым средствам

Недопущение перечисленных событий обеспечивается соответственно следующими способами и средствами:

1. Снижение заметности объектов БТТ. Обеспечивается средствами постановки аэрозольных завес, наличием пассивных средств маскировки (рациональная архитектура наружной поверхности, маскировочные покрытия – радиопоглощающие, теплопоглощающие, теплоотражающие, радиопоглощающие краски и т.п.), камуфлирующим окрашиванием [6; 17].

2. Противодействие средствам наведения и прицеливания ПТС, противодействие боевым частям средств поражения. В первом случае применяются средства оптикоэлектронного и радиоэлектронного противодействия, во втором – комплексы активного противодействия, разрушающие средство поражения или существенно снижающие его эффективность.

3. Противодействие пробитию, обеспечиваемое системами динамической защиты и непосредственно броней танка.

4. Недопущение поражения объекта БТТ (узлов и агрегатов, экипажа), обеспечиваемое как конструкцией и компоновкой объекта БТТ, так и наличием противоосколочных экранов, средств защиты от поражающих факторов оружия массового поражения, систем пожаротушения, средств индивидуальной защиты экипажа и т.п.

Как видно из описания процессов воздействия на объекты БТТ и возможных способов противодействия, защита БТТ зависит от множества факторов, имеющих вероятностный характер. Соответственно, определение облика системы защиты объекта БТТ является сложной научной задачей, постановка которой изложена ниже.

Постановка задачи исследования

Пусть имеется I зон противодействия ПТС противника (в нашем случае $I = 4$). В каждой i -й зоне применяется n_i средств противодействия. Противник применяет J типов ПТС. Вероятность преодоления j -м типом ПТС i -й зоны равно P_{ji} . Соответственно, вероятность непреодоления j -м типом ПТС всех зон противодействия равна:

$$P_j = \prod_{i=1}^I (1 - P_{ji}). \quad (1)$$

Введем безразмерный показатель устойчивости системы противодействия всем типам ПТС:

$$U = \sum_{j=1}^J P_j. \quad (2)$$

Требуется сформировать рациональную систему противодействия, которая обеспечила бы

$$\left. \begin{array}{l} U \rightarrow \max \\ \text{при условии} \\ \sum_{i=1}^I c_i n_i \leq C \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где c_i – стоимость i -го типа средств противодействия; n_i – количество средств противодействия i -го типа; C – ограничение по стоимости системы противодействия, устанавливаемое конструктором и заказчиком БТТ.

По имеющемуся опыту создания БТТ

$$C \leq 0,2 C_{\text{БТТ}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{БТТ}}$ – стоимость единичного образца бронетанковой техники.

Для решения указанной задачи необходимо:

1. Сформировать исходные данные по ПТС вероятного противника (существующим и перспективным).
2. Сформировать исходные данные по средствам защиты, которые имеются или могут быть установлены на объекты БТТ (существующие и перспективные).
3. Оценить вероятность преодоления ПТС вероятного противника (1) зон противодействия, сформированных с применением средств противодействия (2). Выполнение данного этапа предполагает наличие оценок вероятности, полученных как экспериментальным, так и расчетным путем.
4. Решить оптимизационную задачу (3) с учетом ограничения (4).
5. Разработать предложения по увеличению эффективности средств противодействия в случае невыполнения условия (4).

Выводы

- в связи с появлением новых видов ПТС (ДПЛА, кассетные боеприпасы, барражирующие боеприпасы и др.), а также новых средств защиты БТТ (СПН, активная защита, электромагнитная защита), необходима разработка новой или глубокая переработка существующей методики оценки эффективности объектов БТТ в части защищенности, предусматривающая комплексную оценку всех существующих и перспективных средств защиты, что позволит более точно учесть указанные факторы;

- с использованием вновь разработанной (доработанной) методики оценки защищенности разработать обоснованные предложения по повышению комплексной защиты образцов БТТ, в том числе от новых видов ПТС.

Список использованных источников

1. Rapanotti J., Palmarinit M. ModSAF-based development of DAS for light armoured vehicles / Proceedings of the Ground Target Modeling and Validation Conference [13th] Held in Houghton, MI. 2002. 5-8 August.

2. Буренок В.М. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. Изд. 2-е, доп. / Под ред. А.М. Московского. М.: Издательский дом «Граница», 2005. 520 с.

3. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Издательский дом «Граница», 2012. 424 с.

4. Степанов В.В., Андрющенко М.С., Евдокимов В.И., Зайцев Е.Н., Куртц Д.В., Халитов В.Г. Современные противотанковые средства. СПб.: Реноме, 2016. 195 с.

5. Андрющенко М.С., Степанов В.В. Обработка информации в мультисенсорных системах высокоточного оружия // Вооружение и экономика. 2015. № 4. С. 39-45.

6. Борисов Е.Г., Евдокимов В.И. Высокоточное оружие и борьба с ним. СПб.: Лань, 2013. 476 с.

7. Евдокимов В.И., Гуменюк Г.А., Андрющенко М.С. Неконтактная защита боевой техники. СПб.: Реноме, 2009. С. 174.

8. Степанов В.В. [и др.] Зарубежные средства доставки высокоточного оружия // Известия РАН. 2015. № 3. С. 91-96.

9. Проект модернизации танков M1A2 SEP v.3 // Военное обозрение. URL: <https://topwar.ru/96507-proekt-modernizacii-tankov-m1a2-sep-v3-ssha.html>.

10. Зайцев Е.Н., Кудрявцева И.М., Розов Е.Н., Соколов В.Я. Основные направления и тенденции развития математического аппарата оценки эффективности БТТ на различных этапах ее создания // 8-я Всероссийская научно-практ. конф. «Актуальные проблемы защиты и безопасности». 2005. Т. 3. С. 73-77.

11. European Main Battle Tank. URL: https://en.everybodywiki.com/European_Main_Battle_Tank.

12. Степанов В.В., Андриященко М.С., Борисов Е.Г., Гуменюк Г.А., Зайцев Е.Н., Куртц Д.В., Халитов В.Г. Методы и средства защиты бронетехники. СПб.: Реноме, 2017. 312 с.

13. «Абрамс» для города: комплект TUSK. URL: <https://topwar.ru/27490-abrams-dlya-goroda-komplekt-tusk.html>.

14. Trophy (countermeasure). URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Trophy_\(countermeasure\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Trophy_(countermeasure)).

15. Iron Curtain is out as possible active protection system for Stryker. URL: <https://www.defensenews.com/land/2018/08/24/iron-curtain-is-out-as-possible-active-protection-system-for-stryker/>.

16. HJ-12. Anti-tank guided missile. URL: http://www.military-today.com/missiles/hj_12.htm.

17. Евдокимов В.И., Сильников М.В., Алешин А.С. Оценка возможности противодействия ПТРК FGM-148 Javelin средствами оптико-электронного противодействия // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2018. № 3-4 (117-118). С. 56-61.

18. Методы расчета средств защиты радиоэлектронных систем от электромагнитного излучения: монография / Под ред. С.С. Щесняка. СПб.: Издательство ВВМ, 2016. 310 с.

УДК 351.864.52

И.А. Карпачев, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Р.С. Белорозов, кандидат физико-математических наук
В.В. Морозов

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ В ИНТЕРЕСАХ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

В статье затрагиваются вопросы оценки экспортного потенциала образцов вооружения и военной техники, которые являются важной составной частью в системе мероприятий, связанных с их продвижением на мировой рынок. Данная оценка важна и для кредитных организаций, так как уверенный выбор проектов военно-технического сотрудничества для инвестирования также зависит от экспортной привлекательности для потенциальных покупателей предлагаемых образцов техники. Научная новизна статьи состоит в проведенном разделении процесса комплексной оценки экспортного потенциала конкретного образца вооружения на ряд достаточно самостоятельных этапов, осуществлении анализа и оценки на каждом этапе разных граней проблемы закупки ВВТ и их взаимной увязки с системных позиций. Актуальность статьи заключается в наглядности и доходчивости представления получаемых результатов для всех участников конкретного проекта военно-технического сотрудничества: разработчика и производителя комплекса вооружения, инвестора проекта ВТС, покупателей комплекса и организаций или лиц, лоббирующих его приобретение.

Ключевые слова: оценка экспортного потенциала образцов; продвижение на мировой рынок; военно-техническое сотрудничество.

Оценка экспортных возможностей образцов вооружения и военной техники (ВВТ) является важной составной частью в системе мероприятий, связанных с их продвижением на мировой рынок. Такие оценки важны и

для кредитных организаций, поскольку уверенный выбор проектов военно-технического сотрудничества (ВТС) для инвестирования также зависит в первую очередь от экспортной привлекательности для потенциальных покупателей предлагаемых образцов техники.

Экспортный потенциал образцов вооружения и военной техники является функцией многих переменных: эффективности ВВТ, их технических и эксплуатационных характеристик, характеристик надежности и безопасности, уровня сервисного обеспечения, стоимости и т.д. Причем, все эти характеристики в той или иной степени зависят от условий, в которых будет функционировать данный образец ВВТ и которые могут существенно отличаться от расчетных для него условий, заложенных предприятием-разработчиком.

Конкурентоспособность образца ВВТ на рынке конкретного региона или государства будет зависеть и от других важных факторов. Речь идет о военно-политической ситуации в регионе, состоянии экономики и политической ориентации государств, их планах развития оборонной промышленности и перевооружения.

Таким образом, при оценке экспортного потенциала ВВТ более целесообразно рассматривать не мировой рынок техники военного назначения, а рынки конкретных государств или регионов.

Экспортный потенциал образца ВВТ – величина относительная, поскольку производится сравнительная оценка комплекса с конкурирующими разработками других фирм и стран. Данный показатель численно характеризует определенный уровень экспортной привлекательности ВВТ в сравнении с его потенциальными конкурентами.

Для оценки экспортного потенциала ВВТ используются разные методические подходы. Наиболее распространенными в практике являются однокритериальные подходы, в которых для сравнительной оценки экспортного потенциала конкурирующих образцов вооружения в качестве основного критерия выбирается либо их боевая эффективность, либо один из стоимостных показателей, либо их комбинация.

В настоящее время для сравнительной оценки экспортного потенциала $K_{ЭП}$ конкурирующих комплексов вооружения используется, как правило, критерий «стоимость-эффективность». Он, как правило, представляет отношение стоимостей единицы боевого потенциала сравниваемых комплексов при поставке их к величине экспорта:

$$K_{\text{ЭП}} = S/S_K, \quad (1)$$

где $S = C/\text{БП}$ – стоимость единицы боевого потенциала оцениваемого комплекса, C – стоимость одиночного образца вооружения, БП – его боевой потенциал; $S_K = C_K/\text{БП}_K$ – стоимость единицы боевого потенциала конкурирующего образца вооружения; S и S_K являются функциями многих переменных, о которых речь шла выше.

Нередко при оценках используется и обратная величина, т.е. отношение боевых потенциалов сравниваемых комплексов ВВТ, приходящихся на единицу затрат ($\text{БП} = \text{БП}/C$; $\text{БП}_K = \text{БП}_K/C_K$):

$$K_{\text{ЭП}} = \text{БП}/\text{БП}_K. \quad (2)$$

Боевой потенциал комплекса ВВТ характеризует среднее число пораженных элементарных целей с заданной структурой ущерба за один цикл боевого применения. Ущерб может носить разный характер (уничтожение воздушных целей, поражение наземных или надводных объектов и т.д.).

Данные критерии достаточно полно отражают не только тактико-технические и боевые возможности конкурирующих образцов вооружения, но и какой ценой эти возможности стране-импортеру достанутся.

Наряду с однокритериальным подходом иногда используется также многокритериальный подход. Его суть сводится к тому, что традиционный показатель «стоимость-эффективность» дополнен другими не менее важными показателями такими, как уровень технического совершенства сравниваемых комплексов, уровень их эксплуатационного совершенства и др.

В данном подходе часть показателей рассчитывается, другая часть оценивается экспертами. Далее с использованием известных математических методов теории выбора и принятия наилучшего решения в условиях неопределенности осуществляется ранжирование образцов вооружения по совокупности критериев. Ранг образца вооружения характеризует его экспортную и инвестиционную привлекательность.

В обоих подходах ведутся, как правило, сравнительные оценки одиночных образцов вооружения и применительно к обобщенным условиям

некоторого осредненного театра военных действий, при этом оценки выполняются без привязки к стране-импортеру, без учета ее нужд, не на ее оперативном фоне и не в ее географических и климатических условиях.

В настоящей статье развивается однокритериальный подход в направлении его адаптации к реальному процессу принятия решения на закупку ВВТ страной-импортером. С учетом приведенных соображений особенностями предлагаемого методического подхода к оценке экспортного потенциала ВВТ являются [1]:

процесс оценки экспортного потенциала образца ВВТ приближается к реальному, не поддающемуся полной формализации процессу принятия решения на его закупку страной – импортером техники военного назначения, то есть проблема закупки ВВТ рассматривается с точки зрения политического и военного управления государством;

при оценке экспортного потенциала комплекса (образца) ВВТ рассматривается не вообще мировой рынок техники военного назначения (ТВН), а рынки конкретных государств и регионов;

оценка экспортного потенциала конкурирующих образцов техники осуществляется при их функционировании в составе реальной группировки данной страны, на ее оперативном фоне, то есть:

$$K_{ЭП} = БП_{ГР} / БП_{ГРК}, \quad (3)$$

где $БП_{ГР}$ и $БП_{ГРК}$ – боевые потенциалы группировки при включении в ее состав оцениваемого комплекса и его конкурента соответственно, приходящиеся на единицу затрат при ее формировании. Они характеризуют боевую работу, которую потенциально может совершить в условиях страны-импортера ее группировка, включающая предлагаемые для закупки конкурирующие образцы ВВТ при реальных затратах на их приобретение.

Для любой страны закупка дорогостоящей техники военного назначения – сложный и ответственный процесс. Оценки экспортного потенциала ВВТ ведутся, как правило, на интервале времени в 10-20 лет.

Отметим, что перечень вопросов, ответы на которые интересует правительство и военное ведомство любой страны при принятии решения на перевооружение своих вооруженных сил, является очень широким. Нужно также иметь в виду, что противоречивые требования к перевоору-

жению вооруженных сил вынуждают руководство любого государства искать нестандартные пути решения проблемы и необходимые финансовые ресурсы. Поэтому чрезвычайно дорогостоящее мероприятие по перевооружению, проводимое, как правило, в условиях острой нехватки средств, требует исследований множества альтернативных вариантов с целью минимизировать расходы страны, в том числе путем сбалансированного подхода к закупке новой техники и модернизации существующего парка, а также разумного растягивания этого процесса во времени.

Рассмотрим минимально необходимый перечень вопросов для принятия ответственного решения на импорт зарубежной техники военного назначения.

1. Прогноз военных угроз.

Данная оценка базируется, в основном, на анализе военно-политической обстановки в регионе, обусловленной экономическими, этническими, религиозными и другими противоречиями, складывающимися десятилетиями отношений с сопредельными государствами, а также их военных доктрин. Весь этот анализ имеет целью:

выявить наиболее опасные операционные направления и их особенности (физико-географические и климатические условия, оперативное оборудование возможных театров военных действий, степень развития коммуникаций и др.);

место и роль рассматриваемого вида военной техники в целом и отдельных ее составляющих в отражении потенциальных военных угроз для государства на этих направлениях;

возможный характер применения видов военной техники.

Подобный анализ в той или иной мере содержится во многих изданиях: «Военная мысль», «Зарубежное военное обозрение», «Независимое военное обозрение» и различных зарубежных изданиях. Опираясь на них, важно не только выявить наиболее острые военные проблемы, с которыми государству придется столкнуться в рассматриваемой перспективе, и динамику их развития, но и определить примерный типаж техники, который в той или иной степени будет потенциально его интересовать и который может быть ему предложен.

2. Оценка экономических возможностей страны по перевооружению устаревшего парка на новую технику.

Оценка экономических возможностей страны носит прогнозный характер и базируется на обработке имеющейся во многих источниках статистики. Результаты прогноза используются для расчета величины средств, которые государство потенциально в состоянии выделить для импорта необходимой военной техники:

$$S_{\text{ВР}} = \text{ВВП} * K_{\text{ВР}}, \quad (4)$$

$$S_{\text{ИМП}} = S_{\text{ВР}} * K_{\text{ВВТ}} * K_{\text{АТ}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{ВР}}$ – военные расходы – величина затрат на нужды обороны страны, млрд долл.; $S_{\text{ИМП}}$ – объем финансовых средств, который государство потенциально в состоянии направить на импорт техники военного назначения в прогнозируемый период, млрд долл.; $\text{ВВП} = f(\Delta t)$ – величина валового внутреннего продукта государства, млрд долл.; $K_{\text{ВР}}$ – доля средств в ВВП, которые государство планирует направлять на нужды обороны страны в прогнозируемый период; $K_{\text{ВВТ}}$ – доля средств в бюджете военного ведомства, которые государство в состоянии выделить на закупку ВВТ; $K_{\text{АТ}}$ – доля средств, которые государство в состоянии выделить на закупку конкретного вида военной техники.

Величины $K_{\text{ВР}}$, $K_{\text{ВВТ}}$, $K_{\text{АТ}}$ определяются с использованием статистики распределения затрат военного ведомства на закупку различных видов ВВТ, сложившейся в стране и в регионе.

3. Анализ возможностей собственной промышленности государства по удовлетворению потребностей в перевооружении устаревшего парка.

Оценке подлежат:

состояние промышленности и возможности по производству ВВТ разного класса;

наличие и реальность планов по развитию промышленности в рассматриваемой перспективе;

возможности по лицензионному производству импортной техники.

4. Уточнение перечня боевых задач, которые предстоит решать в прогнозируемый период с использованием импортной техники.

На данном этапе наряду с анализом традиционно решаемого круга задач важно выявить новые задачи и объекты действия импортируемой техники в будущих вооруженных конфликтах. Необходимо также оценить

соотношение сил конфликтующих сторон на наиболее опасных операционных направлениях и возможности существующего парка ВВТ по решению задач.

5. Прогноз состояния парка ВВТ и оценка потребностей в его обновлении.

Прогноз начинается с анализа динамики списания техники по ресурсу, расчета динамики изменения боевого потенциала группировки вооруженных сил и заканчивается предварительной количественной оценкой потребностей в обновлении составляющих парка ВВТ по видам техники.

6. Оценка боевых возможностей предполагаемых для закупки конкурирующих образцов ВВТ.

Оценка конкурирующих образцов ВВТ производится не только в сравнении друг с другом, но и в сравнении с аналогичной техникой, состоящей на вооружении данной страны, а также на вооружении сопредельных с ней стран. Сравнение осуществляется на типовых задачах в конкретных условиях рассматриваемой страны.

Так, например, для самолетов тактической авиации в качестве показателей боевой эффективности используются коэффициенты боевых потенциалов (КБП), характеризующие потенциальные возможности авиационного комплекса (АК) по поражению воздушных целей, морских и наземных объектов в условиях противодействия противника, уровень системы ПВО которого соответствует исследуемому региону:

$$\text{КБП} = \text{БП} / \text{БП}_{\text{ЭТ}}, \quad (6)$$

где БП – боевой потенциал оцениваемого АК; БП_{ЭТ} – боевой потенциал эталонного АК.

При этом эффективность АК при действиях по наземным объектам оценивается ударным коэффициентом боевого потенциала – КБП_у, при действиях по воздушным целям истребительным – КБП_и.

Данные коэффициенты рассчитываются путем математического моделирования авиационных ударов при решении расчетных боевых задач по поражению наземных и морских объектов с учетом противодействия системы ПВО, а также моделирования ближних и дальних воздушных боев.

7. Оценка направлений модернизации инфраструктуры страны-импортера ВВТ.

Закупка новой техники сопряжена, как правило, с необходимостью реконструкции системы пунктов управления, аэродромов, полигонов, баз хранения материальных средств и т.д. Все это может потребовать значительных финансовых и материальных затрат, удорожающих программу закупки образцов вооружения, и потому нуждается в оценке.

Последующие этапы, связанные с военно-экономической оценкой альтернативных вариантов программ перевооружения вооруженных сил страны-импортера, являются основными в сравнительной оценке комплексов. На всех предыдущих этапах велась лишь подготовка исходных данных для расчета экспортного потенциала комплекса вооружения, формировалась физика для понимания всеми заинтересованными сторонами экспортной привлекательности предлагаемого образца техники.

8. Формирование альтернативных вариантов программ перевооружения вооруженных сил на новые образцы техники.

Страна-импортер потенциально может рассматривать варианты программ перевооружения вооруженных сил на новые образцы техники с использованием множества различных комплексов: собственного, российского или западного производства, смешанные варианты из образцов собственного, российского и западного производства, а также варианты с модернизацией техники, находящейся на вооружении. Все они подлежат всесторонней оценке.

Преимущество того или иного рассматриваемого варианта (и соответствующего образца вооружения) на данном этапе оценивается по величине экспортного потенциала ($K_{ЭП}$) с использованием выражения (3). Входящие в него величины включают:

$$БП_{ГР} = (БП_{ГР} + БП_{ГРИ}) / (C_{ЖЦ} + C_{ГРИ}), \quad (7)$$

$$БП_{ГРК} = (БП_{ГРК} + БП_{ГРИ}) / (C_{ЖЦК} + C_{ГРИ}), \quad (8)$$

где $БП_{ГР} = БП \cdot N$, $БП_{ГРК} = БП_{К} \cdot N_{К}$ – боевые потенциалы партии конкурирующих комплексов; $БП$, $БП_{К}$ – боевые потенциалы конкурирующих комплексов; N , $N_{К}$ – количество закупаемых комплексов в составе обновленной группировки; $БП_{ГРИ}$, $C_{ГРИ}$ – боевой потенциал и стоимость содержания оставшейся части исходной группировки; $C_{ЖЦ} = C_{П} + C_{Э}$, $C_{ЖЦК} = C_{ПК} + C_{ЭК}$

– стоимость жизненного цикла партии конкурирующих комплексов в составе группировки; C_{Π} , $C_{\Pi K}$ – стоимость программы поставки конкурирующих комплексов; $C_{\text{Э}}$, $C_{\text{ЭК}}$ – стоимость эксплуатации конкурирующих комплексов.

$$C_{\Pi} = \sum_{i=1}^4 C_{\Pi i}; C_{\Pi K} = \sum_{i=1}^4 C_{\Pi K i},$$

где $C_{\Pi 1}$, $C_{\Pi K 1}$ – стоимость закупки партии конкурирующих комплексов; $C_{\Pi 2}$, $C_{\Pi K 2}$ – стоимость закупки средств поражения (из расчета, как правило, 3-х боекомплектов на один комплекс); $C_{\Pi 3}$, $C_{\Pi K 3}$ – стоимость доставки конкурирующих комплексов, запчастей, вооружения и наземного оборудования воздушным, наземным и морским транспортом; $C_{\Pi 4}$, $C_{\Pi K 4}$ – стоимость обеспечения начального этапа эксплуатации конкурирующих комплексов, который включает: подготовку личного состава, комплект запасных частей и наземного оборудования, гарантийное обслуживание, учебные пособия на языке покупателя.

$$C_{\text{Э}} = \sum_{i=1}^5 C_{\text{Э} i}; C_{\text{ЭК}} = \sum_{i=1}^5 C_{\text{ЭК} i},$$

где $C_{\text{Э} 1}$, $C_{\text{ЭК} 1}$ – стоимость содержания личного состава; $C_{\text{Э} 2}$, $C_{\text{ЭК} 2}$ – стоимость горюче-смазочных материалов; $C_{\text{Э} 3}$, $C_{\text{ЭК} 3}$ – стоимость запасных частей и расходных материалов; $C_{\text{Э} 4}$, $C_{\text{ЭК} 4}$ – стоимость наземных средств; $C_{\text{Э} 5}$, $C_{\text{ЭК} 5}$ – стоимость заводского ремонта.

На практике страна-импортер будет стремиться, как правило, реализовать с некоторыми вариациями одну из трех возможных стратегий [2]:

1) За счет перевооружения сохранить на длительную перспективу имеющийся боевой потенциал исходной группировки

$$(БП_{\text{ГР}} + БП_{\text{ГРИ}} = БП_{\text{ГРК}} + БП_{\text{ГРИ}} = БП_{\text{ГРИСХ}})$$

или достичь его определенной величины (например, сравняться по этому показателю с сопредельными странами и даже превзойти их).

2) Сохранить при перевооружении численность группировки и тем самым сохранить численность подразделений ($N + N_{\text{И}} = N_{\text{К}} + N_{\text{И}} = N_{\text{ИСХ}}$).

3) Ограничить закупку новых АК располагаемыми финансовыми возможностями страны ($C_{\text{ЖЦ}} = C_{\text{ЖЦК}} = S_{\text{РАСП}}$).

Могут рассматриваться и другие стратегии.

В рамках каждой стратегии рассматриваются различные варианты перевооружения группировки: с использованием комплексов российского,

западного или собственного производства, смешанные варианты, с лицензионным производством импортируемых комплексов и без него, с модернизацией или без модернизации имеющихся на вооружении комплексов и т.д. Для каждого варианта рассчитываются стоимостные показатели программы закупки и изменения боевого потенциала группировки.

9. Оценка экспортного потенциала и выбор рационального комплекса (образца) ВВТ.

Расчет $K_{ЭП}$ ведется с использованием выражения (3) применительно ко всем рассматриваемым стратегиям и вариантам перевооружения.

Учитывая, что отношение $БП/БП_K$ есть ни что иное, как коэффициент боевого потенциала $K_{БП}$ оцениваемого комплекса (за эталон взят конкурирующий комплекс), то в случае обновления целой группировки выражение (3) можно записать в более удобном для последующего анализа виде:

$$K_{ЭП} = \frac{K_{БП} * N * C_{ЖЦК}}{N_K * C_{ЖЦ}} \quad (9)$$

Для перечисленных трех стратегий выражение (9) примет вид:

$K_{ЭП} = (C_{ЖЦК}/C_{ЖЦ})$ – для первой стратегии;

$K_{ЭП} = K_{БП} * (C_{ЖЦК}/C_{ЖЦ})$ – для второй стратегии;

$K_{ЭП} = K_{БП} * (N/N_K)$ – для третьей стратегии.

Рациональный комплекс, который обоснованно может быть предложен стране-импортеру, выбирается по максимальному значению $K_{ЭП}$.

Для количественной оценки экономических возможностей стран, расчета эффективности образцов вооружения отечественного и зарубежного производства, а также боевых возможностей группировок войск (этапы 2, 5, 6 и 9) имеется пакет необходимых методик и программ. Анализ по этапам 1, 3, 4 и 7 носит качественный характер.

Таким образом, опираясь на логику принятия государствами решений при перевооружении вооруженных сил на новую технику, проводятся разделение процесса комплексной оценки экспортного потенциала конкретного образца вооружения на ряд достаточно самостоятельных этапов, анализ и оценка на каждом этапе разных граней проблемы закупки ВВТ и их взаимная увязка с системных позиций на последнем этапе. Все это обеспечивает наглядность и доходчивость получаемых результатов

для всех участников конкретного проекта военно-технического сотрудничества: разработчика и производителя комплекса вооружения, инвестора проекта ВТС, покупателей комплекса и организаций или лиц, лоббирующих его приобретение.

Это особенно важно для тех стран-импортеров, которые не располагают научно-исследовательскими структурами, способными квалифицированно выполнить такого рода оценки.

Для кредитной организации результаты комплексной оценки экспортного потенциала ВВТ в совокупности с анализом вариантов офсетных программ являются исходной информацией для формирования взвешенной программы возможного участия в инвестировании проекта военно-технического сотрудничества.

Список использованных источников

1. Карпачев И.А., Лавринов Г.А. Методологические аспекты обоснования и реализации военно-технической политики // Вооружение и экономика. 2019. №1(47).
2. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Бабкин Г.В. Экономические аспекты военно-технической политики Российской Федерации на современном этапе. М: Издательская группа «Граница», 2012.
3. Война и мир в терминах и определениях. Военно-технический словарь // Под общ. ред. Д.О. Рогозина. М.: «Вече», «Оружие и технологии», «Редкие земли», 2016.
4. Буренок В.М., Буравлев А.И. и др. Методы военно-научных исследований систем вооружения: монография. Издательство «Граница», 2017.
5. Московский А.М. Военно-техническая политика государства: современный этап и тенденция развития. М.: «Военный парад», 2006.
6. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники / Под ред. В.М. Буренка. СПб.: ВАТТ, 2011.

УДК 351.864.1

А.В. Леонов, доктор экономических наук, профессор

А.Ю. Пронин, кандидат технических наук, доцент

О ВАЖНОСТИ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО ОРУЖИЯ

В данной статье на основе анализа проблем и задач создания нового оружия представлены основные положения методологии системного проектирования, в том числе: принципы и этапы, комплексная модель и алгоритм ее практического применения. С использованием данной методологии представляется возможным перейти от традиционной парадигмы проектирования, связанной с обоснованием характеристик и конструктивно-технологического облика отдельных образцов, к новой парадигме – проектированию целостной совокупности унифицированных образцов нового оружия. В этом состоит важность и новизна системного проектирования.

Ключевые слова: проектирование, оружие, технология, унификация, система, модель.

Проблемы и задачи создания нового оружия

В современных военных конфликтах широкое применение находят новые виды оружия – высокоточное оружие, беспилотные летательные аппараты, роботизированные комплексы военного назначения. В ближайшее время ожидается появление образцов гиперзвукового оружия и оружия направленной энергии (в первую очередь, лазерного и радиочастотного). Создание и интеграция этих новых видов оружия в состав системы вооружения обеспечит качественное повышение уровня решения существующих и перспективных задач Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) и, в конечном итоге – парирование широкого спектра угроз национальной безопасности России в военно-технической сфере.

Однако создаваемые образцы нового оружия характеризуются высоким уровнем сложности и стоимости, которые в будущем будут только возрастать. Поэтому важность системного проектирования на современном этапе создания нового оружия неизмеримо возрастает и, особенно,

при формировании рационального состава этого оружия, обеспечивающего решение задач ВС РФ с заданной эффективностью в рамках прогнозируемых военных конфликтов при определенных технологических и финансово-экономических ограничениях.

О необходимости системного проектирования развития вооружения и военной техники (ВВТ), призванного решить одну из важнейших проблем военно-технической политики – обеспечение сбалансированного развития системы вооружения, подчеркивалось еще в 2004 году в работе Буренка В.М. [1]. В данной работе под «системным проектированием» понимается организационно и методически сложный процесс, который в условиях дефицита ресурсов, выделяемых на развитие ВВТ, позволит найти пути рационального решения основных задач, стоящих перед ВС РФ».

В настоящее время основные проблемы системного проектирования связаны с учетом следующих факторов:

- широкий спектр видов нового оружия;
- наличие большого количества параметров, влияющих на эффективность нового оружия и стоимость его создания;
- необходимость решения широкого спектра задач с максимальной адаптацией к тем или иным условиям функционирования;
- наличие различных заказчиков;
- неопределенность значительного объема исходных данных и их достоверности.

Все эти факторы обусловили необходимость совершенствования существующего инструментария проектирования нового оружия, поскольку учет вышеназванных факторов недостаточно обеспечивается применяемыми традиционными методами и способами проектирования. В настоящее время проблема выбора конструктивно-технологического облика образца нового оружия осуществляется, как правило, путем оптимизации его параметров для какой-либо частной задачи. Вопрос установления важности конкретной задачи из всего множества, а также проектирование образца с учетом его роли и места в общей совокупности образцов нового оружия и, в целом системы вооружения, часто решается эвристически или, в лучшем случае, на основе экспертных оценок, то есть субъективно.

Следует отметить, что проблемы, связанные с проектированием, достаточно широко исследуются. Причем во многих исследованиях этот процесс представляется как часть формирующейся системы управления жизненным циклом образцов ВВТ в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по их созданию. При этом проектирование рассматривается, в основном, применительно к отдельным образцам и значительно реже как проектирование совокупности образцов для удовлетворения потребности различных заказчиков и использования в различных условиях функционирования. Еще реже при проектировании учитываются мероприятия по унификации составных частей и элементов образцов нового оружия. Если совсем недавно считалось допустимым в качестве конечного результата традиционной схемы проектирования – разработка отдельного конкретного образца с лучшими тактико-техническими и технико-экономическими характеристиками, то в настоящее время подобная постановка вопроса становится уже неактуальной.

Целесообразность разработки того или иного образца нового оружия должна тесно увязываться с целями и задачами создания совокупности унифицированных образцов, а также с требованиями заказчиков к их свойствам. Причем эти требования должны формулироваться с учетом возможности создания: с одной стороны, научно-технического задела на основе выполнения взаимоувязанных НИОКР по созданию перспективных технологий, а с другой – возможности установления оптимальных параметров конструктивно-технологической схемы образца нового оружия, обеспечивающей требуемые его характеристики в разрабатываемой или модернизируемой совокупности образцов. Поэтому одна из важнейших задач системного проектирования на современном этапе развития системы вооружения заключается в сочетании результатов фундаментальных и прикладных исследований с оптимальными конструктивно-технологическими решениями в целях обеспечения требований заказчиков к эффективности нового оружия при его минимальной стоимости. А предметом системного проектирования становится изучение закономерностей изменения во времени технико-экономических и технологических процессов создания нового оружия на этапах его создания с учетом возможностей унификации, с целью обоснованного выбора оптимального состава и характеристик нового оружия.

Таким образом, современный этап создания нового оружия характеризуется переходом от традиционной парадигмы проектирования отдельного конкретного образца к новой парадигме – проектированию целостной унифицированной совокупности перспективных образцов в интересах одного или нескольких заказчиков, которая должна обеспечивать выполнение широкого спектра задач и максимальную адаптацию к тем или иным условиям применения (эксплуатации).

Поэтому процесс проектирования новых образцов оружия потребовалось выделить и обособить в отдельный вид – системное проектирование. Несмотря на широкий спектр отдельных вопросов, изученных в области проектирования, системная методология проектирования нового оружия и ее модели разработаны недостаточно. Остаются нерешенными вопросы, связанные с обоснованием оптимального типажа и рациональных характеристик нового оружия, анализом и оценкой возможностей унификации, обоснованием выбора рациональных вариантов конструктивно-технологического облика нового оружия.

В этой связи далее последовательно рассмотрены следующие элементы методологии и методического инструментария системного проектирования:

- принципы и этапы системного проектирования;
- комплексная модель системного проектирования на этапах технического и технологического проектирования, а также метод оценки эффективности унификации на этих этапах;
- алгоритм практического использования комплексной модели.

1. Принципы и этапы системного проектирования

Сложность и многоплановость задач системного проектирования потребовали создания единых принципиальных основ для обеспечения установления соответствия между целями создания нового оружия, техническими (технологическими) возможностями и располагаемыми ресурсами.

В основу положены следующие основные принципы системного проектирования:

- комплексность и целостность (включая формирование иерархии задач нового оружия);

- полный охват всех этапов создания и типов нового оружия;
- оптимизация (субоптимизация) по комплексному критерию «затраты – эффект – реализуемость»;
- долгосрочность и согласованность по времени (этапам разработки);
- ресурсообеспеченность;
- управляемость;
- информационная обеспеченность.

Практическая реализация требований системности требует выполнения ряда условий, в том числе:

разработка нового оружия как системы, интегрирующей различные по назначению элементы;

формирование требований к новому оружию на основе анализа задач, которые на него возлагаются, условий применения и других факторов;

формирование облика образцов нового оружия на основе тщательного анализа достижений науки, техники и технологий;

выполнение взаимоувязанных НИОКР по созданию элементов нового оружия, перспективных технологий;

использование широкой унификации элементов нового оружия.

С учетом данных принципов и условий выделены основные этапы системного проектирования нового оружия (рисунок 1).

К основным этапам системного проектирования относятся:

- *этап 1* – анализ широкого спектра научных достижений и оценка возможности их использования при создании нового оружия;

- *этап 2* – формирование научно-технического задела как инновационной основы создания новых поколений оружия и оценка его готовности для постановки опытно-конструкторских работ;

- *этап 3* – обоснование облика и определение тактико-технических требований к образцам;

- *этап 4* – определение основных технических и технологических решений образцов нового оружия (*этапы технического и технологического проектирования*);

- *этап 5* – изготовление экспериментального и опытных образцов, проведение их натурных испытаний;

- *этап 6* – проработка вопросов боевого применения и интеграции нового оружия в состав системы вооружения.

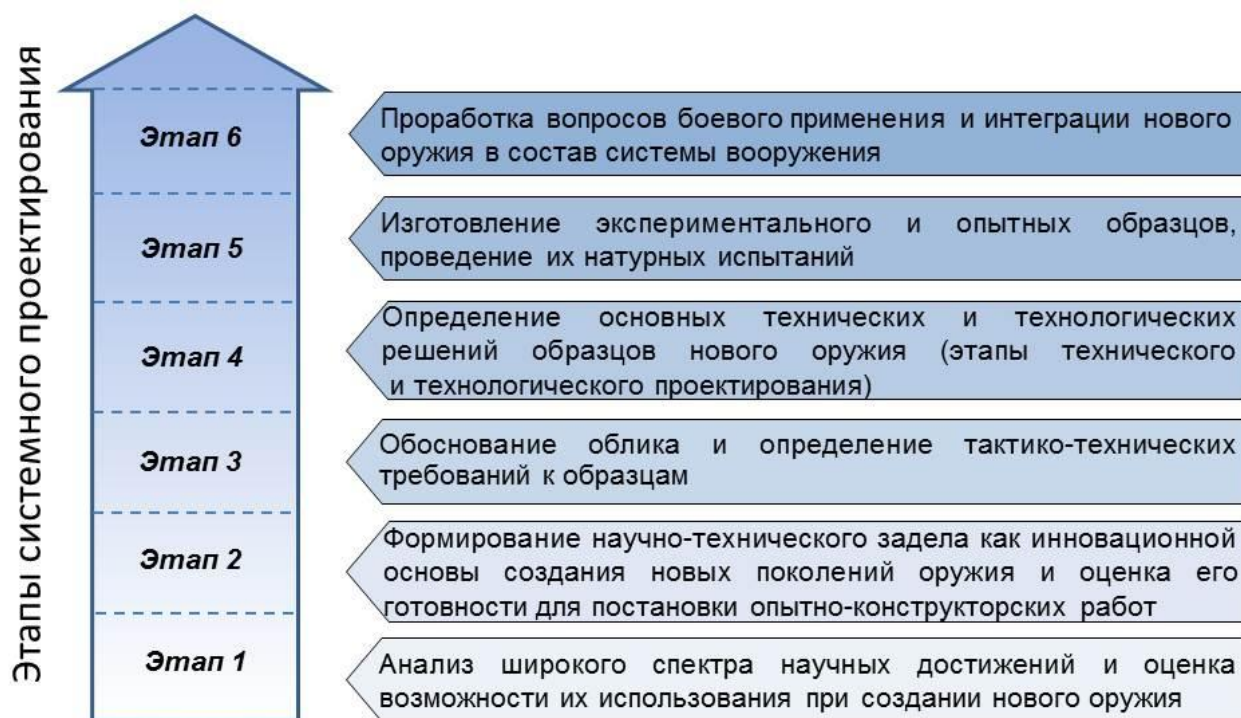


Рисунок 1 – Основные этапы системного проектирования нового оружия

Реализация представленных этапов позволяет за заданное время и с минимальными возможными затратами осуществлять тактико-техническое и технико-экономическое обоснование возможности и целесообразности создания нового оружия, определить его роль и место в составе системы вооружения, а также разработать тактико-техническое задание (ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу по созданию опытного образца. Кроме того, реализация данных этапов обеспечит возможность расширения номенклатуры образцов нового оружия в составе системы вооружения, снижение стоимости, рисков срыва сроков или невыполнения требований ТТЗ на их создание. Поэтому, учитывая роль технико-экономических показателей создания нового оружия, отдельной задачей, которую необходимо решать на всех этапах системного проектирования, является обоснование оптимальной экономической динамики создания нового ору-

жия. Под экономической динамикой, в соответствии с Современным экономическим словарем¹, понимается характер изменения экономических показателей во времени.

Следует отметить, что большинство из приведенных на рисунке 1 этапов проектирования нового оружия, в том числе в условиях диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса, были рассмотрены ранее в работах [2-5; 8; 9; 14; 15].

В меньшей степени оказались изученными вопросы, связанные с формализацией технического и технологического проектирования нового оружия.

В этой связи авторами более подробно рассмотрены этапы технического и технологического проектирования нового оружия.

2. Комплексная модель системного проектирования

В отличие от традиционной схемы, системное проектирование нового оружия имеет ряд отличительных особенностей, связанных с необходимостью проведения, прежде всего:

- военно-научных и научно-технических исследований по обоснованию требуемого уровня основных характеристик нового оружия;
- анализа значительного числа возможных вариантов реализации отдельных функционально-технологических блоков (ФТБ) для достижения требуемого уровня основных характеристик проектируемых образцов нового оружия и их технико-экономической оценки с учетом возможности совместного использования новых и традиционных технологий.

При проектировании нового оружия необходимо иметь следующую оперативную информацию:

- на каком уровне готовности находятся технологии, положенные в основу его создания;
- какие задачи должны решаться на плановом отрезке времени с использованием нового оружия;
- способен ли существующий (альтернативный) вариант нового оружия решать аналогичные задачи;

¹ Современный экономический словарь / Под ред. Б.А. Райзберга, Л.Ш. Лозовского, Е.Б. Стародубцевой. М.: Инфра-М, 2002. 480 с.

- каковы должны быть характеристики образца нового оружия 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 разные варианты создания нового оружия, в том числе: разработка образцов нового поколения или модернизация существующего образца. Возникающая при этом многовариантность обусловлена рядом обстоятельств и, прежде всего, практической потребностью проведения технико-экономических исследований при минимальном, как правило, объеме исходных данных. В этих условиях еще не обоснованы значения характеристик нового оружия, 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 образце нового оружия либо всю возможную совокупность новых научно-технических решений (научно-технический задел), либо часть из них. Такое положение имеет место при разработке долгосрочных планов создания нового оружия, а также в том случае, когда при разработке долгосрочных плановых документов не предъявляется жестких требований к значениям его характеристик, а известны только диапазоны их возможных значений. Таким образом, основой создания нового оружия является технологическое проектирование, в ходе которого обосновывается рациональная совокупность ФТБ, обеспечивающих требуемые уровни характеристик проектируемых образцов, с учетом экономических оценок.

В настоящее время, с целью подтверждения реализуемости создания образца нового оружия, проводится комплекс программных мероприятий по техническому и технологическому проектированию.

Предлагаемый ниже методический инструментарий предусматривает выполнение данного комплекса программных мероприятий в два основных этапа:

первый этап – внешнее (техническое) проектирование;

второй этап – непосредственная разработка конструктивно-технологической схемы образца нового оружия (технологическое проектирование).

На каждом из этих этапов должен проводиться анализ и оценка возможности унификации.

Для формализации задачи системного проектирования и обоснованного выбора характеристик представим всю совокупность образцов нового оружия следующим множеством [6]:

$$N_{VTP} = \{N_1, N_2, \dots, N_k\}_{OPT}, \quad (1)$$

где: N_1, N_2, \dots, N_k – подмножества (типы) образцов.

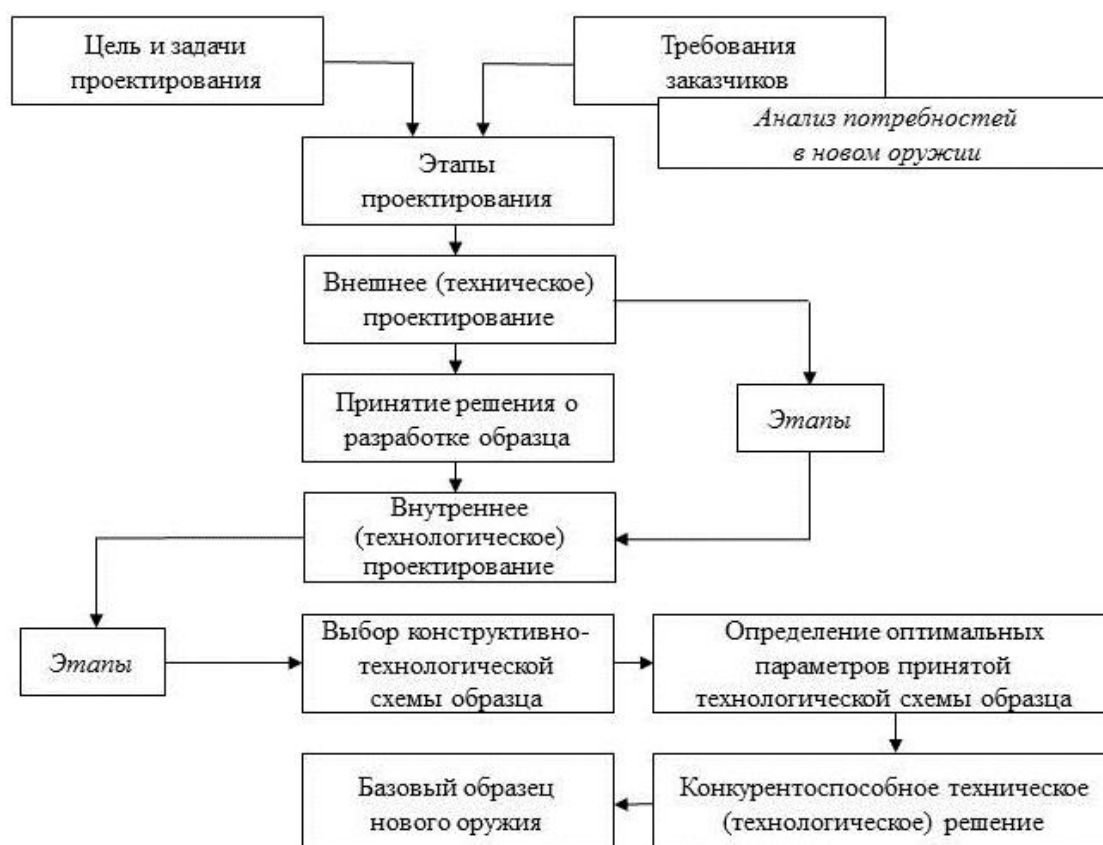


Рисунок 2 – Комплексная модель системного проектирования

Оптимальная совокупность образцов вида (1) должна учитывать потребности различных заказчиков, цели и задачи применения (функционирования) образцов в различных условиях обстановки. Кроме того, она должна обеспечивать широкую унификацию, относительно минимальную стоимость разработки, производства и эксплуатации нового оружия. Результатами решения такой задачи должны явиться:

- оптимальный типаж, вектор рациональных характеристик образцов нового оружия, оценка возможности унификации (техническое проектирование);

- рациональный состав функционально-технологических блоков (элементов) в образце, рациональный вариант конструктивно-технологического облика образца, оценка возможности унификации (технологическое проектирование).

Комплексная модель системного проектирования нового оружия, учитывающая этапы технического и технологического проектирования, показана на рисунке 2.

Рассмотрим содержание технического и технологического этапов системного проектирования.

Техническое проектирование

Основные этапы технического проектирования показаны на рисунке 3.



Рисунок 3 – Основные этапы технического проектирования

Представленные на рисунке 3 этапы технического проектирования относятся к внешнему проектированию. Эти этапы, в сущности, являются техническим заданием на проектирование. Практика проектирования нового оружия показывает, что степень вклада каждого этапа в общий результат (соответственно и значение этапов) возрастают от конечного этапа – к начальному этапу. Эта закономерность характерна как для технического, так и технологического проектирования.

Рассмотрим логическую схему технического проектирования [6; 10].

Исходя из потребностей различных заказчиков нового оружия, и на основе анализа возможных пересечений подмножеств N_1, N_2, \dots, N_k определяется оптимальный (минимальный) типаж образцов, создаваемых в ходе выполнения НИОКР:

$$N_{VTP} \cap \{N_{1(1)}, N_{2(2)}, \dots, N_{k(l)}\}, \quad (2)$$

где: $N_{1(1)}, N_{2(2)}, \dots, N_{k(l)}$ – подмножества образцов нового оружия, разрабатываемых в интересах различных заказчиков.

При этом анализируется возможность унификации разрабатываемых образцов, для осуществления которой необходимо наличие пересечения подмножеств в выражении (2) и предпосылки следующих объединений:

$$\{n_1, n_2, \dots, n_k\} \in N_{VTP(1)} \cup \{n_1, n_2, \dots, n_k\} \in N_{VTP(2)} \cup \dots \cup \{n_1, n_2, \dots, n_k\} \in N_{VTP(l)}, \quad (3)$$

при

$$\begin{aligned} |K(N_{VTP(1)}) - K(N_{VTP(2)})| &\leq K_{dop}, \\ |K(N_{VTP(l-1)}) - K(N_{VTP(l)})| &\leq K_{dop}, \end{aligned} \quad (4)$$

где: n_1, n_2, \dots, n_k – элементы подмножеств N_1, N_2, \dots, N_k , соответственно; K – оптимальное решение для каждого $N_{VTP(l)}$; K_{dop} – допустимое отклонение от оптимального решения.

Таким образом, формирование системы, согласно выражению (1), является задачей структурного синтеза оптимальной совокупности образцов нового оружия при ограничениях на ресурсы и возможный состав ее элементов n_1, n_2, \dots, n_k , которые по мере развития научно-технического задела могут изменяться количественно, качественно и структурно.

Выбор рациональных характеристик образцов может быть построен как процесс субоптимизации системы (1) с учетом выполнения условий (2), (3) и (4) на основании последовательно применяемых критериев.

Фактически процедура выбора рациональных характеристик сводится к решению задачи соответствия элементов их объединениям, обеспечивающих максимум принятого критерия K в следующем виде:

$$n_1 \in N_1; n_2 \in N_2; \dots; n_l \in N_l \cup (n_1; n_2; \dots; n_l)_{\max} = \max K. \quad (5)$$

Далее, на основе конструктивного анализа проектируемых образцов нового оружия формируются подмножества альтернатив технических решений:

$$\overline{A_1} \cup (\overline{n_1}; \overline{n_2}; \dots; \overline{n_l}) = K_{zad}, \quad (6)$$

где: $\overline{n_1}; \overline{n_2}; \dots; \overline{n_l}$ – элементы, образующие альтернативные технические решения $\overline{A_1}$; некоторый заданный уровень критерия K_{zad} .

Сформированные подмножества альтернатив технических решений (6) дают основание для постановки задачи синтеза конструктивно-технологической схемы 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 требуемый (заданный) уровень критерия K_{zad} . Задача синтеза конструктивно-технологической схемы образца решается на этапах технологического проектирования.

Таким образом, техническое проектирование сводится к анализу множества условий боевого применения нового оружия, выбору типовых ситуаций боевого применения (функционирования), формированию критериев, определению типажа и рациональных характеристик образцов нового оружия, анализу возможности унификации.

На основе методологии технического проектирования представляется возможным на научной основе обосновать роль и место каждого образца в общей совокупности образцов нового оружия, определить их оптимальные характеристики и сформировать рациональный типаж образцов.

Технологическое проектирование

Суть технологического проектирования заключается во внедрении, сбалансировании и синергетическом объединении (компоновке) различных по назначению ФТБ (подсистем, узлов, элементов) в единую конструктивно-технологическую схему – единую конструкцию образца нового оружия.

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 образца.

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

Основные этапы технологического проектирования, в частности, переход от множества сбалансированных характеристик образца – к конкретному рациональному варианту конструктивно-технологической схемы его построения, показаны на рисунке 4.

Вербальное решение задачи структурного синтеза конструктивно-технологической схемы образца нового оружия заключается в следующем.

Известно множество типов ФТБ и число блоков каждого типа. Функционально-технологический блок каждого типа обладает определенными свойствами (динамическими параметрами). При этом имеются параметры (например, массо-габаритные, энергопотребление), присущие каждому блоку. Результат взаимодействия ФТБ проявляется в виде свойств образца, которые описываются некоторыми функциональными зависимо-

стями. Предпочтительность того или иного варианта функционально-технологического построения образца оценивается с использованием показателей, которые характеризуют эффективность его использования (применения по функциональному назначению) при решении той или иной задачи. На параметры и показатели ФТБ накладывается система параметрических и функциональных ограничений, то есть допустимые границы их изменения.



Рисунок 4 – Основные этапы технологического проектирования

Полные затраты на технологическое проектирование образца выводятся суммированием затрат на создание ФТБ каждого типа и затрат на их комплексирование (интеграцию) в состав того или иного образца но-

вого оружия. Такой способ учитывает все необходимые компоненты затрат и отражает специфику образца, прежде всего, зависимость его основных характеристик от состава и порядка взаимодействия ФТБ каждого типа с учетом их свойств, что обеспечивает появление между ними устойчивых связей в виде конструктивной схемы (функциональной структуры) образца нового оружия.

При технологическом проектировании к функционально-технологическим блокам предъявляются дополнительные требования, в частности: по стандартизации и унификации их элементов; по условиям целесообразности использования заимствованных элементов аналогичного или другого функционального предназначения. Также должны учитываться требования, предъявляемые к ФТБ со стороны системообразующих блоков, определяющих принципиальную физико-техническую новизну образца нового оружия. Кроме того, в процессе технологического проектирования должны учитываться требования со стороны совокупности разрабатываемых образцов, в которой каждое проектируемое изделие рассматривается как неотъемлемая составная часть.

Требуется определить рациональный состав ФТБ в проектируемом образце нового оружия.

Данная задача может быть сформулирована с использованием комплексного критерия «эффект – затраты – реализуемость», обоснованного в работе [7]. В этом случае задача формулируется в трех вариантах.

1. *Минимизация затрат.* Требуется найти такие рациональные объединения ФТБ, при которых полные затраты на проектирование минимальны, с учетом следующих условий: а) эффективность решения каждой задачи должна быть не меньше заданных (требуемых) уровней; б) сроки создания образца нового оружия должны быть меньше заданных значений.

2. *Максимизация эффекта.* Требуется найти такие рациональные объединения ФТБ, при которых максимизируется критерий эффекта образца при заданном уровне затрат и сроках его создания.

3. *Оптимизации временных сроков создания образца нового оружия.* При заданных объемах затрат на проектирование и эффективности образца определяются оптимальные параметры и сроки полномасштабной отработки основных (базовых) технологий образца нового оружия.

Решение задачи в любом варианте ее формулировки позволяет получить рациональное число ФТБ каждого типа в проектируемом образце нового оружия. Приведенные постановки позволяют более полно и корректно учитывать межуровневые иерархические технологические связи, возникающие между разнотипными ФТБ, с учетом степени их технологической отработки.

Таким образом, на основе методологии технологического проектирования с использованием комплексного критерия «эффект – затраты – реализуемость» представляется возможным на научной основе обосновать конструктивно-технологический облик образца нового оружия.

Метод оценки эффективности унификации

При разработке нового оружия мероприятиям по унификации должно уделяться особое внимание.

Оценку уровня унификации нового оружия, конечно, можно проводить на основе известного подхода с использованием частных показателей унификации, например, как показано в работе [4]: коэффициентов применяемости, повторяемости и межпроектной унификации. Подобный подход хотя и позволяет судить о технологичности оцениваемой составной части, но не дает ответа относительно обоснованности ее включения в состав проектируемого образца нового оружия или совокупности этих образцов.

В этой связи использован новый метод оценки уровня унификации, основанный на обобщающем показателе эффективности унификации, который взаимосвязан с коэффициентом эффективности использования образца нового оружия по своему функциональному назначению [6]. При этом предполагается, что данный коэффициент показывает изменение эффективности проектируемого образца относительно некоторого базового образца при равном уровне затрат на выполнение ими какой-либо задачи по своему функциональному назначению. Данное соотношение определяется следующей зависимостью:

$$K_e = \frac{P^p}{P^b}, \quad \text{при } C^p = C^b, \quad (7)$$

где C^p , C^b – затраты на выполнение задачи по своему функциональному назначению проектируемым образцом нового оружия и базовым образцом, соответственно; P^p , P^b – вероятности выполнения задачи проектируемым и базовым образцом, соответственно.

Кроме того, предполагается, что создание образцов включает разработку и производство их составных частей. Задача определения затрат на производство образцов является более сложной, чем затрат на НИОКР, так как необходимо знать объемы производства составных частей, что является прерогативой заказывающих ведомств. Поэтому для определения ориентировочного уровня затрат на производство предполагается, что разрабатываемыми образцами будет обеспечиваться только определенный процент потребителей от их общего числа и в соответствии со штатной принадлежностью новых образцов.

Согласно данному подходу оценка уровня унификации осуществляется в соответствии со следующим выражением [6]:

$$K_y = \frac{\sum_{p=1}^k C_p^u - \sum_{q=1}^l \Delta N_q^u \cdot C_q^u}{\sum_{p=1}^k C_p^o}, \quad (8)$$

где: C_p^u , C_p^o – затраты на p -й этап проектирования унифицированного и неунифицированного вариантов образца нового оружия, соответственно; ΔN_q^u – возможный прирост объемов производства за рассматриваемый период времени q -й унифицированной составной части (элемента) нового образца; C_q^u – прибыль (сокращение затрат) от применения q -й унифицированной составной части (элемента).

С учетом длительности жизненного цикла образцов нового оружия и выражения (8) для q -й унифицированной составной части (элемента), можно получить следующее выражение:

$$K_y = \frac{C_q^u}{C_q^o} \left(1 - \frac{\Delta N_q^u}{N_q^o} \right), \quad (9)$$

что позволяет выражение (8) представить в виде функции:

$$K_e = F(K_y, \alpha_q^u, \beta^o), \quad (10)$$

где: α_q^u , β^o – характеристики унифицированных и неунифицированных составных частей (элементов), соответственно; N_q^o – общий объем производства за рассматриваемый период времени q -й составной части (элемента) образца нового оружия (как суммы унифицированных и неунифицированных составных частей).

Согласно выражению (10) между коэффициентом эффективности K_e и коэффициентом унификации K_y существует тесная взаимосвязь, которая должна учитываться при выборе рационального варианта конструктивно-технологической схемы образца нового оружия. Установление данной взаимосвязи возможно путем моделирования процессов функционирования новых образцов в различных типовых ситуациях их применения.

Таким образом, оценка целесообразности того или иного варианта унификации составных частей (элементов) образца нового оружия должна проводиться одновременно с оценкой эффективности его использования по своему функциональному назначению.

Следует отметить, что изложенный подход к оценке эффективности унификации является универсальным. Он может быть использован как при внутривидовой унификации (на основе базовой модели образцов одного типа), так и межвидовой унификации (на основе нескольких базовых моделей различного типа), что, в принципе, не противоречит существующим взглядам в области унификации высокотехнологичной продукции, например, представленным в работе [4]. В основу принципа межвидовой унификации положены идеи подобия задач, потребностей, конструктивно-технологических решений и элементной базы, используемой в образцах нового оружия различных заказывающих органов.

Практическое использование изложенного выше метода позволило провести оценку влияния различных вариантов унификации, в том числе по конструктивно-технологическому исполнению проектируемых образцов нового оружия, на эффективность их применения по своему функциональному назначению. Таким образом, был предопределен выбор конкурентоспособных технических и технологических решений проектируемых образцов нового оружия. По существу, смысл и эффект унификации заключается в решении всего круга задач, возлагаемых на новое оружие, с минимальными затратами, то есть минимальным типажом образцов нового оружия.

3. Алгоритм практического использования комплексной модели

С учетом рассмотренных особенностей технического и технологического проектирования, а также оценки эффективности мероприятий по унификации, предложен алгоритм практического использования комплексной модели системного проектирования высокотехнологичной продукции (рисунок 5).

В основу комплексной модели положены требования заказчиков к новому оружию, цели и задачи их создания, а также направления системного проектирования, позволяющие определить:

на этапах технического проектирования: типаж образцов нового оружия; рациональные характеристики; возможности унификации по повышению эффективности нового оружия или снижению затрат на их создание (межвидовая унификация);

на этапах технологического проектирования: рациональный состав ФТБ и их параметров; рациональный вариант конструктивно-технологической схемы образца нового оружия; возможности унификации по повышению эффективности нового оружия или снижению затрат на его создание (внутривидовая унификация).

На основе выбора конкурентоспособных технических и технологических решений разрабатывается базовый образец и оптимальная совокупность образцов нового оружия.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что системное проектирование нового оружия представляет собой не жесткую, а гибкую методологию структурного и параметрического синтеза, включающую понятийный аппарат, иерархическую систему целей и критериев, совокупность математических моделей, методик, единую систему исходных данных.

Структурный синтез заключается в разработке совокупности (системы) образцов нового оружия с учетом внешней среды, условий функционирования образцов, требований к ним, новых технических решений.

Параметрический синтез состоит в определении оптимальных динамических параметров конструктивно-технологической схемы нового образца на основе формирования допустимого множества его альтернативных вариантов и выбора доминирующего технологического решения.

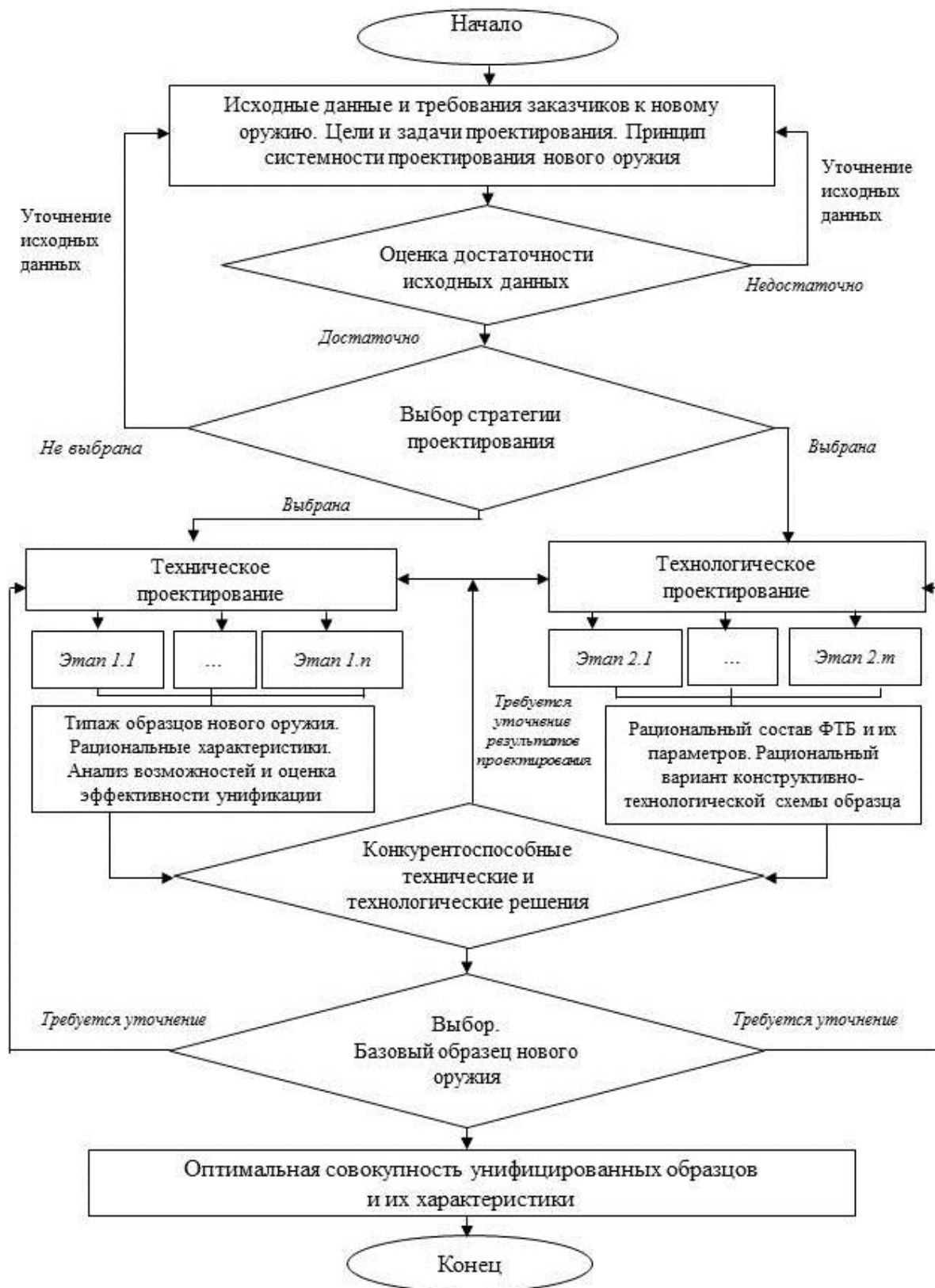


Рисунок 5 – Алгоритм практического использования комплексной модели системного проектирования нового оружия

В методическом плане задача структурно-параметрического синтеза состоит в определении таких объединений элементов (как на этапах технического, так и технологического проектирования), образующих альтернативные технические (технологические решения) с оптимальными конструктивными параметрами, при которых обеспечивается заданный уровень критерия «эффект – стоимость – реализуемость». Для решения задачи структурного синтеза совокупность образцов нового оружия представляется в виде большой системы с многообразием связей между ее элементами на разных уровнях и этапах проектирования.

В целом, системное проектирование является мощным методическим инструментарием оптимизации затрат на создание нового оружия при обеспечении заданных требований к его эффективности.

Заключение

В данной статье на основе анализа проблем и задач создания нового оружия разработаны основные положения методологии системного проектирования нового оружия, в том числе:

предложен новый понятийный аппарат, принципы и этапы системного проектирования;

разработана комплексная модель, включающая модели технического и технологического проектирования, а также метод оценки эффективности унификации, пригодный к использованию на межвидовом и внутривидовом уровнях;

разработан алгоритм практического использования комплексной модели и предложения по ее использованию на этапах создания нового оружия.

С использованием данной методологии представляется возможным перейти от традиционной парадигмы проектирования, связанной с обоснованием характеристик и конструктивно-технологического облика отдельных образцов к новой парадигме – проектированию целостной совокупности (системы) унифицированных образцов нового оружия в интересах различных заказчиков и условий применения (эксплуатации). В этом состоит важность и новизна системного проектирования.

В дальнейшем, целесообразно распространить методологию и практику системного проектирования на наиболее науко- и ресурсоемкие

образцы нового оружия, что позволит сократить сроки и затраты на их создание, в том числе за счет достижения оптимального уровня межвидовой унификации технических и технологических решений.

Список использованных источников

1. Буренок В.М. Системное проектирование развития вооружения и военной техники // Военная мысль. 2004. № 6. С. 11-14.
2. Буренок В.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Военно-экономические и инновационные аспекты интеграции нетрадиционных видов оружия в состав системы вооружения. М.: Издательская группа «Граница», 2014. 240 с.
3. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Модифицированный метод оценки влияния научно-технологических достижений на создание перспективного вооружения // Вооружение и экономика. 2018. № 2(44). С. 68-79.
4. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Проблемы и пути создания высокотехнологичной продукции в условиях диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. М.: ИНФРА-М, 2019. 351 с.
5. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Издательская группа «Граница», 2012. 424 с.
6. Избранные труды академика А.Г. Шипунова: Сборник публикаций. В 3-х т. Т. 3. М.: Издательство «Граница», 2017. 456 с.
7. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: ВУ, 2015. 340 с.
8. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: Издательство ООО «КУПОЛ», 2009. 624 с.
9. Корчак В.Ю. Научный задел как инновационная основа создания новых поколений технических систем // Компетентность. 2010. № 9. С. 18-24.
10. Юдаев А.В., Швыкин Ю.С., Игнатов А.В. Проблемы комплексной автоматизации проектно-конструкторских работ // Системы ВТО. Создание, применение и перспективы. Тула: КБП, 2014. № 2(12). С. 65-79.
11. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Метод выбора парето-оптимальных вариантов государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. 2012. № 1(17).
12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.
13. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 552 с.
14. Панков С.Е., Борисенков И.Л., Смирнов С.С., Реулов Р.В. Планирование фундаментальных и прикладных исследований в интересах обороны и безопасности государства в современных условиях // Вооружение и экономика. 2017. № 2(39). С. 43-54.
15. Смирнов С.С., Реулов Р.В. О необходимости совершенствования системы внедрения в ВВСТ новых технологий // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 1(101). С. 49-58.

УДК 629.78

Д.Н. Гула, кандидат
технических наук
А.В. Спесивцев, доктор
технических наук, доцент

НЕЧЕТКО-ВОЗМОЖНОСТНЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В статье представлен нечетко-возможностный подход к прогнозированию технического состояния объектов наземно-космической инфраструктуры (ОНКИ). Данный подход, в отличие от общепринятых математических моделей, позволяет осуществлять прогноз технического состояния ОНКИ с использованием знаний и опыта экспертов (экспертный опрос).

Ключевые слова: нечетко-возможностный подход; прогнозирование; техническое состояние; объекты наземно-космической инфраструктуры.

В настоящее время характерными требованиями, предъявляемыми к процессам применения современных систем контроля и управления сложными ОНКИ, являются:

- оперативность и достоверность оценивания состояния данных объектов;
- своевременность и обоснованность принятия решений, связанных с наилучшим использованием возможностей ОНКИ в конкретных условиях обстановки.

Следует отметить, что существующие и проектируемые ОНКИ являются, как правило, сложными многофункциональными системами, созданными на базе использования новых информационных технологий. Поэтому процессы применения таких объектов по целевому назначению, реализуемые в рамках соответствующих систем управления ОНКИ, сопровождаются появлением огромных потоков разнородной информации и отличаются как по физической природе измеряемых и контролируемых параметров, так и по составу источников информации о компонентах вектора технических состояний ОНКИ.

Современные сложные объекты (СЛО) функционируют в условиях, задаваемых, как правило, конечным множеством количественных и неколичественных (вербальных) переменных и соответствующих ограничений. Примерами СЛО могут служить практически все существующие объекты, входящие в состав транспортно-логистических, космических, экономических, производственных, сельскохозяйственных и др. систем. Задачи оценивания состояния СЛО формулируются и описываются либо вербально на профессиональном языке данной отрасли знаний, либо формально с использованием различных классов моделей [1-4; 8-9].

Широкое применение на практике при оценивании состояний СЛО нашли методы и модели, базирующиеся на использовании экспертных знаний (ЭЗ). При этом под ЭЗ понимаются явные и неявные знания субъекта, накопленные в процессе его практической деятельности в конкретной предметной области и позволяющие ему выступать в качестве «интеллектуальной измерительно-диагностической системы» на различных этапах жизненного цикла СЛО [2].

Неявные знания (англ. *tacit knowledge*) – это знания субъекта, которые не могут быть формализованы в виде слов или алгоритмов и переданы другим субъектам. В состав неявных знаний ученые-психологи включают в том числе и такие свойства человеческого мышления, как интуиция, секреты мастерства, умения, навыки и опыт. На практике эффективность использования неявных экспертных знаний наиболее ярко проявляется в ситуациях, когда лицу, принимающему решения (ЛПР), необходимо обоснованно и своевременно формировать соответствующие управляющие воздействия при недостаточности, неполноте и противоречивости информации о текущей обстановке в условиях существенных временных ограничений.

Качество оценивания состояния СЛО непосредственно влияет на эффективность, оперативность и обоснованность принятия решений, связанных с функционированием СЛО [3]. При оценивании указанных состояний СЛО остро встают вопросы интерпретации неколичественных (неизмеряемых, вербальных) компонент информации количественными категориями [1; 4; 8]. В таких условиях оценивание фактического состояния СЛО представляется важнейшей задачей, требующей научно обосно-

ванного подхода к выбору методов интеграции (обобщения) количественной и нечисленной информации о текущем состоянии объекта в условиях неопределенности.

Нечетко-возможностный подход к построению математических моделей изучаемого явления

Задачи выработки и принятия решений о состоянии СЛО справедливо относят к неструктурированным или слабоструктурированным [1-4; 8].

Исследования показывают [3; 4], что процесс подготовки исходных данных о состоянии СЛО должен быть в достаточной степени формализован, чтобы на основе собранной информации представлялась возможность получения количественных оценок состояния СЛО, например, с использованием системы продукционных правил или нечетко-возможностной модели (НВМ) [1; 2], дополненными критериями отнесения его состояния к определенному классу.

Наиболее перспективным направлением в извлечении, представлении и формализации явных и неявных экспертных знаний для оценивания состояния СЛО является моделирование, суть которого состоит в дальнейшем развитии принципа нечетко-возможностного подхода (по Заде-Мамдани) применительно к представлению СЛО с использованием элементов теории нечетких множеств и нечеткой логики.

Существующая и широко используемая на практике классическая коммутативная диаграмма реализации процесса выработки и принятия решения о состоянии СЛО на основе технологии накопления и обработки данных (*экстенционал* – по Д. Поспелову [8]) приведена на рисунке 1а [5], а разработанная в [1; 2] коммутативная диаграмма на основе явных и неявных экспертных знаний – выделенная цветом – представлена на рисунке 1б (*интенционал* – по Д. Поспелову [8]).

На рисунке 1 обозначены: T – множество моментов времени t , в которых наблюдается объект; U, Y – множество входных U и выходных Y воздействий соответственно; X – множество состояний объекта, характеризующее в каждый момент времени $t \in T$ набором переменных $x_k, k = 1, \dots, n$; Y/Ξ – фактор-множество состояний СЛО; S – пространство

шкал измерения входных и выходных воздействий; R – множество возможных корректировок решений о состоянии СЛО посредством отображений ψ и ξ ; g – оператор выходов, описывающий механизм (формулы, алгоритмы) формирования выходного воздействия Y ; η – оператор шкалирования всех входных и выходных переменных; χ – оператор взаимно-однозначного соответствия Y/Ξ со шкалой выходной переменной Y ; $\vartheta = \eta \circ \chi: Y/\Xi$ – композиция отношений в задаче диагностирования состояний СЛО.

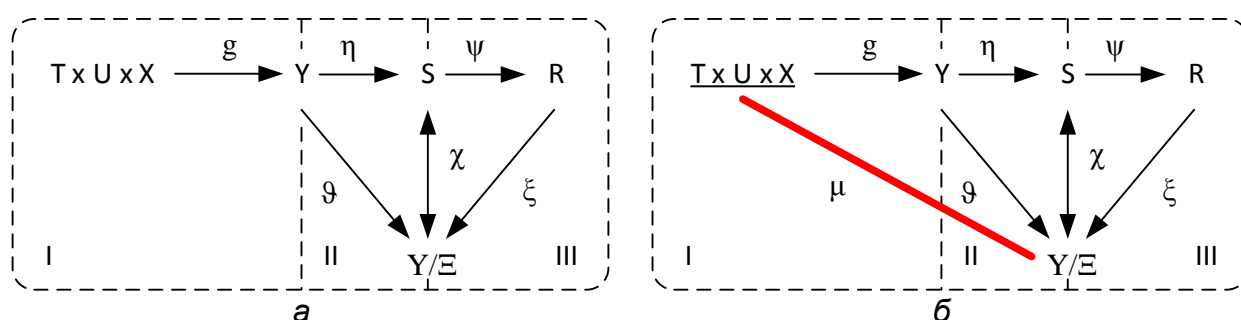


Рисунок 1 – Технологии реализации процессов выработки и принятия решений на основе: а - данных и б – экспертных знаний (выделено цветом)

Проведем модификацию, введя следующий новый элемент μ - оператор принятия решения экспертом при оценивании состояний СЛО. В указанной ситуации раскрытие неопределенности состояний СЛО на основе явных и неявных экспертных знаний позволяет конструктивно сформировать следующее отображение:

$$\mu: T \times U \times Y \rightarrow Y/\Xi.$$

Для формирования этого отображения предложена коммутативная схема (рисунок 2) [2], представляющая последовательность взаимосвязанных процессов извлечения, представления и формализации явных и неявных экспертных знаний.

Метазнания $MZ^{\exists}(q, t, \mu)$ эксперта включают профессиональные явные $Z_{\text{пр}}^{\exists}(q, t, \mu)$ и неявные $Z_{\text{н}}^{\exists}(q, t, \mu)$ знания о состоянии конкретного СЛО, где $q \in Q$ – множество уровней компетенций и эрудиции по решаемым задачам.

При этом само отображение μ , как следует из рисунка 2, может быть представлено композицией перечисленных отображений:

$$\mu = g_1 \circ g_2 \circ g_3,$$

где g_1 – извлечение множества характеристик (параметров) состояния конкретного СЛО $Z_K^{\exists}(q, t, \mu)$ из метазнаний $MZ^{\exists}(q, t, \mu)$ эксперта, включающих профессиональные явные $Z_{\text{пр}}^{\exists}(q, t, \mu)$ знания, состоящие в умении эксперта разобраться в проблеме, провести постановку задачи, неявные знания $Z_H^{\exists}(q, t, \mu)$, навыки, опыт, интуиция, а также знания в сопредельных предметных областях $Z_{\text{сопр}}^{\exists}(q, t, \mu)$; g_2 – представление характеристик $Z_K^{\exists}(q, t, \mu)$ в виде лингвистических переменных и формирование факторного пространства $Z_{\text{фп}}^{\exists}(q, t, \mu)$, в котором эксперт принимает решение о состоянии СЛО для конкретной задачи; g_3 – формализация явных и неявных экспертных знаний.

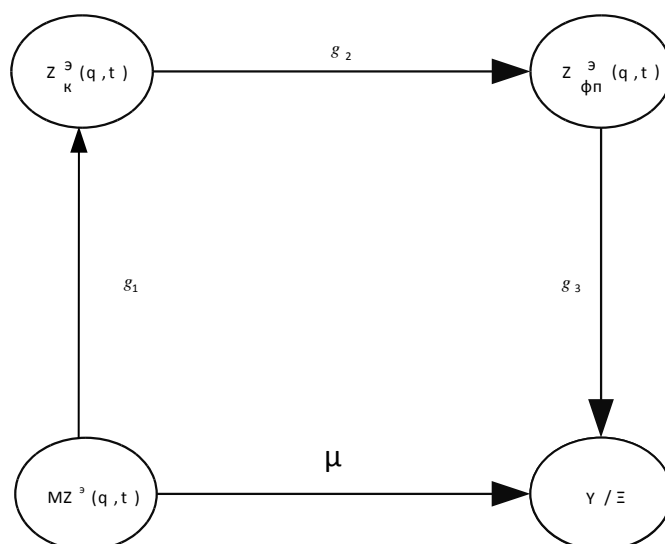


Рисунок 2 – Коммутативная схема процессов извлечения, представления и формализации явных и неявных экспертных метазнаний

При этом g_3 предусматривает построение моделей формализованного представления явных и неявных экспертных знаний о состоянии СЛО, в том числе и в виде полиномиального выражения с использованием методов теории планирования экспериментов на множестве нечетких продукционных правил факторного пространства $Z_{\text{фп}}^{\exists}(q, t, \mu)$ с диагностированием на фактор-множестве Y/Ξ классов состояний СЛО, элементы которого в ходе распознавания должны быть отнесены к одному из множества классов Y/Ξ .

Таким образом, на концептуальном уровне описания обобщенная структура и содержание решаемых задач, связанных с разработкой моделей и методов извлечения, представления, формализации и структуризации явных и неявных экспертных знаний для оценивания состояния СЛО, могут быть представлены в следующем виде:

$$\langle X, \Phi_z, E_{znp}, F_z, M_z, MZ^{\exists}(q, t, \mu), Z_{np}^{\exists}(q, t, \mu), Z_H^{\exists}(q, t, \mu), Z_{сопр}^{\exists}(q, t, \mu), K, T/\Xi \rangle,$$

где Φ_z – множество методов извлечения знаний; E_{znp} – множество методов представления знаний; F_z – множество методов и алгоритмов формализации знаний; M_z – множество условий, необходимых для выполнения всех операций при построении моделей; K – множество показателей качества решения задач оценивания состояния СЛО; T/Ξ – фактор-множество классов состояния СЛО, к одному из которых следует отнести результат определения.

Примеры построения нечетко-возможностных моделей состояния ОНКИ.

Пример 1. Решение задачи оценивания состояния ОНКИ рассматривалось как возможность возникновения дефектов металлооблицовки стартового комплекса после пуска ракет космического назначения (РКН) [6; 8]. При этом в результате содержательных бесед с экспертами были выделены наиболее существенные переменные, которые составили факторное пространство для создания НВМ:

X_1 – количество циклов работы (количество пусков РКН), целые числа;

X_2 – конструктивная схема закрепления листов металлооблицовки (качественная переменная: «–1» – болтовая, «+1» – сварная);

X_3 – толщина листов металлооблицовки, мм;

X_4 – марка стали листов металлооблицовки (качественная переменная: «–1» – Ст3, «+1» – Ст45);

X_5 – совокупная характеристика РКН (качественная переменная: «–1» – легкая, «+1» – тяжелая);

X_6 – совокупная характеристика, определяющая климатические условия (качественная переменная: «–1» – лето, «+1» – зима);

Y – возможность (субъективная вероятность) возникновения дефекта листов металлооблицовки нулевой отметки стартового комплекса.

Эксперт на основе своих явных и неявных профессиональных знаний заполнял специальную опросную матрицу [1; 2], строки которой представляли нечеткие продукционные правила имплицативного типа «если ..., то ...». Эксперт оценивал предъявляемые ситуации (строки опросной матрицы) вербальными оценками Y по шкале возможностей «низкая» – «ниже средней» – «средняя» – «выше средней» – «высокая». Такими операциями осуществлялось извлечение и представление явных и неявных экспертных знаний.

Затем следовала процедура «арифметизации» вербальных мнений эксперта по шкале Y как лингвистической переменной, для которой априорно устанавливалось графическое соответствие переходов от лингвистических оценок к количественным значениям. Такая процедура обеспечивала переход от теории нечетких множеств к операции формализации экспертных знаний аналитическим выражением методами теории планирования экспериментов [1; 6-9].

В результате обработки экспертной информации было получено полиномиальное выражение, адекватно описывающее явление возникновения дефектов в металлооблицовке нулевой отметки стартового комплекса в качестве показателя изменения ее состояния при любом способе закрепления в выбранном факторном пространстве:

$$Y = 0,412 + 0,073x_1 + 0,059x_2 - 0,026x_3 + 0,105x_5 + 0,026x_6 + 0,035x_1x_4 - 0,045x_2x_5 - 0,026x_3x_4 - 0,021x_4x_6 - 0,035x_1x_2x_6 + 0,026x_1x_3x_5 + 0,04x_2x_3x_4. \quad (1)$$

Используя аналитическое выражение (1) как модель, были получены следующие результаты.

Во-первых, проведенный численный эксперимент позволил оценить силу влияния соответствующего фактора на зависимую переменную Y в присутствии влияния всех остальных переменных факторного пространства и показать, что по мере увеличения срока эксплуатации металлооблицовки их воздействие изменяется. Так, например, существенно усиливается негативное воздействие X_1 – количество пусков РКН. Такой вывод не нов, новым является количественная оценка такого влияния.

Во-вторых, пуски РКН тяжелого класса вместе с увеличением частоты пусков способны привести к существенному росту повреждений металлооблицовки со всеми вытекающими последствиями, что существенно увеличивает риск возникновения дефектов. Вместе с тем удалось убедительно доказать, что замена сварной схемы закрепления на болтовую существенно повышает ресурс металлооблицовки даже при пуске РКН тяжелого класса (таблица 1) [6].

Таблица 1 – Количественная оценка влияния факторов

Космодром	Количество пусков	Конструктивная схема закрепления листов металлооблицовки	Толщина листа металлооблицовки, м	Марка стали листов металлооблицовки	Совокупная характеристика РКН	Совокупная характеристика, определяющая климатические условия	Рассчитанная возможность возникновения дефекта	Принадлежность к терму
Плесецк	5	Сварная	0,02	Ст3	РН «Союз»	Зима	0,484	С-ВС
Плесецк	7	Сварная	0,02	Ст3	РН «Союз-2» – РБ «Фрегат»	Зима	0,519	С-ВС
Плесецк	1	Болтовая	0,02	Ст3	Ангара А-1	Лето	0,242	Н-НС
Плесецк	2	Болтовая	0,02	Ст3	Ангара А-5	Зима	0,305	НС
Байконур	1	Сварная	0,02	Ст3	Протон	Лето	0,564	ВС

Пример 2. Оценивание технического состояния химических источников тока [7].

Принятая система оценивания технического состояния (ТС) химических источников тока (ХИТ) космодрома «Плесецк» осуществлялась на основе выборочного контроля, который предусматривал проведение испытаний с разрушением приборов, что приводило к большим временным и экономическим затратам.

Задача состояла в том, чтобы создать экспресс-методику неразрушающего оценивания технического состояния ХИТ в условиях существенной неопределенности на базе экспертных знаний.

Из более чем 20 эксперт выбрал следующие входные переменные:

X_1 – продолжительность срока службы, (количество циклов);

X_2 – фактическая величина электрической емкости ХИТ;

X_3 – величина сопротивления изоляции между электрическими цепями и корпусом батареи, электрическими цепями и цепями сигнализирующих устройств;

X_4 – величина разбаланса энергетических характеристик между аккумуляторами в батарее;

X_5 – состояние электрических цепей сигнализирующих датчиков;

X_6 – режим эксплуатации;

X_7 – наличие признаков разгерметизации (вздутие аккумуляторов, подтеки электролита), наличие признаков коррозии корпуса, нарушение лакокрасочного покрытия.

Выходная переменная: Y – обобщенный показатель технического состояния (ОПТС) ХИТ.

Полиномиальное уравнение для расчета текущего значения ОПТС, полученное по разработанной методике [1], приняло вид:

$$\begin{aligned}
 Y = & 0,416 + 0,0787x_1 + 0,131x_2 + 0,0313x_4 + 0,0102x_6 + 0,0948x_7 + \\
 & + 0,0154x_1x_4 - 0,0106x_1x_5 - 0,0257x_1x_6 + 0,0105x_2x_5 - 0,0106x_3x_5 + \\
 & + 0,0107x_4x_6 + 0,0105x_4x_7 - 0,0107x_1x_2x_7 + 0,0104x_1x_2x_6 - \\
 & - 0,011x_1x_2x_7 - 0,0106x_1x_3x_4 + 0,0154x_2x_4x_7 + 0,0209x_3x_4x_5 + \\
 & + 0,0101x_3x_5x_6 - 0,0107x_3x_5x_7.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Заключение

Разработанная технология построения математических моделей на основе нечетко-возможностного подхода к формализации явных и неявных экспертных знаний о состоянии ОНКИ дает возможность моделирования практически любой «сложной технической системы» при наличии высококвалифицированных специалистов, достаточно эффективно эксплуатирующих такие системы в реальных условиях «существенной неопределенности».

Предлагаемый подход к построению моделей ТС ОНКИ обладает еще несколькими преимуществами.

Во-первых, он дает существенную (на порядки) экономию времени и средств в силу рецептурной разработанности методики применения для решения инженерных практических или научных задач.

Во-вторых, использование экспертных знаний применительно к оцениванию ТС конкретного ОНКИ осуществляется экспертом в условиях технологических регламентов его функционирования, что сводит к минимуму степень риска выработки логико-лингвистической модели неправильного решения, а мониторинг в режиме реального времени способствует раннему обнаружению приближения к запредельным (предаварийным) состояниям.

В-третьих, фактически реализован наиболее общий подход к решению распознавания технического состояния сложных технологических процессов, объектов или явлений любой сложности в пространстве нечетких переменных.

Список использованных источников

1. Моделирование слабо формализованных систем на основе явных и неявных экспертных знаний / М.Б. Игнатъев [и др.]. СПб.: Политех-пресс, 2018. 430 с.
2. Спесивцев А.В. Эксперт как «интеллектуальная измерительно-диагностическая система» // Материалы XIII межд. конф. по мягким вычислениям и измерениям. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. Т. 2. С. 28-34.
3. Миронов А.Н. Теоретические основы и методы многомодельного прогнозирования долговечности сложных военно-технических систем космического назначения. СПб.: Изд-во МО РФ, 2000. 329 с.
4. Майданович О.В., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Комплексная автоматизация мониторинга состояния космических средств на основе интеллектуальных информационных технологий // Информационные технологии: Приложение. 2011. №10. 38 с.
5. Теоретические основы и методы оптимизации анализа технического состояния сложных систем: монография / В.В. Мышко [и др.]. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2013. 303 с.
6. Гула Д.Н. Логико-лингвистическая модель прогнозирования изменения технического состояния металлооблицовки нулевой отметки стартового комплекса // Вооружение и экономика. 2019. № 4(50). С. 30-36.
7. Кунько А.Е. Оценивание технического состояния химических источников тока на основе неявных экспертных знаний // Информация и космос. 2010. № 4. С. 42-49.
8. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. М.: Наука, 1981. 292 с.
9. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 168 с.

УДК 358.423

А.И. Аюпов, доктор технических наук, профессор
А.Н. Детков, доктор технических наук, профессор
И.В. Кожухов

МЕТОД НАВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ПОДВИЖНУЮ НАЗЕМНУЮ ГРУППОВУЮ ЦЕЛЬ ДЛЯ ЕЁ ПОРАЖЕНИЯ НЕУПРАВЛЯЕМЫМИ АВИАЦИОННЫМИ БОМБАМИ

Предложен метод наведения ударного беспилотного летательного аппарата на подвижную наземную групповую цель в горизонтальной плоскости, обеспечивающий его всеракурсный вывод в область применения по указанной цели неуправляемых авиационных бомб. Показаны особенности селекции малоскоростных групповых наземных целей на фоне подстилающей поверхности, а также аэробаллистического прицеливания на конечном участке наведения.

Ключевые слова: ударный беспилотный летательный аппарат; подвижную наземную групповую цель; бортовая РЛС; селекция малоскоростных целей; аэробаллистическое прицеливание; авиационные бомбы.

Введение

Результативность процесса создания и применения ударных беспилотных авиационных комплексов зависит от выбора высокоточного оружия и информационных технологий, обеспечивающих решение целевых задач [1]. К высокоточному оружию относятся и авиационные управляемые ракеты. Такие ракеты, кроме высокой цены, имеют один существенный недостаток – соотношение массы их боевой части и общей массы боеприпаса составляет 0,2 ... 0,5, что крайне важно при ограниченной грузоподъемности беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Альтернативным вариантом высокоэффективных авиационных боеприпасов стали авиационные бомбы (АБ). В них возможность точного наведения сочетается с высокой эффективностью боевой части, масса которой достигает 0,7 ... 0,9 от общей массы [2].

Перспективным приёмом применения БЛА с неуправляемыми АБ по подвижной наземной групповой цели (ПНГЦ) (рисунок 1) является практически одновременное наведение нескольких АБ на несколько подвижных наземных целей из состава группы по заданному с борта БЛА виду целе-распределения, т.е. реализация индивидуального наведения АБ на заданную цель из состава группы.

Способы наведения ударного БЛА на наземные подвижные цели должны, в общем случае, обеспечивать их вывод в точку, расположенную на заданном расстоянии под заданным углом к вектору скорости ПНГЦ.

Необходимо отметить, что наибольший набор способов наведения реализуется при использовании в качестве основного датчика информации бортовой радиолокационной станции (БРЛС) в режиме землеобзора [3-5].

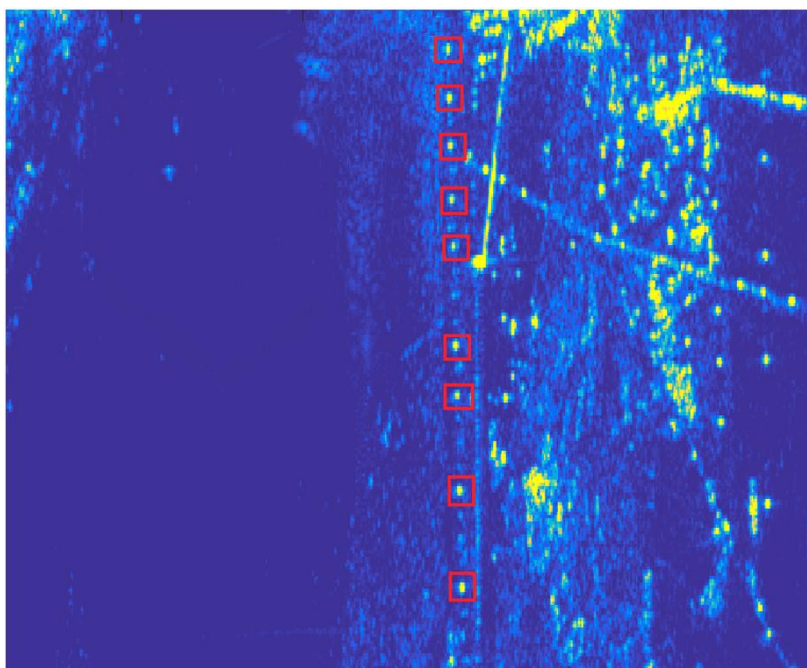


Рисунок 1 – Пример ПНГЦ – колонна движущихся по дамбе водохранилища автомобилей – на радиолокационном изображении *P*-диапазона с разрешением 5 м (красные квадраты – выделенные селектором БРЛС движущиеся цели)

Спецификой наведения БЛА на групповые цели является необходимость получения информации о пространственных размерах группы. При наличии такой информации наведение БЛА осуществляется на геометрический или энергетический центр группы, а наведение средств поражения – на головную часть группы.

На практике могут быть ситуации, когда интервал времени (в пределах которого элементы ПНГЦ разрешаются) либо вообще не существует (соизмерим со временем самонаведения БЛА), либо он таков, что цели разрешаются частично. При этом ПНГЦ будет наблюдаться в БРЛС как одиночная цель. Следовательно, БЛА будет наводиться на энергетический центр ПНГЦ.

Анализ существующих методов самонаведения БЛА и ракет «воздух-поверхность» [3; 6] позволяет заключить, что в большинстве случаев они разработаны для наведения на одиночные наземные цели. Кроме того, рассмотренные методы самонаведения не являются оптимальными по критерию минимума промаха при наведении на элементы ПНГЦ.

Поэтому в дальнейшем возникает необходимость синтеза новых методов самонаведения БЛА на элементы ПНГЦ, которые вместе с минимальным промахом при самонаведении обеспечивают и минимальный промах при аэробаллистическом падении неуправляемых АБ.

В настоящей статье предложен метод наведения БЛА для поражения подвижной групповой цели неуправляемыми авиационными бомбами.

1. Оптимальный алгоритм наведения на подвижную наземную групповую цель

Анализ базовых методов наведения БЛА тех или иных типов в приложении к решению задач наведения на наземные цели показывает, что [6]:

использование для наведения БЛА большой дальности метода пропорционального наведения, основанного на учёте угловой скорости линии визирования «БЛА – ПНГЦ», не оправдывает себя из-за плохой управляемости на начальных участках траектории, особенно при боковом ветре, и наличия начальных ошибок управления;

прямой метод наведения, использующий угловые ошибки управления, также нецелесообразен из-за низкой точности наведения на движущиеся цели на конечном участке.

В связи с этим желательно получить алгоритм траекторного управления, в котором учитываются как ошибки наведения по углу, так и по угловой скорости линии визирования. Такой закон будет одинаково эффективным как на больших, так и малых расстояниях до цели.

Ниже рассматривается один из возможных вариантов траекторного управления БЛА в горизонтальной плоскости при наведении на ПНГЦ при условии соблюдения следующих допущений:

самонаведение БЛА выполняется на основе информации, поступающей от БРЛС при её периодической кратковременной работе в активном режиме;

ПНГЦ движется с постоянной скоростью, величина которой существенно меньше скорости полёта наводимого БЛА.

Необходимо подчеркнуть, что самонаведение БЛА на наземные цели выполняется обычно лишь в горизонтальной плоскости. В математическом плане задачу траекторного управления БЛА можно сформулировать следующим образом.

Пусть на БЛА, центр масс которой находится в точке $O_{БЛА}$ – начале невращающейся системы координат $O_{БЛА}X_g Y_g Z_g$ (рисунок 2), с помощью БРЛС решается задача определения координат цели, находящейся в точке O_c – в общем случае – энергетическом центре ПНГЦ. При её решении достаточно измерить угол ε между направлением на цель и невращающейся осью $O_{БЛА}X_g$ и дальность D . Эта задача соответствует самонаведению БЛА в одной плоскости [6].

Для её решения требуется определять как минимум две координаты. Но измерение каждой из них производится с независимыми ошибками, поэтому каждый из измерительных каналов БРЛС можно рассматривать отдельно.

В простейшем случае для решения задачи самонаведения необходимо и достаточно удерживать продольную ось $O_{БЛА}X_1$ БЛА в направлении на цель так, чтобы угол φ – бортовой пеленг цели был равен нулю в течение всего времени полёта (прямое наведение). При подвижной цели ($V_y \neq 0$) такой метод может оказаться непригодным из-за большой кривизны траектории БЛА.

Более приемлемыми для наведения на подвижные объекты являются методы, связанные с измерением производной угла ε , например метод параллельного сближения, характеризуемый тем, что производная $d\varepsilon/dt$ в течение всего времени полёта должна быть равна нулю [6].

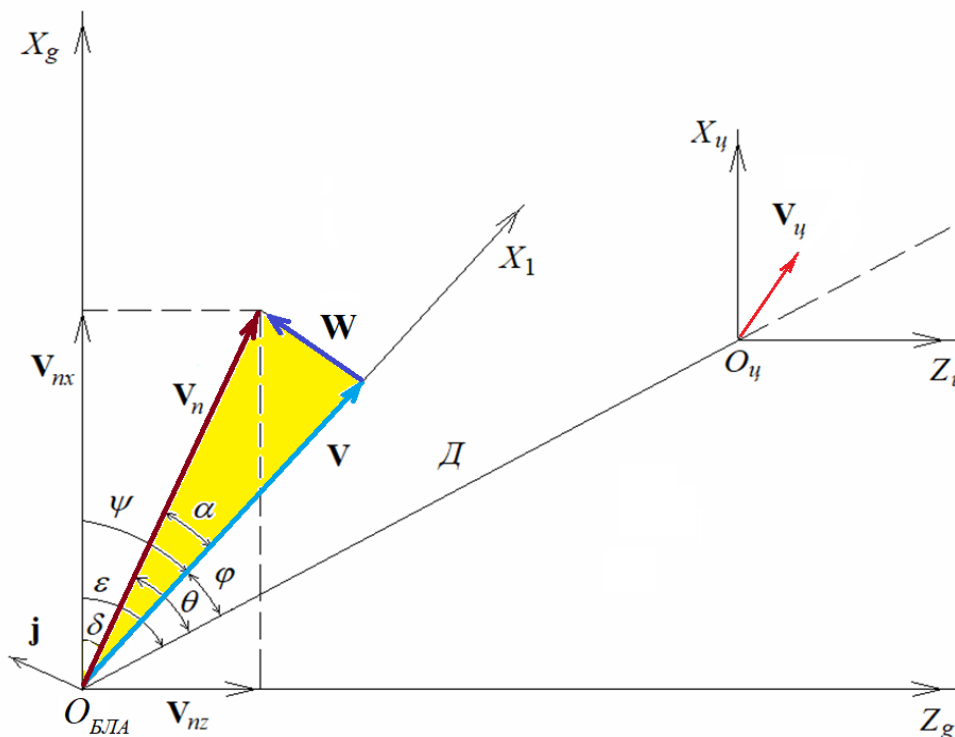


Рисунок 2 – Геометрические соотношения при самонаведении БЛА на ПНГЦ:

\mathbf{V} – вектор воздушной скорости БЛА, \mathbf{V}_n – вектор путевой скорости БЛА с составляющими – \mathbf{V}_{nx} и \mathbf{V}_{nz} , \mathbf{W} – вектор скорости ветра, $\mathbf{V}_ц$ – вектор скорости цели

Изменения во времени угла бортового пеленга цели φ обусловлены двумя причинами: относительным движением точек $O_{БЛА}$, $O_ц$ и колебаниями продольной оси $O_{БЛА}X_1$ БЛА. Из рисунка 2 видно, что

$$\varphi = \varepsilon - \psi$$

где ψ – угол рыскания.

Угловое положение БЛА относительно подвижной цели определяется системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d\phi}{dt} = \omega \\ \frac{d\omega}{dt} = -\frac{2V_{c\phi}}{D}\omega + \frac{j_u}{D} - \frac{j}{D} + \sqrt{\frac{N_\omega}{2}}\xi_\omega \end{cases}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость линии визирования «БЛА – цель»; j , j_u – модули вектора бокового ускорения БЛА и цели соответственно; D и $V_{c\phi} = dD/dt < 0$ – дальность до цели и скорость сближения с ней; ξ_ω – белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и единичной интенсивностью, величина N_ω характеризует флуктуации угловой скорости ω линии визирования.

Для решения задачи синтеза алгоритма наведения БЛА на ПНГЦ можно использовать математический аппарат статистической теории оптимального управления. В наиболее простом варианте локальной оптимизации этот аппарат позволяет получить сигнал управления БЛА наилучший по точности и экономичности. Для этого необходимо найти требуемый сигнал управления j_T , оптимальный по минимуму функционала качества [6]:

$$I = \mathbf{M} \left\{ \begin{bmatrix} \varphi_y - \varphi \\ 0 - \omega \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} q_\varphi & 0 \\ 0 & q_\omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_y - \varphi \\ 0 - \omega \end{bmatrix} + \int_0^t j^2 k_j d\tau \right\}, \quad (2)$$

где φ_y – угол упреждения, равный углу сноса α за счёт скорости ветра; q_φ и q_ω – штрафы за точность управления; k_j – штраф за значение сигнала управления j , под которым понимается боковое ускорение ракеты; $\mathbf{M}\{\cdot\}$ – оператор усреднения по множеству реализаций, τ – оператор транспонирования.

Следует отметить, что система уравнений (1) инвариантна к боковому ускорению цели, в частности, когда боковое ускорение цели равно нулю. Такая ситуация справедлива как для неподвижной цели, так и для малоподвижной цели, движущейся с постоянной скоростью.

Необходимо отметить, что при наличии ветра, направление и скорость которого характеризуются вектором \mathbf{W} , полёт к цели по прямой

$O_{БЛА}O_{ц}$ возможен в том случае, если требуемый бортовой пеленг φ_T будет равен углу упреждения φ_y . Вполне очевидно, что при полёте БЛА к цели по линии $O_{БЛА}O_{ц}$ (под углом $\varphi_T = \varphi_y$) угловая скорость линии визирования будет равна нулю, т.е. $\omega_T = 0$. Из этого следует, что в такой ситуации текущий промах $h_T = D^2 \omega_T / V$ будет также равен нулю. Данное обстоятельство поясняет способность функционала (2) учитывать требования точности наведения.

При использовании математического аппарата статистической теории оптимального управления по методике [7] алгоритм траекторного управления БЛА при наведении на ПНГЦ имеет вид:

$$\Delta_0 = j_T - j^* = \frac{q_\phi}{k_j V_{сб}^*} (\phi_y^* - \phi^*) + \frac{q_\omega}{k_j D^*} \omega^* - j^*, \quad (3)$$

где знак «*» обозначает оценку соответствующего параметра, полученную по результатам измерений.

Алгоритм наведения (3), реализуя минимум функционала качества (2), позволяет получить систему самонаведения, совместно наилучшую как по точности управления, так и по его экономичности.

В состав информационно-вычислительной системы (ИВС) БЛА, реализующей алгоритм управления (3), должны входить устройства формирования оценок дальности D , скорости сближения $V_{сб}$, угла сноса α , бортового пеленга φ , угловой скорости ω линии визирования и собственного ускорения j . При этом оценки D , $V_{сб}$, φ и ω могут быть сформированы в БРЛС, оценка j – может быть путём обработки показаний акселерометров навигационного комплекса БЛА, а для получения оценок φ_y необходимо использовать либо доплеровский измеритель скорости и угла сноса, либо бортовой спутниковый угломер-интерферометр ГНСС навигационного комплекса БЛА [7].

Кроме того, бортовые неавтономные измерители параметров движения навигационного комплекса БЛА должны включать измерения следующих параметров: x, y, z – координаты БЛА в системе координат $O_{БЛА}X_g Y_g Z_g$; V_{nx}, V_{nz}, V_{ny} – составляющие вектора путевой скорости БЛА; ψ, γ, ϑ – углы рыскания, крена и тангажа соответственно.

2. Особенности селекции малоскоростных групповых наземных целей на фоне подстилающей поверхности

Современные многофункциональные БРЛС ударных и разведывательно-ударных БЛА широко используются для обнаружения движущихся объектов (целей) [5].

Доплеровская частота сигнала движущейся цели $f_{\text{дц}}$ определяется азимутальным углом визирования ε и радиальной скоростью цели $V_{\text{рц}}$, т.е.

$$f_{\text{дц}} = \frac{2V_n}{\lambda} \cos \varepsilon + \frac{2V_{\text{рц}}}{\lambda},$$

где λ – длина волны БРЛС.

Наибольшую техническую сложность представляют случаи селекции малоскоростных объектов, движущихся на фоне земной поверхности БРЛС. При этом спектр сигнала, отраженного от малоскоростной цели, оказывается смещённым в область частот, соответствующих мощным отражениям от подстилающей поверхности (на рисунке 1 выделены жёлтым цветом).

Известны алгоритмы [8] обнаружения малоскоростных объектов, использующие весовое суммирование с суммарно-разностной обработкой, заключающейся в пространственной режекции помехового сигнала и согласованной с полезным сигналом доплеровской фильтрации. Однако для их реализации необходимо применение моноимпульсной антенны с двумя каналами обработки: суммарным и разностным, что требует значительных аппаратных и вычислительных затрат. В [9] показано, что система обработки БРЛС с однолучевой антенной, сканирующей по азимуту, позволяет за счёт временного взвешивания и когерентного накопления сигналов снизить минимальную радиальную скорость обнаруживаемого объекта до нескольких метров в секунду.

Зависимость вероятности правильного обнаружения движущейся цели на фоне пассивной помехи от радиальной скорости цели, рассчитанная по методике [8, С. 441], приведена на рисунке 3 для следующих условий: вероятность ложной тревоги $P_{\text{лт}} = 10^{-3}$; $\lambda = 3$ см; отношение сигнал/шум – 20 дБ; отношение пассивная помеха/шум – 25 дБ; ширина диаграммы направленности антенны $\theta_a = 3$ град.

Возможность наблюдения движущейся цели на фоне отражений от подстилающей поверхности, определяется также соотношением мощностей сигналов, отражённых от движущихся целей и неподвижных отражателей.

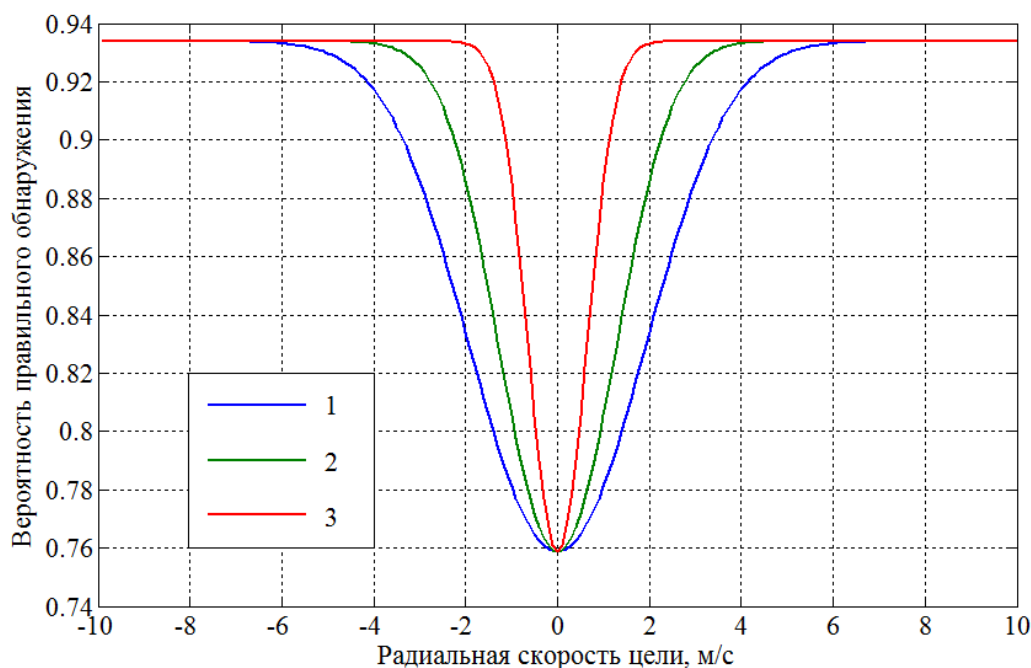


Рисунок 3 – Зависимость вероятности правильного обнаружения движущейся цели на фоне пассивной помехи от радиальной скорости цели. Цифрами обозначены значения тангенциальной скорости БЛА V_T относительно цели:

$$1 - V_T = 150 \text{ м/с}; 2 - V_T = 100 \text{ м/с}; 3 - V_T = 50 \text{ м/с}$$

Мощность помеховых отражений от подстилающей поверхности на выходе системы обработки БРЛС уменьшается примерно в $K_{сж}$ раз за счёт высокой разрешающей способности по азимуту.

Таким образом, когда доплеровская частота сигнала цели превышает частоту, соответствующую отражениям, приходящим с направлений, соответствующих боковым лепесткам диаграммы направленности антенны, обнаружение сигнала цели наиболее эффективно. При этом минимальная радиальная составляющая скорости наблюдаемой цели определяется мощностью отражений от подстилающей поверхности, тангенциальной скоростью носителя и шириной диаграммы направленности антенны БРЛС.

Чем меньше тангенциальная скорость БЛА, тем уже спектр мощности помеховых отражений, тем при меньшей величине радиальной скорости цели отраженный от неё сигнал будет наблюдаться. Для снижения минимальной радиальной скорости селектируемой цели необходимо также уменьшать ширину диаграммы направленности реальной антенны θ_a .

Таким образом, селекторы движущихся целей БРЛС БЛА, основанные на доплеровской фильтрации, обычно эффективно выделяют ПНГЦ, движущиеся с радиальной скоростью $V_{rc} \geq 2 \dots 6$ м/с в зависимости от геометрии системы.

3. Решение задачи аэробаллистического прицеливания в ИВС БЛА при бомбометании на конечном участке наведения

Система автоматического управления ударного БЛА, в общем случае, по сигналам самонаведения на ПНГЦ обеспечивает вывод БЛА в точку, расположенную на заданном расстоянии под заданным углом к вектору скорости ПНГЦ.

Чтобы решить задачу бомбометания, необходимо знать характеристики движения центра массы АБ, в качестве которых используются следующие баллистические элементы: штилевой относ A_0 (линейное отставание Δ); время падения бомбы T . На практике значения баллистических элементов обычно автоматически вычисляются в ИВС БЛА на основе текущих пилотажно-навигационных параметров полёта БЛА и известного значения характеристического времени АБ θ [10].

Для организации управления полётом БЛА при бомбометании в ИВС по данным БРЛС должны быть сформированы определённые параметры прицеливания. Чтобы решить задачу прицеливания, необходимо оценивать векторы требуемой \mathbf{D}_{mp} и \mathbf{D} фактической дальности до цели. При бомбометании серии АБ вектор \mathbf{D}_{tp} определяется выражением [11]:

$$\mathbf{D}_{tp} = \mathbf{D} - \mathbf{R}_1,$$

где \mathbf{R}_1 – вектор выноса точки падения первой прицельно сбрасываемой бомбы относительно цели. Величина \mathbf{R}_1 обычно задается до полёта на бомбометание.

В процессе прицеливания в ИВС БЛА непрерывно определяется вектор

$$\Delta = \mathbf{D} - \mathbf{D}_{\text{тр}},$$

на основе которого формируются такие сигналы управления САУ БЛА, под действием которых вектор Δ сводится к нулю, т.е. выполняется условие попадания АБ (серии АБ) в цель или в район цели.

Для определенности рассмотрим бомбометание с горизонтального полёта. При прицеливании в процессе бомбометания требуемые координаты цели в ИВС БЛА обычно рассчитываются, исходя из гипотезы о постоянстве и горизонтальности вектора ветра ($\mathbf{W} = \text{const}$). С учётом этого выразим вектор требуемой дальности до цели через баллистические элементы АБ

$$\mathbf{D}_{\text{тр}} = \mathbf{A}_{\text{п}} - H\mathbf{y}_0 = \mathbf{A}_0 + \mathbf{W}T - H\mathbf{y}_0,$$

где \mathbf{y}_0 – орт оси $O_{\text{БЛА}}Y_g$; $\mathbf{A}_{\text{п}}$ – вектор полного относительного АБ; \mathbf{A}_0 – вектор штилевого относительного АБ; H – высота полёта БЛА над уровнем точки падения АБ.

Если ось $O_{\text{БЛА}}X_g$ системы координат $O_{\text{БЛА}}X_gY_gZ_g$ лежит в плоскости курса БЛА, то при бомбометании серии АБ по подвижной цели для требуемых координат цели справедливы уравнения:

$$x_{\text{тр}} = A_0 + W_x T - V_{\text{цх}} T - R_{1x}, \quad (4)$$

$$z_{\text{тр}} = W_z T - V_{\text{цз}} T - R_{1z}, \quad (5)$$

где R_{1x} , R_{1z} , $V_{\text{цх}}$, $V_{\text{цз}}$ – проекции векторов \mathbf{R}_1 и $\mathbf{V}_{\text{ц}}$ на оси горизонтальной системы координат OX_gZ_g соответственно.

Соотношения (4) и (5) не отражают динамики процесса прицеливания по направлению, который предшествует прицеливанию по дальности. После того как первый раз выполнено условие прицеливания по направлению ($z_{\text{тр}} = z$), БЛА должен быть выведен на линию боевого пути (ЛБП) и в дальнейшем удерживаться на ней до выхода в точку сброса АБ. При бомбометании с горизонтального полёта и с пикирования ЛБП представляет собой прямую линию, поэтому движение БЛА до точки сброса АБ должно осуществляться с постоянным курсом.

Таким образом, бомбометание должно осуществляться при выполнении «привязки» не только к цели, но и к расчётной точке встречи.

На рисунке 4 изображены основные геометрические соотношения между параметрами, определяющими условия бомбометания, и приняты следующие обозначения: точки $O_{БЛА}$ и $O_{сб1}$ отображают положение БЛА (в проекции на горизонтальную плоскость $O_{БЛА}X_gZ_g$) соответственно в текущий момент времени t_0 , а также в момент сброса $t_{сб1}$ первой АБ серии; \mathbf{V} , $\mathbf{V}_п$, \mathbf{W} – соответственно векторы воздушной, путевой скорости БЛА и скорости ветра соответственно; W_x , W_z и $V_{пх}$, $V_{пz}$ – проекции векторов \mathbf{W} и $\mathbf{V}_п$; точки $O_{ц}$, $O_{ц1}$ – фактическое (при сбросе первой АБ серии в момент $t_{сб1}$) и экстраполируемое положение цели в момент приземления первой АБ серии.

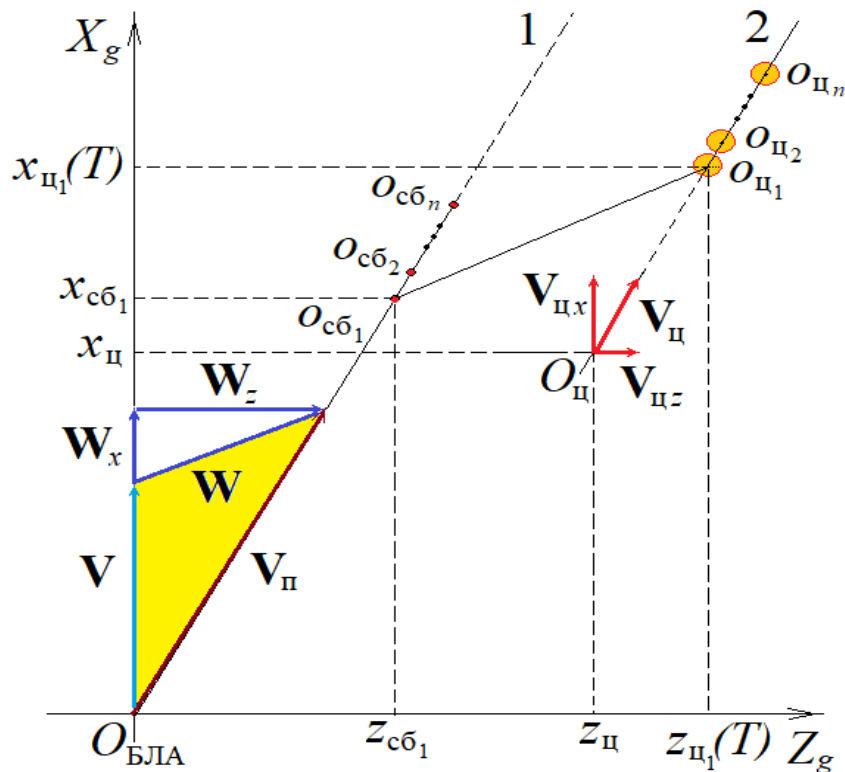


Рисунок 4 – Геометрические соотношения при бомбометании на конечном участке наведения БЛА. Цифрами обозначено: 1 – линии боевого пути; 2 – линия разрывов АБ

Если при полёте БЛА на высоте $H_0 = \text{const}$ по линии боевого пути, которая совпадает с направлением вектора путевой скорости V_{Π} , в различные моменты времени $t_{\text{сб}1}, t_{\text{сб}2}, \dots, t_{\text{сб}n}$ будут сброшены n бомб, то точки их падения расположатся на ЛР, параллельной ЛБП: $O_{\text{ц}1}, O_{\text{ц}2}, \dots, O_{\text{ц}n}$.

При счислении координат в процессе движения БЛА по ЛБП для текущего момента времени имеем:

$$S_x(t) = \int_{t_0}^t V_{\text{пх}}(\tau) d\tau$$

$$S_z(t) = \int_{t_0}^t V_{\text{пз}}(\tau) d\tau$$

Проекции $V_{\text{пх}}, V_{\text{пз}}$ вектора V_{Π} в общем случае являются функциями времени. Их оценки определяются по данным сопровождения подвижной наземной групповой цели БРЛС БЛА.

Время $t_{\text{ос}}$, оставшееся до момента $t_{\text{сб}1}$ сброса серии АБ в точке $O_{\text{сб}1}$, можно определить по формуле:

$$t_{\text{ос}} = \frac{x_{\Pi} - S_x(t) - A_0 - W_x T + V_{\text{пх}} T}{V_{\text{пх}}}$$

Заключение

Повышение боевой эффективности перспективных комплексов с БЛА напрямую связано с совершенствованием способов его боевого применения при поражении подвижных наземных групповых целей. Возможности современного и тем более перспективного БЛА с неуправляемыми АБ в качестве всепогодного эффективного ВТО в значительной степени определяются качеством его многофункциональной бортовой РЛС и уровнем «интеллекта» ИВС, основу которого составляют его программно-математическое обеспечение. При построении алгоритмов сопровождения подвижных наземных групповых целей необходимо учитывать особенности, присущие процессу формирования образов движущихся целей и их радиолокационного изображения наблюдаемой земной поверхности.

Список использованных источников

1. Аюпов А.И. Системный подход к организации технического развития авиации. В кн.: Материалы X Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». М.: Издательский дом ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2013. С. 12-33.
2. Буравлёв А.И., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности применения высокоточного оружия. М.: ИД Акад. Жуковского, 2018. 231 с.
3. Информационно-измерительные и управляющие радиоэлектронные системы и комплексы / Под ред. В.С. Вербы. М.: Радиотехника, 2020. 490 с.
4. Верба В.С., Татарский Б.Г. Основные аспекты многоцелевого сопровождения наземных целей в бортовых многофункциональных РЛС // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2019. Т. 17. № 1. С. 55-64.
5. Ануфриев О.Н., Герасимов А.А., Меркулов В.И., Самарин О.Ф., Чернов В.С. Ударные беспилотные летательные аппараты и их радиолокационные системы // Успехи современной радиоэлектроники. 2007. № 7. С. 51-65.
6. Авиационные системы радиоперехвата / Под ред. В.И. Меркулова. М.: Издательство ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского, 2008. 423 с.
7. Детков А.Н., Трегубенков С.Ю. Радиолокационно-спутниковая система наведения ракет класса «воздух-поверхность» на наземные цели // Общероссийский научно-технический журнал «Полёт». 2019. № 11. С. 20-27.
8. Авиационные системы радиовидения / Под ред. Г.С. Кондратенкова. М.: Радиотехника, 2015. 648 с.
9. Антипов В.Н., Ефимов В.А., Умнов И.Н. Селектор малоскоростных целей на фоне подстилающей поверхности // Радиотехника. 1994. № 4-5. С. 59-63.
10. Мубаракшин Р.В. Комплексное наведение летательных аппаратов и отделяемых средств. М.: Машиностроение, 1990. 271 с.
11. Ярлыков М.С., Богачев А.С., Меркулов В.И., Дрогалин В.В. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов. Т. 2. Применение авиационных радиоэлектронных комплексов при решении боевых и навигационных задач / Под ред. М.С. Ярлыкова. М.: Радиотехника, 2012. 256 с.

УДК 355.358

А.А. Мунтяну, кандидат технических наук

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПО ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ ГРУППИРОВКИ КОМПЛЕКСОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ

В статье представлена постановка задачи, связанной с совершенствованием научно-методического обеспечения военно-технических исследований, направленных на анализ процесса оснащения (перееснащения) группировки стратегических ракетных комплексов на перспективные образцы вооружения и военной техники

Ключевые слова: стратегический комплекс; образец ВВТ; программное мероприятие; техническая оснащенность.

В настоящее время Министерством обороны Российской Федерации (далее – Министерство обороны) совместно с другими Федеральными органами исполнительной власти осуществляется подготовка к формированию нового проекта Государственной программы вооружения (ГПВ) на период до 2033 года.

Ключевой особенностью проводимых организационных мероприятий и научных исследований в данном направлении является учет требований руководящих и концептуальных документов, определяющих достижимые значения показателей технической оснащенности соединений и воинских частей образцами вооружения и военной техники (ВВТ), входящих в состав группировки комплексов стратегического ракетного вооружения¹ (далее – группировки стратегических комплексов).

Сегодня в научно-исследовательских организациях (НИО) Министерства обороны разработаны различные подходы [1-10] к оценке технической оснащенности Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) на видовом и межвидовом уровнях, в том числе и в условиях сокращения установленных уровней финансирования на этапе реализации ГПВ.

¹ В статье под комплексами стратегического ракетного вооружения понимаются ударные комплексы РВСН, ракетные подводные лодки стратегического назначения с баллистическими ракетами подводных лодок, стратегические бомбардировщики с крылатыми ракетами воздушного базирования.

Традиционно для решения подобного рода задач применяется два подхода. Первый подход основан на использовании в проводимых военно-технических исследованиях единой системы исходных данных, включающей информацию по текущему состоянию и потребному ежегодному количеству исправных и современных образцов ВВТ. Методическим обеспечением данных исследований являются различные математические модели, позволяющие интерпретировать процесс переоснащения ВС РФ без привязки к конкретным программным мероприятиям.

Второй подход направлен на оценку динамики количества образцов ВВТ, стоящих на вооружении ВС РФ, исходя из реализуемых в рассматриваемом временном периоде программных мероприятий. Разработанные в данном направлении методики носят дискретно-детерминированный характер и основаны на аналитических выражениях, позволяющие определять численный состав материально-технической основы различных систем вооружения с учетом прогнозируемых уровней финансирования ГПВ.

Несмотря на высокую степень проработанности известных моделей и методик, а также обширность оцениваемых в них показателей, они не лишены недостатков, связанных с более полным учетом специфических особенностей, присущих стратегическим комплексам:

- сложность и многоуровневость их структурного состава;
- высокая функциональная и технологическая связность образцов ВВТ друг с другом;
- уникальность некоторых программных мероприятий, направленных на их поддержание и развитие;
- организационная и технологическая связность в выполнении программных мероприятий.

Исходя из этого, целью раскрытых в данной статье исследований является повышение достоверности формирования прогнозов по уровням технической оснащенности группировки стратегических комплексов на основе разработки и применения универсальной методики, учитывающей отмеченные выше факторы.

Анализ особенностей поддержания и развития стратегических комплексов

Каждый стратегический комплекс представляет собой техническое объединение ударных (огневых) средств поражения, объектов и средств автоматизации управления и связи, а также технологического оборудования и технических средств, обеспечивающих его безопасную эксплуатацию и функционирование в различных условиях обстановки. В рамках видового программного планирования выделяют следующие уровни их конструктивно-технологической декомпозиции:

- *верхний уровень (системный)* – стратегический комплекс в целом как сложная военно-техническая система;

- *промежуточный уровень (функциональный)* – образцы ВВТ как единые конструктивно обособленные изделия, в качестве которых, как правило, рассматриваются носители средств поражения, объекты управления различного вида базирования, агрегаты и оборудование технического обслуживания и др.

Технологически взаимосвязанная совокупность отдельных образцов ВВТ образуют функциональные комплексы, обеспечивающие выполнение специализированных функций;

- *низший уровень (элементный)* – минимальные при программном планировании составные части образцов ВВТ, не подлежащие дальнейшей декомпозиции. В качестве таких элементов могут выступать крылатые ракеты, средства автоматизации управления, связи и др.

Создание стратегического комплекса, как и любой сложной военно-технической системы, осуществляется посредством реализации взаимосвязанных по целям, ресурсам и исполнителям программных мероприятий. При этом данный процесс может охватывать программный период полностью или частично и осуществляться по следующим организационно-технологическим подходам:

1. Стратегический комплекс и все его составные части разрабатываются и создаются в рамках одного программного мероприятия.

2. Стратегический комплекс и все его составные части разрабатываются в одном программном мероприятии, но создание некоторых наиболее важных из них осуществляется в рамках смежных мероприятий.

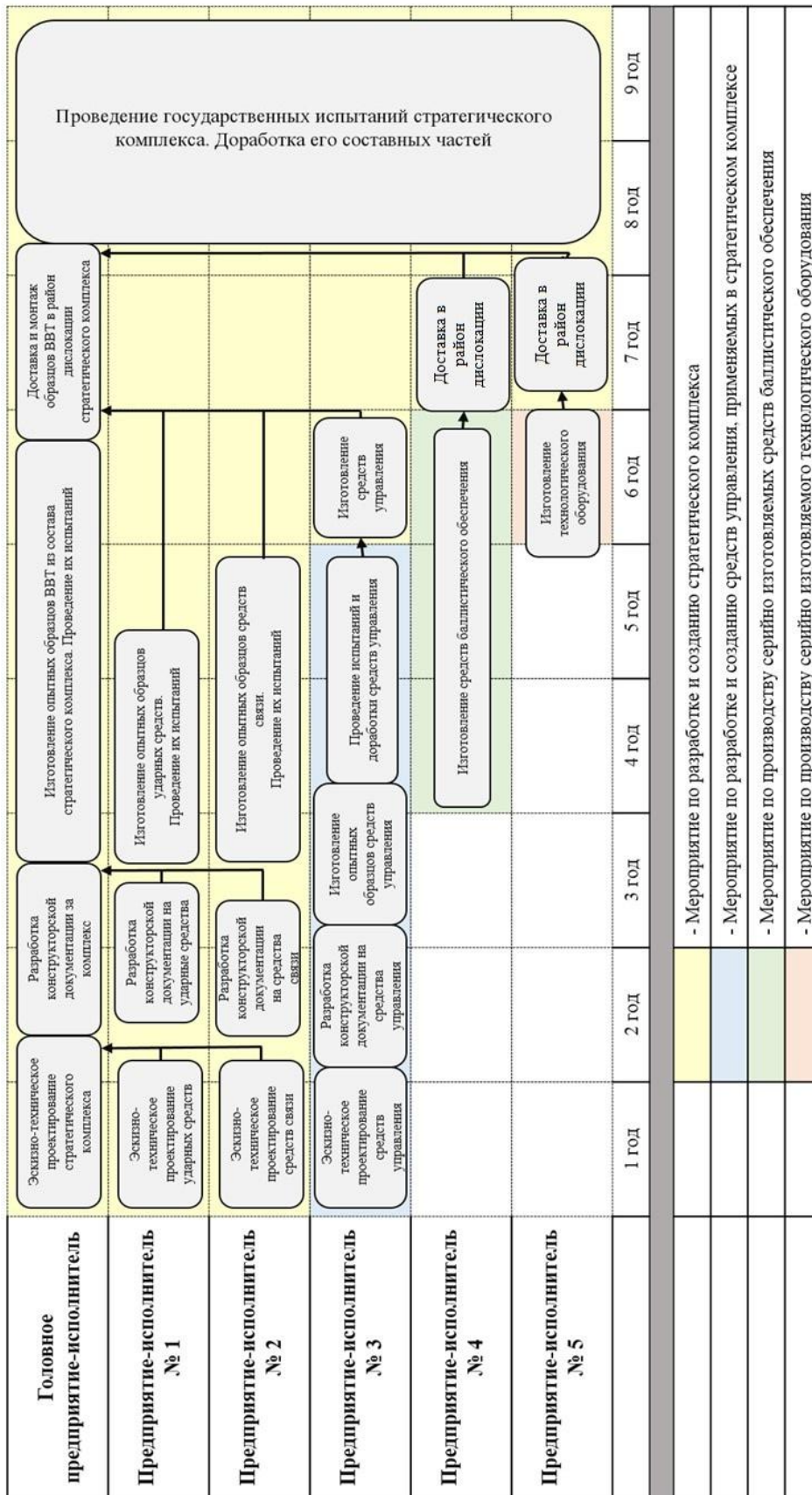


Рисунок 1 – Укрупненный гипотетический план-график работ по созданию стратегического комплекса

3. Стратегический комплекс разрабатывается на основе существующего научно-технического задела. Отдельные его составные части производятся в процессе создания комплекса в смежных мероприятиях, сбалансированных между собой по срокам выполнения.

4. Комбинация второго и третьего вариантов создания стратегического комплекса.

На рисунке 1 представлен гипотетический план-график создания стратегического комплекса, соответствующий 4 варианту его создания.

Для каждого образца ВВТ из состава какого-либо стратегического комплекса всю совокупность программных мероприятий можно разделить на три группы (рисунок 2):



Рисунок 2 – Декомпозиция программы поддержания и развития стратегических комплексов по отношению к конкретному типу образца ВВТ

«*Основные*» мероприятия, непосредственно связанные с рассматриваемым образцом ВВТ и направленные на один из видов его поддержания или развития (разработка, создание, производство и т.д.).

«*Обеспечивающие*» мероприятия, которые напрямую не связаны с образцом ВВТ, но без выполнения которых увеличение или поддержание

на требуемом уровне количественного состава данных образцов невозможно.

«*Независимые*» мероприятия, не связанные с совершенствованием рассматриваемого образца ВВТ и не влияющие на его численность.

Мероприятия первой группы по влиянию на численность образцов ВВТ определенного типа можно разделить на следующие подгруппы:

- *1 подгруппа* – мероприятия, выполнение которых сохраняет существующий состав образцов ВВТ на определенном этапе программного периода. К данным мероприятиям отнесем опытно-конструкторские работы (ОКР) по продлению сроков эксплуатации стратегического комплекса в целом или образцов ВВТ из его состава, а также мероприятия по их сервисному обслуживанию;

- *2 подгруппа* – мероприятия по серийному производству, выполнение которых только увеличивает количество образцов ВВТ, с которыми они связаны, на определенном этапе программного периода;

- *3 подгруппа* – мероприятия, выполнение которых уменьшает количество одних образцов ВВТ на определенный промежуток времени, с последующим их обратным вводом в состав группировки. К данным мероприятиям относятся работы по серийному (капитальному) ремонту или модернизации ВВТ, проводимые вне ОКР;

- *4 подгруппа* – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по созданию новых стратегических комплексов в целом, образцов ВВТ или их элементов, выполнение которых может обеспечивать только их ввод в состав группировки;

- *5 подгруппа* – мероприятия, выполнение которых уменьшает количество одних образцов ВВТ с одновременным увеличением количества других образцов. К таким мероприятиям можно отнести серийное производство или ОКР по созданию новых или модернизации существующих образцов ВВТ, ввод в состав группировки которых проводится с одновременным выводом из него устаревших образцов.

Между «основными» и «обеспечивающими» мероприятиями, в контексте рассматриваемого образца ВВТ, существует организационная и технологическая взаимосвязь, которая обуславливает необходимость их согласованного планирования и увязку выполнения, а также учет влияния внешних и внутренних факторов на реализацию каждого из них.

Постановка задачи и порядок ее решения

Задача по оценке технической оснащенности группировки стратегических комплексов в вербальной постановке может иметь следующий вид.

Необходимо *разработать* методику, позволяющую при *известных*:

- программном периоде;
- структурном составе группировки стратегических комплексов на начало программного периода и эксплуатационно-технических характеристиках (ЭТХ) ее элементов;

- варианте программы поддержания и развития группировки стратегических комплексов,

осуществить прогноз динамики изменения количественного состава группировки стратегических комплексов на очередном программном периоде и *оценить* ее техническую оснащенность при следующих принятых допущениях:

- образцы ВВТ одного типа из состава любого стратегического комплекса обладают равными значениями ЭТХ;

- с каждым типом образца ВВТ на протяжении всего программного периода связано хотя бы одно «основное» программное мероприятие любой подгруппы;

- в любой момент времени с каждым типом образца ВВТ связано одно «основное» мероприятие только одной подгруппы из пяти;

- в любой момент времени с каждым типом образца ВВТ может быть связано одно или несколько «обеспечивающих» программных мероприятий;

- производство, ремонт или модернизация нескольких образцов ВВТ одного типа может осуществляться одновременно;

- финансирование программных мероприятий проводится в начале каждого временного этапа, а их выполнение осуществляется исходя из недопущения снижения уровня эффективности выполнения задач группировкой стратегических комплексов;

- оценка количества образцов ВВТ проводится на конец рассматриваемого момента времени;

- если условия по «основному» программному мероприятию не выполняются, то рассмотрение «обязательных» мероприятий не производится.

В формализованном виде данная задача может быть представлена следующим образом. Необходимо *разработать* методику M_1^A , позволяющую при известных:

$$\left\{ \Delta T, X^{CPB}(t_n), Z_k^{BBT}(t_n), V_{km}^\Delta(t_n), \Psi_{[m,m]}^k, \Theta_{[n,n]}^{km}, X_{ГСЭ}^{CPB}, X_{ФСЭ}^{CPB}, \Pi^{CPB}, N_{[l,k]}, M_{[l,m]}^k, \Phi_{[l,n]}^{km} \right\},$$

$$\begin{aligned} k &= 1, \dots, K, \\ m &= 1, \dots, M, \\ n &= 1, \dots, N, \\ l &= 1, \dots, L, \end{aligned} \quad (1)$$

где k, K – тип и количество типов стратегических комплексов; m, M – тип и количество типов образцов ВВТ в составе стратегического комплекса; n, N – тип и количество типов элементов, которые могут входить в состав образца ВВТ; l, L – порядковый номер и количество программных мероприятий; ΔT – множество параметров, отражающих рассматриваемый программный период; $X^{CPB}(t_n)$ – множество параметров, отражающих состав группировки стратегических комплексов в год, предшествующий программному периоду; $Z_k^{BBT}(t_n)$ – множество параметров, отражающих состав стратегического комплекса k -го типа в год, предшествующий программному периоду; $V_{km}^\Delta(t_n)$ – множество параметров, отражающих состав образца ВВТ m -го типа в составе стратегического комплекса k -го типа в год, предшествующий программному периоду; $\Psi_{[m,m]}^k$ – матрица связности образцов ВВТ друг с другом стратегического комплекса k -го типа; $\Theta_{[n,n]}^{km}$ – матрица связности составных частей образцов ВВТ друг с другом; $X_{ГСЭ}^{CPB}$ – множество параметров, отражающих гарантированные сроки эксплуатации стратегических комплексов; $X_{ФСЭ}^{CPB}$ – множество параметров, отражающих фактические сроки эксплуатации стратегических комплексов; Π^{CPB} – множество параметров, отражающих программу поддержания и развития группировки стратегических комплексов; $N_{[l,k]}$ – матрица связности программных мероприятий с стратегическими комплексами; $M_{[l,m]}^k$ – матрица связности программных мероприятий с образцами ВВТ из состава стратегического комплекса k -го типа; $\Phi_{[l,n]}^{km}$ – матрица связности программных мероприятий с составными элементами из состава образца ВВТ m -го типа в составе стратегического комплекса k -го типа;

осуществить прогноз динамики изменения количественного состава группировки стратегических комплексов:

$$\{X^{CPB}(t_\alpha), Z_k^{BBT}(t_\alpha), V_{km}^\varnothing(t_\alpha)\}, t_\alpha \in \Delta T, \alpha = [1; 10], \quad (2)$$

$$X^{CPB}(t_\alpha) = \{x_1(t_\alpha), x_2(t_\alpha), \dots, x_k(t_\alpha), \dots, x_K(t_\alpha)\}, \quad (3)$$

$$Z_k^{BBT}(t_\alpha) = \{z_{k1}(t_\alpha), z_{k2}(t_\alpha), \dots, z_{km}(t_\alpha), \dots, z_{kM}(t_\alpha)\}, \quad (4)$$

$$V_{km}^\varnothing(t_\alpha) = \{v_{km1}(t_\alpha), v_{km2}(t_\alpha), \dots, v_{kmn}(t_\alpha), \dots, v_{kmN}(t_\alpha)\}, \quad (5)$$

$$z_{km}(t_\alpha) = f(Z_k^{BBT}(t_\alpha), V_{km}^\varnothing(t_\alpha), \Psi_{[m,m]}^k, \Theta_{[n,n]}^{km}, X_{ГСЭ}^{CPB}, X_{ФСЭ}^{CPB}, \Pi^{CPB}, N_{[l,k]}, M_{[l,m]}^k, \Phi_{[l,n]}^{km}), \quad (6)$$

$$v_{kmn}(t_\alpha) = f(V_{km}^\varnothing(t_\alpha), \Theta_{[n,n]}^{km}, X_{ГСЭ}^{CPB}, X_{ФСЭ}^{CPB}, \Pi^{CPB}, \Phi_{[l,n]}^{km}), \quad (7)$$

где t_α – дискретный момент времени, на котором рассматривается поддержание и развитие группировки стратегических комплексов; $x_k(t_\alpha)$ – количество стратегических комплексов k -го типа в составе группировки в момент времени t_α ; $z_{km}(t_\alpha)$ – количество образцов ВВСТ m -го типа в составе стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_α ; $v_{kmn}(t_\alpha)$ – количество элементов n -го типа в составе образца ВВТ m -го типа, входящего в структуру стратегического комплекса k -го типа в момент времени t_α ;

и *оценить* ее техническую оснащенность:

$$\{k_C^{CPB}(t_\alpha), k_{II}^{CPB}(t_\alpha), k_O^{CPB}(t_\alpha), K_C^{CPB}, K_{II}^{CPB}, K_O^{CPB}\}, \quad (8)$$

$$k_C^{CPB}(t_\alpha) = f(X^{CPB}(t_\alpha), Z_k^{BBT}(t_\alpha)), \quad (9)$$

$$k_{II}^{CPB}(t_\alpha) = f(X^{CPB}(t_\alpha), Z_k^{BBT}(t_\alpha)), \quad (10)$$

$$k_O^{CPB}(t_\alpha) = f(X^{CPB}(t_\alpha), Z_k^{BBT}(t_\alpha)), \quad (11)$$

$$K_C^{CPB} = f(k_C^{CPB}(t_\alpha), \Delta T), \quad (12)$$

$$K_{II}^{CPB} = f(k_{II}^{CPB}(t_\alpha), \Delta T), \quad (13)$$

$$K_O^{CPB} = f(k_O^{CPB}(t_\alpha), \Delta T), \quad (14)$$

где $k_C^{CPB}(t_\alpha)$ – коэффициент современности группировки стратегических комплексов в момент времени t_α ; $k_{II}^{CPB}(t_\alpha)$ – коэффициент исправности группировки стратегических комплексов в момент времени t_α ; $k_O^{CPB}(t_\alpha)$ – коэффициент обеспеченности группировки стратегических комплексов в момент времени t_α ; K_C^{CPB} – коэффициент интегральной современности группировки стратегических комплексов; K_{II}^{CPB} – коэффициент интегральной исправности группировки стратегических комплексов; K_O^{CPB} – коэффициент интегральной обеспеченности группировки стратегических комплексов;

при принятых допущениях D_1^A .

Последовательность решения поставленной задачи представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Последовательность решения задачи по разработке методики оценки технической оснащённости группировки стратегических комплексов

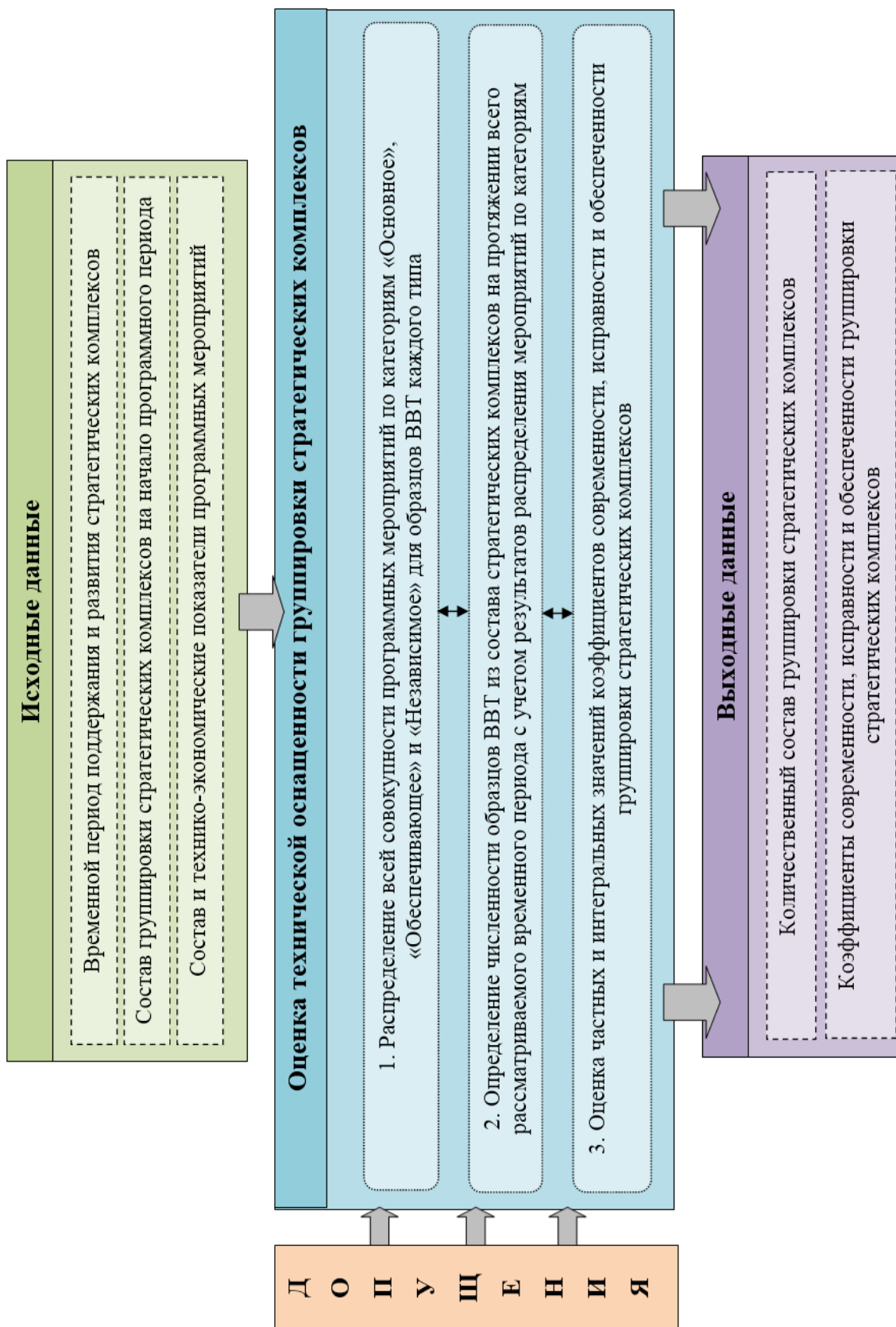


Рисунок 4 – Структурная схема проведения исследований по оценке технической оснащенности группировки стратегических комплексов

Идея предлагаемого методического подхода заключается в определении доли вводимых и выводимых образцов ВВТ из состава группировки стратегических комплексов на основе сравнительного сопоставления требуемых и выделенных уровней финансирования программных мероприятий, гарантированных и фактических сроков эксплуатации образцов ВВТ, а также их организационной и технологической связности друг с другом.

Структурная схема проведения исследований с использованием разработанной методики представлена на рисунке 4.

На рисунке 5 представлена схема информационного взаимодействия разработанной методики с существующим научно-методическим обеспечением (НМО) военно-технических и военно-экономических исследований в интересах обоснования перспектив развития стратегических комплексов.

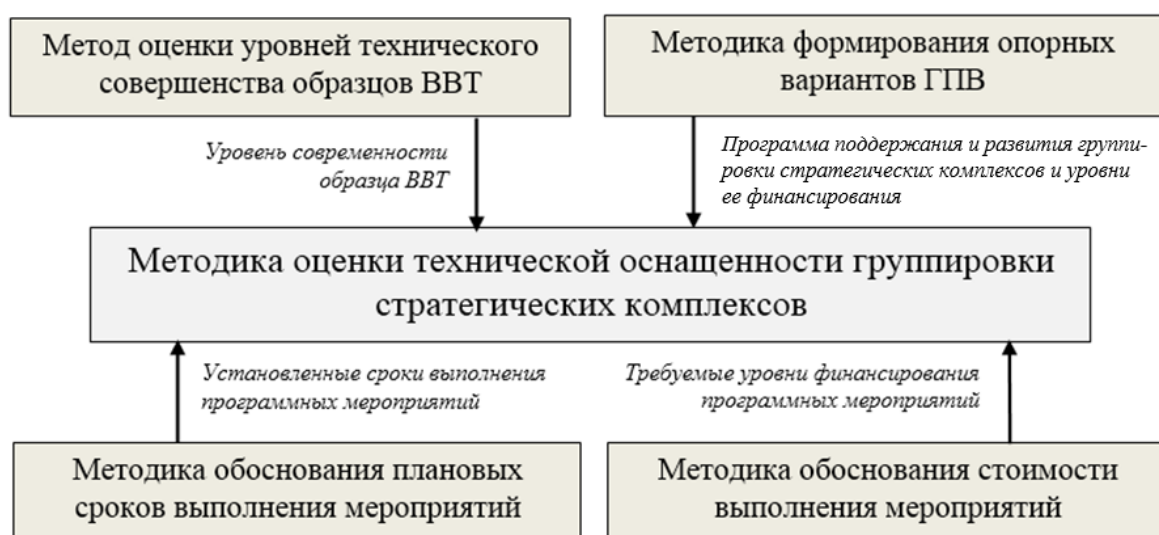


Рисунок 5 – Структурная схема информационного взаимодействия существующего НМО с разработанной методикой

Таким образом, в данной статье представлены постановка и порядок решения задачи, связанной с совершенствованием существующего НМО оценки технической оснащённости группировки стратегических комплексов в направлении учета специфических особенностей ее структурного состава, а также реализации мероприятий по поддержанию и развитию.

Дальнейшие исследования автора, связанные с разработкой формализованных зависимостей, позволяющие осуществлять все расчетные процедуры в рамках настоящей методики, будут представлены в ближайшем номере журнала.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Граница, 2008. 728 с.
2. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. М.: Граница, 2005. 237 с.
3. Стратегическое ракетное вооружение. Кн. 1. М.: 4 ЦНИИ Минобороны России, 2003. 640с.
4. Шмидт А.А., Шахрай В.Н. К вопросу обоснования темпов обновления вооружения для поддержания достигнутого уровня развития системы вооружения // Вооружение и экономика. 2020. № 2(52). С. 48-55.
5. Чумичкин А.А., Пьянков А.А. Методический подход к формированию мероприятий государственной программы вооружения в интересах переоснащения Вооруженных Сил Российской Федерации // Вооружение и экономика. 2009. № 2(6). С. 127-132.
6. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Модель управления техническим обеспечением войск // Вооружение и экономика. 2011. № 4(16). С. 29-34.
7. Буравлев А.И., Монин С.А. Методика оценки технического уровня парка вооружения и военной техники в ходе реализации программных мероприятий по ее закупкам и ремонту // Вооружение и экономика. 2012. № 1(17). С. 101-107.
8. Белорозов М.С., Пьянков А.А. Проблемные вопросы планирования и реализации мероприятий технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации в рамках государственной программы вооружения и пути их решения // Вооружение и экономика. 2016. № 4(37). С. 57-69.
9. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Модель технического обеспечения войск // Вооружение и экономика. 2010. № 2(10). С. 4-10.
10. Пьянков А.А. Применение метода оптимального планирования вычислительного эксперимента при моделировании технического обеспечения войск // Вооружение и экономика. 2011. № 3(15). С. 65-76.

УДК 623.62

А.С. Боев, кандидат технических наук

Д.М. Бывших, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

А.М. Жуков

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ОБОСНОВАНИИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННУЮ ПРОГРАММУ ВООРУЖЕНИЯ В ЧАСТИ ПОСТАВОК ТЕХНИКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Рассмотрены факторы научно-технического риска (НТР) выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Под НТР понимается возможность срыва контрактных сроков НИОКР исполнителями. Влияние факторов НТР обуславливает увеличение длительности проведения НИОКР по сравнению с плановой, что определяет реальную возможность сдвига срока начала серийного производства новых образцов техники РЭБ. В целях учета НТР при технико-экономическом обосновании предложений в проект государственной программы вооружения (ГПВ) по развитию системы вооружения РЭБ на факторах НТР построена регрессия увеличения длительности НИОКР по созданию образцов техники РЭБ. Применение полученной зависимости позволяет значительно повысить качество обоснования предложений в формируемые проекты ГПВ в части поставок техники РЭБ в войска.

Ключевые слова: государственная программа вооружения, научно-технический риск, опытно-конструкторская работа, поставки, техника радиоэлектронной борьбы.

Отличительной особенностью научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию сложной военной техники является объективно существующий высокий уровень научно-технического риска (НТР) [1-4]. Наличие такого риска обусловлено новизной решаемых научно-технических и технологических проблем, неоднозначными прогнозами технического и технологического развития противника, сложностью научных, инженерных и технологических задач, отсутствием

достаточной и достоверной информации об условиях функционирования разрабатываемых сложных технических систем, что выражается в вероятностном характере достижения целей работ, проводимых в интересах создания также и техники РЭБ [4; 5]. Другими словами, существует некоторая отличная от нуля вероятность отрицательного исхода НИОКР, когда ожидаемые результаты не достигнуты в планируемый срок и работа значительно затягивается [5-8]. Так, анализ выполнения НИОКР в интересах создания техники РЭБ в период 1985-2019 гг. показывает, что около 80% работ закончены позже планового срока окончания более, чем на 1 год (рисунок 1). Причем увеличение длительности на 4-6 лет (17% всех работ) не является единичным случаем.

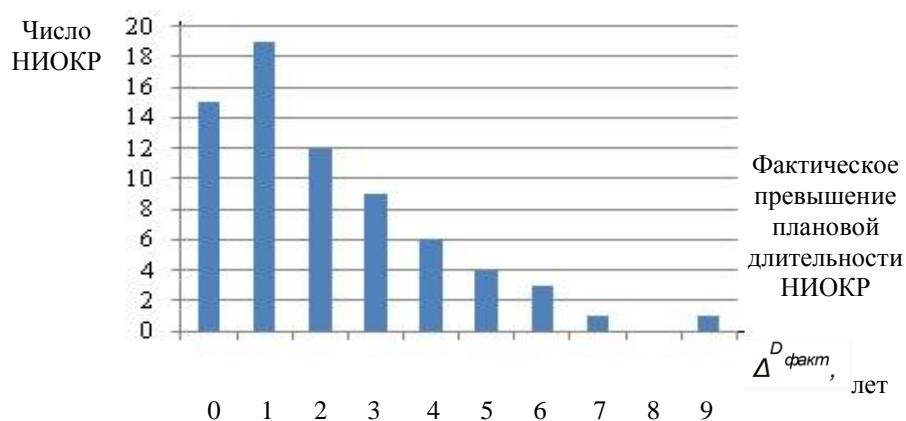


Рисунок 1 – Число НИОКР с превышением плановой длительности

Увеличение длительности НИОКР если и не ведет к прямому финансовому ущербу для заказчика, поскольку по существующим нормативным положениям при срыве сроков исполнитель заканчивает работы за свой счет, то в аспекте планирования серийного производства создает реальные трудности. Поскольку сроки окончания НИОКР фактически определяют начало серийного производства образцов, то влияние факторов НТР вносит неопределенность и негативно отражается на качестве обоснования номенклатуры и сроков серийных поставок техники РЭБ при формировании проекта государственной программы вооружения.

По результатам проведенного экспертного анализа основных существующих факторов риска [1-8], их содержания и степени влияния на успешность выполнения НИОКР разработаны вербально-цифровые шкалы для определения количественных значений факторов риска для НИОКР по разработке техники РЭБ, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Факторы риска

Фактор	Градации	Значение, присваиваемое фактору
1	2	3
1. Новизна работы	По направлению работы создан значительный научно-технический задел	0,00-0,25
	По направлению проведена (проведены) НИОКР, но ожидаемый результат не достигнут	0,26-0,50
	Ранее работы по направлению в РФ не проводились	0,51-0,75
	Нет данных о разработке направления за рубежом	0,76–1,00
2. Требуемый уровень лабораторно-экспериментальной базы	Для проведения НИОКР не требуется специализированной лабораторно-экспериментальной базы, необходимая база имеется у потенциальных исполнителей	0,00-0,33
	Для проведения работ и адекватной оценки ТТХ разрабатываемого образца потребуется закупка измерительной техники и модернизация методик проведения экспериментов базы	0,34,-0,66
	Необходимая база в РФ отсутствует. Для проведения работ потребуется создание новой дорогостоящей лабораторно-экспериментальной базы	0,67-1,00
3. Недостатки технологической базы	Проведение НИОКР предполагает использование традиционных технологий, которыми владеют потенциальные разработчики	0,00-0,25
	Технологическая база потенциальных исполнителей потребует доработки, необходимые технологии есть в РФ	0,26-0,50
	Требуется использование передовых технологий мирового уровня. Требуемые технологии в РФ отсутствуют	0,51-0,75
	Нет данных о возможности закупки требуемой технологии за рубежом	0,76–1,00
4. Специфика работы	Работы по данной тематике проводились потенциальными исполнителями ранее	0,00-0,20
	Работы по данной тематике проводились частью потенциальных исполнителей	0,21-0,40
	В РФ проводились работы по смежной тематике	0,41-0,60
	Работы по тематике проводились лишь за рубежом	0,61-0,80
	Тематика является новой в мировой практике	0,81-1,00
5. Недостатки квалификации	Ранее потенциальными исполнителями проводились работы более высокого научно-технического уровня	0,00-0,25
	Квалификация потенциальных исполнителей соответствует научно-техническому уровню работы	0,26-0,50
	Необходима частичная переподготовка персонала	0,51-0,75
	Необходимо привлечение квалифицированных кадров	0,76-1,00
6. Недостатки материально-технического обеспечения (снабжения)	Потенциальный исполнитель обладает необходимыми материалами и комплектующими	0,00-0,20
	Налажены поставки необходимых материалов и комплектующих	0,21-0,40
	Необходима оценка возможностей и проработка договоров на поставки	0,41-0,60
	Требуемые материалы, элементная база отсутствуют в РФ	0,61-0,80
	Нет сведений о наличии или возможностях приобретения материалов или элементной базы за рубежом	0,81-1,00
7. Недостатки информационного обеспечения	Исполнитель обладает всей необходимой информацией	0,00-0,33
	Исполнитель обладает каналами для получения необходимой информации	0,34,-0,66
	Необходимо налаживание каналов получения информации	0,67-1,00
8. Высокий научно-технический уровень результата	Традиционные технические решения, результаты не претендуют на изобретение	0,00-0,25
	Новые технические решения, рационализаторские предложения	0,26-0,50
	Результаты на уровне изобретений	0,51-0,75
	На уровне патентов	0,76-1,00
9. Необходимость экспериментальной проверки	Экспериментальные работы не требуются	0,00-0,25
	Необходима частичная проверка результатов	0,26-0,50
	Необходимо получение большого числа экспериментальных данных	0,51-0,75
	Необходимо проведение испытаний на полигонах	0,76-1,00

1	2	3
10. Уровень сложности объекта	Работы по созданию технических устройств	0,00-0,20
	Работы в интересах создания модулей	0,21-0,40
	Работы в интересах создания средства	0,41-0,60
	Работы в интересах создания комплекса	0,61-0,80
	Работы в интересах создания технической системы	0,81-1,00
11. Глубина научной проработки	Используются известные теоретические положения, подтвержденные практикой	0,00-0,33
	Развитие известных теорий, оценка возможностей применения в новых устройствах	0,34-0,66
	Разработка и проверка новых теоретических положений, построение сложных моделей и реализация их в образцах	0,67-1,00
12. Проблемы кооперации	Работа проводится одним исполнителем	0,00-0,25
	Работа предполагает использование технических подсистем и носителей, разрабатываемых с привлечением только отечественных предприятий	0,26-0,50
	Работа предполагает использование технических подсистем и носителей, разрабатываемых с привлечением большого числа отечественных предприятий	0,51-0,75
	Разработка образца требует кооперации со странами СНГ	0,76-1,00

Для оценки увеличения длительности работ применим линейную модель:

$$\Delta_{\text{расч}}^D = \Delta_0^D + \sum_{i=1}^{12} w_i f_i, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{расч}}^D$ – расчетное увеличение длительности работы; Δ_0^D – некоторая константа; w_i – вес (значимость) i -го фактора; f_i – значение i -го фактора.

Исходные данные для построения регрессии, количественно характеризующей увеличение длительности НИОКР по созданию новых образцов техники РЭБ в зависимости от представленных в таблице 1 факторов НТР, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Факторы риска f_i и фактическое превышение плановой длительности НИОКР $\Delta^D_{\text{факт}}$

№ п/п	Шифр НИОКР	Факторы (согласно таблице 1)												$\Delta^D_{\text{факт}}$, лет
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	№11	№12	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.	«Москва-1»	0,25	0,2	0,25	0,4	0,25	0,1	0,4	0,5	0,3	0,2	0,1	0	3
2.	«Реактор-1К»	0,45	0,3	0,35	0,5	0,2	0,1	0,6	0,55	0,4	0,35	0,1	0,2	4
3.	«Реактор-1»	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0	1
4.	АКПБ, АПУР	0,2	0,15	0,15	0,25	0,1	0,1	0,3	0,3	0,25	0,15	0,1	0	2
5.	Перспективный 1	0,5	0,45	0,35	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5	0,45	0,3	0,1	0,4	4
6.	РБ-108С	0,25	0,2	0,15	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,15	0,1	0,2	2
7.	Перспективный 2	0,6	0,5	0,55	0,55	0,2	0,2	0,5	0,6	0,55	0,4	0,2	0,6	5
8.	Перспективный 3	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,2	0,5	0,6	0,6	0,8	0,2	0,4	6
9.	Перспективный 4	0,5	0,5	0,45	0,55	0,1	0,2	0,5	0,5	0,45	0,3	0,1	0,1	4
10.	Перспективный 5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,25	0,2	0,4	4
11.	Перспективный 6	0,55	0,5	0,5	0,55	0,3	0,2	0,55	0,5	0,55	0,7	0,3	0,6	6
12.	«Босфор-2»	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	«Москит-У»	0,35	0,3	0,15	0,4	0,4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,1	0,4	3
14	«Тирада-1Д»	0,1	0,2	0,1	0,25	0,1	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,1	0	1
15	РБ-334А	0,8	0,65	0,55	0,55	0,5	0,6	0,65	0,5	0,6	0,75	0,3	0	7
16	«Инфауна»	0	0,05	0,05	0,1	0,05	0	0	0,05	0	0,05	0,05	0	0,5
17	Перспективный 7	0,55	0,5	0,4	0,55	0,25	0,2	0,6	0,6	0,5	0,5	0,2	0,4	5
18	«Дибазол»	0,4	0,4	0,25	0,45	0,1	0,2	0,5	0,5	0,45	0,6	0,1	0,4	4
19	«Палантин»	0,25	0,2	0,2	0,25	0,1	0,3	0,35	0,5	0,3	0,2	0,1	0,4	3
20	«Ртуть-БМ»	0,3	2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,2	0,1	0	3
21	Перспективный 8	0,5	0,5	0,4	0,45	0,35	0,55	0,5	0,6	0,5	0,4	0,2	0	5
22	«Силиций»	0,05	0,15	0,1	0,15	0,1	0,1	0	0,1	0	0,2	0,1	0	1
23	«Лесс»	0,05	0	0,1	0,1	0,05	0,1	0,15	0,25	0	0,15	0,15	0	2
24	Р-325П5	0,05	0	0,1	0,05	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,1	0	1
25	РП-379С	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,1	0	0,1	0,05	0,15	0,15	0	1
26	РП-379Е	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,1	0	0,1	0,1	0,15	0,15	0	1
27	Тирада-2.5	0,3	0,5	0,25	0,35	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	5
28	СПН-2,4	0,05	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	1
29	СПН-30	0,05	0,2	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,2	0,1	2
30	СПН-40	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0,05	0,1	0	0,5
31	«Житель»	0,3	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,1	3
32	Р-934У	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,3	0,2	0,1	1
33	Перспективный 9	0,7	0,2	0,45	0,55	0,2	0,4	0,6	0,5	0,55	0,55	0,6	0,2	6
34	«Леер-2»	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0	1
35	«Леер-3»	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0,05	0,1	0	0,05	0,05	0,2	0,5
36	«Нейтралитет-О»	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	3
37	«Лорандит-М»	0,3	0,2	0,25	0,3	0,1	0,1	0,3	0,35	0,3	0,3	0,4	0	3
38	«Лорандит-АД»	0,4	0,35	0,35	0,4	0,1	0,1	0,35	0,45	0,35	0,25	0,4	0	4
39	Р-385С	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0,2	0	1
40	Р-380Ф	0,3	0,2	0,35	0,3	0,1	0,1	0,3	0,35	0,3	0,3	0,4	0	3
41	«Дзюдоист-М»	0,2	0,2	0,25	0,3	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,4	0,2	2
42	«Дзюдоист»	0	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,05	0	0,05	0,1	0	0,5
43	«Плавск»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0,1	0	1
44	«Хром»	0,2	0,15	0,2	0,15	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,3	0,5	0	2
45	«Борисоглебск»	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,1	0,6	2
46	«Лесочек»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0	1
47	«Лорандит»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0	1
48	«Смежник»	0,1	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,15	0,2	0,1	0,2	2
49	«Силиций-2»	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2	0,1	0,1	2
50	РП-377У2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	1
51	«Крыша»	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0	0,5
52	«Поле-21»	0,1	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0,5
53	«Пародист»	0,2	0,2	0,2	0,25	0,1	0,1	0,15	0,15	0,25	0	0,1	0,1	2
54	«Консоль»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0,1	0	1
55	АТО-40М	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	1
56	«Лесостепь»	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0	0,1	0	1
57	«Алургит»	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0	0,5
58	«Егорьевец-В»	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0,3	0,5
59	«Картинка-4»	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,1	0,1	0	1
60	«Звено-ЗВ»	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0,2	0,5
61	«Лаборант-РЭБ»	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,5
62	«Пикет-2К»	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	1
63	ПЭК-3	0	0,05	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	«Дончанка-М»	0,2	0,3	0,25	0,35	0,3	0,1	0	0,2	0,25	0,35	0,3	0,2	3
65	«Заслон-РЭБ»	0,1	0	0	0,05	0,1	0,1	0,05	0	0	0	0,1	0	0,5
66	ИТОК	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,2	0,15	0,2	0,2	0,1	0,1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
67	«Магний-РЭБ»	0,05	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0,1	0	0,5
68	«Мурманск-Т»	0,05	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0,5
69	Перспективный 10	0,9	0,65	0,75	0,75	0,5	0,6	0,75	0,85	0,85	0,95	0,3	0,6	9
70	«Автобаза»	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0

Применяя метод наименьших квадратов (МНК) для линейной зависимости [9; 10], определяем значения коэффициентов регрессии:

$$w = (F^T F)^{-1} F^T \Delta, \quad (2)$$

где: w – вектор-столбец коэффициентов регрессии (веса факторов); F – матрица реализаций факторов f_i ; Δ – вектор-столбец реализаций $\Delta^{D_{\text{факт}}}$.

Рассчитанные с использованием МНК параметры регрессии приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры регрессии

Фактор	Коэффициент (вес фактора w_i лет)
1. Новизна работы	1,021
2. Требуемый уровень лабораторно-экспериментальной базы	0,190
3. Недостатки технологической базы	1,355
4. Специфика работы	0,619
5. Недостатки квалификации	1,380
6. Недостатки материально-технического обеспечения	1,800
7. Недостатки информационного обеспечения	1,055
8. Высокий научно-технический уровень результата	1,655
9. Необходимость экспериментальной проверки	0,339
10. Уровень сложности объекта	1,454
11. Глубина научной проработки	1,290
12. Проблемы кооперации	0,478
Константа Δ_0^D (лет)	-0,151

С учетом рассчитанных параметров выражение (1) примет вид:

$$\Delta_{\text{расч}}^D = -0,151 + 1,021f_1 + 0,190f_2 + 1,355f_3 + 0,619f_4 + 1,380f_5 + 1,800f_6 + 1,055f_7 + 1,655f_8 + 0,339f_9 + 1,454f_{10} + 1,290f_{11} + 0,478f_{12}. \quad (3)$$

Например, проведение ОКР «Москит-У» планировалось в период 2012-2015 гг. Фактически работа велась в период 2012-2018 гг. Таким образом, превышение плановой длительности ОКР составило 3 года. Подставляя данные таблицы 2 по факторам ОКР «Москит-У» в (3), получим:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{расч}}^D &= -0,151 + 1,021 \cdot 0,35 + 0,190 \cdot 0,3 + 1,355 \cdot 0,15 + \\ &+ 0,619 \cdot 0,4 + 1,380 \cdot 0,4 + 1,800 \cdot 0,1 + 1,055 \cdot 0,2 + 1,655 \cdot 0,2 + \\ &+ 0,339 \cdot 0,3 + 1,454 \cdot 0,5 + 1,290 \cdot 0,1 + 0,478 \cdot 0,4 = \\ &= -0,151 + 0,357 + 0,057 + 0,203 + 0,248 + 0,552 + 0,180 + \\ &+ 0,211 + 0,331 + 0,102 + 0,727 + 0,129 + 0,191 = 3,14 \text{ года.} \end{aligned}$$

Т.е. ошибка составляет

$$|\Delta_{\text{факт}}^D - \Delta_{\text{расч}}^D| = 0,14 \text{ года.}$$

Для ОКР «Леер-3»

$$\Delta_{\text{расч}}^D = 0,635, |\Delta_{\text{факт}}^D - \Delta_{\text{расч}}^D| = 0,135 \text{ года.}$$

Для полученного уравнения линейной регрессии коэффициент множественной корреляции (КМК) составляет 0,99, что свидетельствует о достаточно сильной связи между факторами и превышением плановой длительности НИОКР. Коэффициент детерминации (R-квадрат), т.е. доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью зависимости или объясняющими переменными, составляет 0,98. Таким образом, расчетные параметры модели объясняют зависимость между рассматриваемыми переменными на 98%. Построенная регрессия является значимой по критерию Фишера, поскольку вычисленное F -значение уровня значимости меньше уровня значимости ($0,0057 < 0,05$).

Стандартная ошибка регрессии составила:

$$S_o = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta_{\text{факт}}^D - \Delta_{\text{расч}}^D)^2}{n-m-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{70} (\Delta_{\text{факт}}^D - \Delta_{\text{расч}}^D)^2}{70-12-1}} = \sqrt{\frac{4,808}{57}} = 0,290.$$

Анализ остатков регрессии [9; 10] показывает, что отличие фактической и расчетной задержки $|\Delta_{\text{факт}}^D - \Delta_{\text{расч}}^D|$ для данных таблицы 2 при применении предложенной модели (3) не превышает 19% от фактической длительности выполнения НИОКР (не более полугода). Это соответствует требованиям к достоверности результатов, получаемых в ходе долгосрочного программно-целевого планирования развития сложных технических систем.

Таким образом, предложен метод оценки влияния факторов риска на увеличение длительности проведения разработки образцов техники РЭБ, применение которого позволит повысить качество обоснования предложений в ГПВ. При этом учет НТР при планировании серийных поставок техники РЭБ позволит обеспечить достоверными сведениями

предприятия-изготовители техники РЭБ о возможной загрузке ОПК заказами, что повысит устойчивость их производственных планов, а также обеспечить более адекватное планирование процессов списания и замены техники РЭБ в составе комплектов техники подразделений, частей и соединений войск РЭБ ВС РФ.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. М.: Издательский дом «Граница», 2007. 408 с.
2. 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. Воронеж: Изд-во ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. 226 с.
3. Боев А.С., Бывших Д.М., Коробейников А.С., Строкова Т.М. Анализ рисков при подготовке научно-технического и технологического задела инноваций // РИСК: Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. 2013. №3. С. 214-221.
4. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Издательский дом «Граница», 2007. 728 с.
5. Васильева Т.А., Диденко О.Н., Епифанов А.А. Риск-менеджмент инноваций. Сумы: Издательство «Деловые перспективы», 2005. 260 с.
6. Гольдштейн Г.Я. Стратегические аспекты управления НИОКР. Таганрог: Издательство ТРТУ, 2000. 244 с.
7. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. М.: Издательство «ЮНИТИ-ДАНА», 2012. 350 с.
8. Остапенко С.Н. Факторы неопределенности и методические подходы их компенсации в процессе разработки сложных технических систем // Методические основы управления сложных технических систем: сб. науч. трудов. Т. 2. М.: ВНИИНС, 1997. 144 с.
9. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Исследование зависимостей: Справ. изд. / Под ред. С.А. Айвазяна. М.: Финансы и статистика, 1985. 487 с.
10. Мак-Федрис П. Формулы и функции в Microsoft Office Excel 2007. М.: «Вильямс», 2008. 640 с.

УДК 623:658.562

В.Г. Найденов, доктор технических наук, старший научный сотрудник
К.А. Тарасенко
Е.В. Першин

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНЫМ НАЗЕМНЫМ СРЕДСТВАМ ТРАЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ТОЧНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИМИ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В статье сформулирована актуальная научная задача обоснования требований к перспективным средствам траекторных измерений по точности получения ими первичных измерений, исходя из требований, предъявляемых к точности оценок вектора параметров движения испытываемых летательных аппаратов. Для решения данной задачи был использован численный оптимизационный метод крутого восхождения, который сочетает в себе многофакторное планирование и реализацию модельного эксперимента, линейный регрессионный анализ, а также градиентный метод максимизации показателя точности траекторного измерительного комплекса с учетом ограничения, накладываемого на требуемую точность этого комплекса. Разработанный методический подход может быть успешно применен при обосновании требований к траекторным измерительным средствам при разработке технических заданий на их создание.

Ключевые слова: траекторный измерительный комплекс; средства траекторных измерений; требования к средствам траекторных измерений; многофакторный эксперимент.

В настоящее время возникла актуальная научно-техническая задача обоснования требований к техническим характеристикам наземных средств траекторных измерений, используемых в составе траекторных измерительных комплексов.

До сих пор перспективные средства траекторных измерений (ТИ) разрабатывались, исходя из сравнения с техническими характеристиками зарубежных аналогов или путем модернизации существующих средств

ТИ с учетом постепенного улучшения их технических характеристик благодаря появлению более совершенных технологий и элементной базы. Научного подхода к обоснованию полного объема требований к техническим характеристикам перспективных средств ТИ до настоящего времени практически не существовало.

Задача обоснования требований к средствам траекторных измерений возникает при разработке технических заданий на создание перспективных средств ТИ. При этом основными техническими характеристиками таких средств являются следующие:

- максимальная дальность действия средства ТИ D_{max} по сопровождению летательного аппарата (ЛА);
- требуемые значения точности измерения дальности до ЛА, скорости изменения дальности до ЛА, а также допустимых погрешностей измерения азимута и угла места на летательный аппарат;
- требуемые скорости сопровождения следящими средствами ТИ летательных аппаратов по азимуту и углу места вдоль траекторий их полета.

Данные требования вытекают из условий проведения испытаний сложных технических комплексов (СТК), а также из необходимости выполнения требований к траекторному измерительному комплексу, предъявляемых со стороны испытываемых образцов СТК.

Наибольший интерес имеет место задача обоснования требований к значениям точности измерения средствами ТИ полученных ими первичных измерений.

В данной статье ограничимся рассмотрением задачи обоснования требований к характеристикам точности наземных средств ТИ, по выходной информации которых оцениваются координаты ЛА.

Наиболее важными из такого вида требований являются следующие:

- требуемое значение среднеквадратического отклонения (СКО) измерения дальности до сопровождаемого ЛА;
- требуемые значения СКО погрешностей измерения значений азимута и угла места на сопровождаемый средством ТИ летательный аппарат.

Траекторный измерительный комплекс является обеспечивающей системой и предназначен для обеспечения испытаний сложных технических комплексов. Поэтому обоснование требований к характеристикам точности определения первичных измерений средствами ТИ должно проводиться, исходя из требований, предъявляемых к траекторным измерительным комплексам со стороны СТК. Такими требованиями являются СКО погрешности измерения координат ЛА в заданной системе координат $(\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z)$.

Необходимо отметить, что задача обоснования требований к средствам траекторных измерения является обратной к задаче априорной оценки точности траекторного измерительного комплекса. Однако эти задачи принципиально отличаются тем, что задача обоснования требований к средствам ТИ является многозначной и имеет множество решений. В этом и заключается сложность решения такой задачи.

Для решения задачи обоснования требований к характеристикам точности средств ТИ необходимо выбрать единый критерий, по которому будут оцениваться рассматриваемые требования. Наиболее приемлемым критерием при решении такой задачи является интервальный вероятностный критерий, представляющий собой вероятность попадания вектора $\Delta\hat{\theta}(t)$ погрешности оценки вектора $\hat{\theta}(t)$ координат ЛА в момент времени t в область требований $B_{эл}$, определяющей точность оценки траекторным измерительным комплексом координат ЛА, которая, как правило, выбирается в виде эллипсоида.

Обоснование требований к характеристикам точности средств ТИ будем проводить с использованием численной процедуры, основанной на применении метода многофакторного планирования модельного эксперимента, который называется методом Бокса-Уилсона [1; 2]

Применение метода многофакторного планирования эксперимента предполагает составление и модельную реализацию многофакторного ортогонального плана, в котором в качестве факторов выступает вектор $E_L(t)$ СКО погрешностей измерительных каналов средств траекторных измерений в момент времени t , а в качестве «отклика» проведенных модельных экспериментов выступает интервальный показатель точности траекторного ИК. Тогда в математическом виде задачу обоснования требований к средствам траекторного ИК можно записать в следующем виде:

$$\text{определить } \Xi_{L(\text{opt})}(t) = \underset{\Xi_L(t) \in \Omega}{\text{Argmax}} \Psi(\Xi_L(t)) \quad (1)$$

$$\text{при ограничении } P(\Delta\hat{\theta}(t) \subset B_{\text{эл}}) = P_{\text{дов}}, \quad (2)$$

где $\Delta\hat{\theta}(t)$ – вектор погрешности оценки составляющих вектора $\hat{\theta}(t)$ координат ЛА в момент времени t ; Ψ – функция, связывающая вероятность $P(\Delta\hat{\theta}(t) \subset B_{\text{эл}})$ с вектором $\Xi_L(t)$ погрешностей измерения первичных параметров средствами ТИ; $P_{\text{дов}}$ – значение доверительной вероятности, которая выбирается близкой к единице; Ω – область изменения вектора $\Xi_L(t)$ для точки траектории, где были получены измерения в момент времени t .

Интервальный показатель точности (2) означает вероятность нахождения в момент времени t значения погрешности оценки вектора $\hat{\theta}(t)$ координат ЛА в заданную область требований, предъявляемых к траекторному ИК [3].

В предположении, что случайные величины \hat{x} , \hat{y} и \hat{z} оценки координат ЛА являются независимыми, имеют нормальный закон распределения в каноническом виде, то вероятность события, заключающегося в том, что случайный вектор $\Delta\hat{\theta}(t)$ для рассматриваемого момента времени попадет в эллипсоид $B_{\text{эл}}$ требований, определяется следующей формулой [6]:

$$P\{\Delta\hat{\theta} \subset B_{\text{эл}}\} = \iiint_{B_{\text{эл}}} \frac{1}{(\sqrt{2\pi})^3 \sigma_{\hat{x}}^{\oplus} \sigma_{\hat{y}}^{\oplus} \sigma_{\hat{z}}^{\oplus}} \left\{ \exp -\frac{1}{2} \left(\frac{(x-\delta_{\hat{x}})^2}{(\sigma_{\hat{x}}^{\oplus})^2} + \frac{(y-\delta_{\hat{y}})^2}{(\sigma_{\hat{y}}^{\oplus})^2} + \frac{(z-\delta_{\hat{z}})^2}{(\sigma_{\hat{z}}^{\oplus})^2} \right) \right\} dx dy dz,$$

где $\delta_{\hat{x}}$, $\delta_{\hat{y}}$ и $\delta_{\hat{z}}$ – систематические составляющие оценки погрешностей случайных величин \hat{x} , \hat{y} и \hat{z} соответственно; $\sigma_{\hat{x}}^{\oplus}$, $\sigma_{\hat{y}}^{\oplus}$ и $\sigma_{\hat{z}}^{\oplus}$ – главные СКО оценки погрешностей соответственно случайных величин \hat{x} , \hat{y} и \hat{z} в заданной системе координат.

Вектор СКО погрешностей измерения первичных параметров средствами ТИ для случая использования радиолокационных или оптико-электронных средств, измеряющих дальность до ЛА, азимут и угол места по направлению на летательный аппарат, можно записать в следующем виде:

$$\Xi_L(t) = [\sigma_{D_1} \dots \sigma_{D_k}; \sigma_{\beta_1} \dots \sigma_{\beta_n}; \sigma_{\varepsilon_1} \dots \sigma_{\varepsilon_m}]^T,$$

где σ_{D_k} – СКО погрешности измерения дальности до ЛА k -м дальномерным каналом; σ_{β_n} – СКО погрешности измерения азимута на ЛА n -м угломерным измерительным каналом; σ_{ε_m} – СКО погрешности измерения угла места на ЛА m -м угломерным измерительным каналом.

Компоненты вектора Ξ_L представляют собой показатели качества средств ТИ, которые являются факторами, влияющими на показатель качества траекторного ИК, в качестве которого может быть выбран описанный выше интервальный показатель точности $P(\Delta\hat{\theta} \subset B_{\text{эл}})$ траекторного измерительного комплекса. Тогда можно обозначить функциональную связь вида $P(\Delta\hat{\theta} \subset B_{\text{эл}}) = \Psi(\Xi_L)$.

Для нахождения оптимального значения вектора СКО погрешности измерительных каналов $\Xi_{L(\text{opt})}$ с использованием метода многофакторного планирования экспериментов необходимо выбрать начальное значение этого вектора $\Xi_L^{(0)}$. Компонентами такого вектора будут значения СКО погрешностей измерительных каналов средств ТИ, которые по абсолютной величине больше существующих значений погрешностей измерительных каналов радиолокационных средств ТИ, обладающих сравнительно низкой точностью.

Для решения поставленной задачи методом многофакторного планирования экспериментов необходимо провести нормирование рассматриваемых факторов, являющихся факторами, от которых зависит значение функции $\Psi(\Xi_L)$.

Будем считать, что все компоненты вектора Ξ_L являются натуральными значениями факторов и обозначим их как F_k , где $k = \overline{1, K}$. Преобразование первичных значений факторов в безразмерные величины (f_k , где $k = \overline{1, K}$) проводится с помощью операции нормирования по формуле:

$$f_k = \frac{F_k - F_{0k}}{\Delta F_k}, k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

где $F_{0k} = 0,5 \cdot (F_k^{(H)} + F_k^{(B)})$ – основной уровень k -го фактора; $\Delta F = 0,5 \cdot (F_k^{(B)} - F_k^{(H)})$ – интервал варьирования фактора F_k в натуральных единицах; $F_k^{(B)}, F_k^{(H)}$ – соответственно верхнее и нижнее натуральные значения k -го фактора.

В этом случае при изменении фактора F_k в пределах от $F_k^{(H)}$ до $F_k^{(B)}$ значение f_k изменяется в пределах от -1 до $+1$.

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента при $K = 3$

Номер опыта	Значения нормированных факторов и оценок функции $\Psi(\Xi_L)$.				
	f_0	f_1	f_2	f_3	$\hat{\Psi}(\Xi_L)$
1	+1	-1	-1	-1	$\hat{\Psi}_1(\Xi_L)$
2	+1	+1	-1	-1	$\hat{\Psi}_2(\Xi_L)$
3	+1	-1	+1	-1	$\hat{\Psi}_3(\Xi_L)$
4	+1	+1	+1	-1	$\hat{\Psi}_4(\Xi_L)$
5	+1	-1	-1	+1	$\hat{\Psi}_5(\Xi_L)$
6	+1	+1	-1	+1	$\hat{\Psi}_6(\Xi_L)$
7	+1	-1	+1	+1	$\hat{\Psi}_7(\Xi_L)$
8	+1	+1	+1	+1	$\hat{\Psi}_8(\Xi_L)$

Для плана полного многофакторного эксперимента число опытов N всех неповторяющихся комбинаций из K рассматриваемых факторов, имеющих по два уровня, будет равно $N = 2^K$. При этом матрица планирования без взаимодействия различных уровней независимых переменных при $K = 3$ будет иметь вид, представленный в таблице 1.

Для уменьшения количества опытов можно построить матрицу дробного многофакторного эксперимента.

Матрица проведения дробного (полуреплики) многофакторного эксперимента приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица проведения дробного многофакторного эксперимента

Номер опыта	Значения нормированных факторов				Номер опыта	Значения нормированных факторов			
	f_0	f_1	f_2	f_3		f_0	f_1	f_2	f_3
1	+1	-1	-1	+1	3	+1	-1	+1	-1
2	+1	+1	-1	-1	4	+1	+1	+1	+1

Полученный в результате проведения опытов многофакторного эксперимента статический материал дает возможность построить линейное регрессионное уравнение следующего вида:

$$\hat{\Psi}(\Xi_L) = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot f_1 + \dots + \hat{b}_k \cdot f_k + \hat{b}_K \cdot f_K, \quad (4)$$

где $\hat{\Psi}(\Xi_L)$ – оцениваемая касательная гиперплоскость в области проведения многофакторного эксперимента, позволяющая аппроксимировать в этой области функцию $\Psi(\Xi_L)$.

Коэффициенты регрессионной модели (4) могут быть оценены с использованием метода наименьших квадратов [6; 7]. Согласно этому методу находятся такие значения оценок \hat{b}_k величин b_k , которые минимизируют сумму квадратов отклонений (невязок) δ_n^2 опытных точек от величин, предсказанных регрессионным уравнением (4), то есть которые минимизируют функционал вида:

$$G = \sum_{n=1}^N \delta_n^2 = \sum_{n=1}^N (\hat{\Psi}(\Xi_L)_n - \sum_{k=0}^K \hat{b}_k f_{kn})^2. \quad (5)$$

В результате минимизации функционала (5) может быть получено выражение для оценки вектора \hat{B} коэффициентов уравнения регрессии вида:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot \hat{\Psi},$$

где X – матрица многофакторного эксперимента; $\hat{\Psi}$ – вектор результатов оценок функции $\hat{\Psi}(\Xi_L)$ в точках реализации плана многофакторного эксперимента.

Важными этапами обработки результатов многофакторного эксперимента является проверка коэффициентов уравнения регрессии на значимость, а также проверка самой модели на адекватность.

Проверка коэффициентов уравнения регрессии на значимость для каждого коэффициента проводится независимо и может быть осуществлена по t -критерию Стьюдента.

Проверка регрессионной модели на адекватность проводится путем изучения разности между экспериментальными значениями функции $\hat{\Psi}(\Xi_L)$ и значениями, предсказанными по уравнению регрессии в точках проведения многофакторного эксперимента. Проверка адекватности модели может быть проведена, например, с использованием критерия χ^2 .

Для нахождения оптимального значения вектора $\Xi_{L(opt)}$, при котором траекторный ИК способен выполнить предъявляемые к нему требования,

необходимо правильно определить стратегию проведения повторных многофакторных экспериментов.

Реализация оптимальной стратегии проведения повторных многофакторных экспериментов достигается применением метода крутого восхождения. Метод крутого восхождения представляет собой пошаговое движение по поверхности функции $\Psi(\Xi_L)$, которое обеспечивается использованием градиентного метода в сочетании с проведением повторных многофакторных экспериментов.

Скорость возрастания функции $\Psi(\Xi_L)$ будет наибольшей в направлении градиента оцениваемой гиперплоскости, а сам градиент определяется формулой:

$$\text{grad}\hat{\Psi}(\Xi_L) = \frac{\partial\hat{\Psi}(\Xi_L)}{\partial f_1} I_1 + \frac{\partial\hat{\Psi}(\Xi_L)}{\partial f_2} I_2 + \dots + \frac{\partial\hat{\Psi}(\Xi_L)}{\partial f_K} I_K,$$

где I_K – орты ($k = \overline{1, K}$).

Таким образом, направление градиента совпадает с направлением наибольшего наклона гиперплоскости и определяется совокупностью величин $\frac{\partial\hat{\Psi}(\Xi_L)}{\partial f_k}$ ($k = \overline{1, K}$), оценками которых являются коэффициенты \hat{b}_k . Это означает, что направление крутого восхождения полностью определяется коэффициентами уравнения гиперплоскости (4).

Изменение основных значений факторов f_1, f_2, \dots, f_K пропорционально оценкам коэффициентов уравнения регрессии $\hat{b}_1, \hat{b}_2, \dots, \hat{b}_K$ обеспечивает движение вдоль линии крутого восхождения, максимизируя величину функции $\Psi(\Xi_L)$.

Движение вдоль линии крутого восхождения заканчивается в случае выполнения ограничения (2). Экстремум функционала (1) будет лежать на границе области ограничений. В связи с этим в процессе поиска экстремума функции (1) при ограничении (2) возможен случай превышения значения оценок $\hat{\Psi}(\Xi_L)$ над значением порога $P_{\text{ДОВ}}$. В этом случае необходимо предусмотреть процедуру последовательного обратного поиска границы области ограничений. Если при движении по градиенту значение центра проведения многофакторного эксперимента $\Xi_L^{(0)}$ к области ограничений не превысит допустимой величины ε_0 , то может быть принято решение об остановке поиска оптимального значения вектора $\Xi_{L(\text{opt})}$.

Графическое изображение процесса поиска оптимальных значений требований к средствам ТИ показано на рисунке 1.

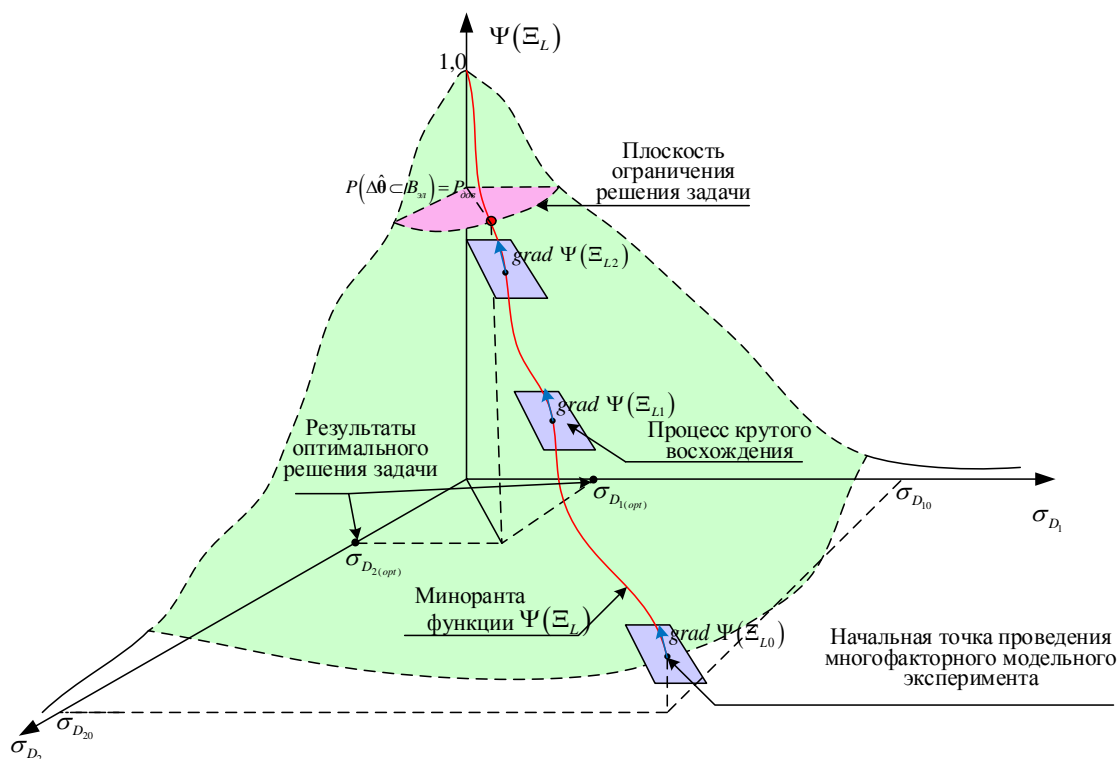


Рисунок 1 – Графическое изображение процесса поиска оптимальных значений требований к средствам траекторных измерений

Для более целостного понимания методического подхода к обоснованию требований к средствам траекторных измерений по точности получения ими первичных измерений на рисунке 2 приведен обобщенный алгоритм моделирования процесса обоснования требований к средствам ТИ.

В блоке 1 алгоритма проводится ввод исходных данных, к числу которых относятся:

- одна или несколько траекторий полета ЛА в заданной системе координат $OXYZ$;

- координаты точек расположения траекторных средств в заданной системе координат.

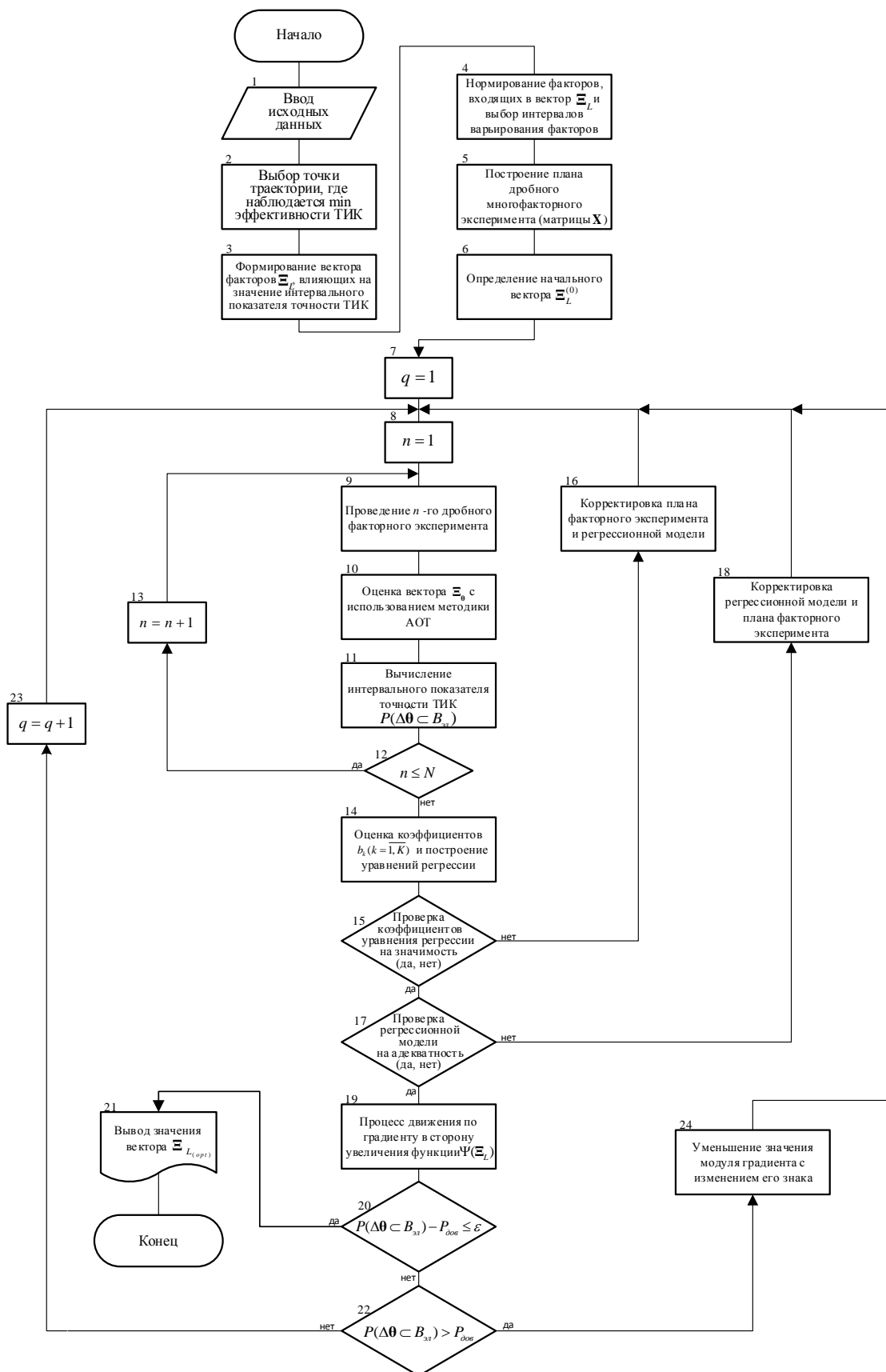


Рисунок 2 – Обобщенный алгоритм реализации методического подхода к обоснованию требований к средствам траекторных измерений

Далее в блоке 2 проводится выбор одной или нескольких точек траектории полета ЛА, где наблюдается минимальное значение интервального показателя точности траекторного ИК при одинаковых значениях составляющих вектора Ξ_L .

В блоке 3 алгоритма проводится формирование вектора факторов Ξ_L , влияющих на значение интервального показателя точности рассматриваемого траекторного ИК. Далее проводится нормирование факторов, входящих в вектор Ξ_L в соответствии с выражением (3), и выбор интервалов их варьирования.

Блок 5 алгоритма предусматривает построение матрицы X дробного многофакторного эксперимента, а в блоке 6 задается начальное значение вектора $\Xi_L^{(0)}$, откуда начинается поиск оптимального значения вектора требований $\Xi_{L(opt)}$.

В блоках 8...13 алгоритма проводится N экспериментов в рамках плана экспериментов X с вычислением N значений оценок функции $\hat{\Psi}(\Xi_L)$.

Далее в блоке 14 проводится с использованием метода наименьших квадратов оценка коэффициентов $\hat{b}_1, \hat{b}_2, \dots, \hat{b}_K$ и построение линейного уравнения регрессии. Затем в блоках 15 и 17 проводится проверка коэффициентов уравнения регрессии на значимость по t - критерию Стьюдента и проверка регрессионного уравнения на адекватность по критерию χ^2 .

Блок 19 обозначает движение по градиенту в сторону увеличения функции $\Psi(\Xi_L)$ путем переноса в новое место центра проведения последующего факторного эксперимента.

Далее при выполнении условия, что $P(\Delta\hat{\theta} \subset B_{эл}) - P_{дов} \leq \varepsilon_0$ (ε_0 – задано малое число), проводится вывод оптимальных значений требований к средствам ТИ, размещенным на измерительных пунктах (значение вектора $\Xi_{L(opt)}$). Если условие блока 20 не выполняется, то в блоке 22 организуется проверка выполнения условия $P(\Delta\hat{\theta} \subset B_{эл}) > P_{дов}$. В случае невыполнения этого условия проводится дальнейшее движение по градиенту в сторону увеличения значения функции $\Psi(\Xi_L)$, а если данное условие выполняется, то процесс переноса центра последующего факторного эксперимента проходит в обратном направлении к предыдущему эксперименту с уменьшением значения модуля градиента, что позволит на какой-то итерации процесса поиска выполнить условие блока 20.

Апробация предложенного методического подхода определения требований к средствам ТИ была проведена путем моделирования процесса крутого восхождения по поверхности многомерной функции с целью поиска ее максимума при заданном ограничении на величину этой функции.

Реализуемость предложенного методического подхода была проведена путем моделирования процесса нахождения значений требований к точности измерения трех территориально разнесенных дальномерных измерительных каналов $(\sigma_{D_1(\text{треб})}, \sigma_{D_2(\text{треб})}, \sigma_{D_3(\text{треб})})$ в предположении, что функция $\Psi(\Xi_L)$ имеет следующий вид:

$$\Psi(\Xi_L) = 1,0 - 0,003 \cdot \sigma_{D_1}^2 - 0,0027 \cdot \sigma_{D_2}^2 - 0,0028 \cdot \sigma_{D_3}^2. \quad (6)$$

Внешний вид рассматриваемой функции (6) в изометрической проекции для первых трех слагаемых выражения (6) с использованием математического пакета программ Matlab показан на рисунке 3.

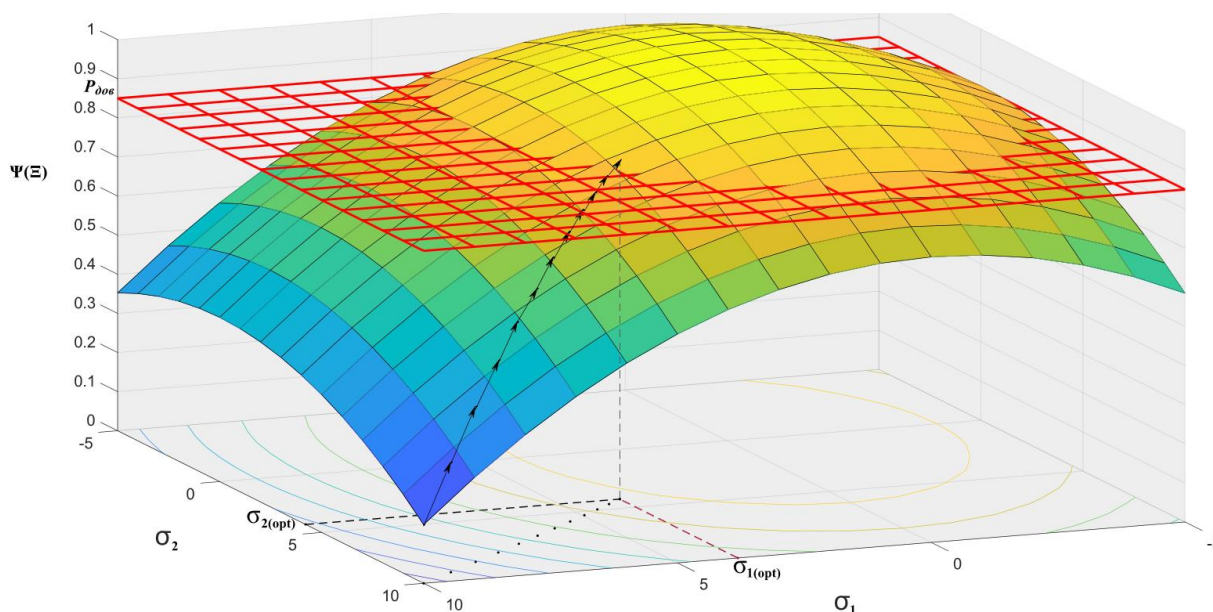


Рисунок 3 – Внешний вид функции $\Psi(\Xi_L)$ для первых трех слагаемых выражения (6)

В горизонтальной плоскости показаны оси, на которых откладываются величины σ_{D_1} и σ_{D_2} СКО погрешностей двух дальномерных измерительных каналов, а по вертикальной оси отсчитывается значение функции $\Psi(\Xi_L)$.

Моделирование работы рассмотренного алгоритма по определению требований к точности измерения трех дальномерных измерительных каналов проводилось из начальной точки с координатами

$$\sigma_{D_1}^{(0)} = 10\text{м}, \sigma_{D_2}^{(0)} = 10\text{м}, \sigma_{D_3}^{(0)} = 10\text{м}.$$

Значение функции $\Psi(\Xi_L)$, описанной выражением (6), в начальной точке проведения модельного эксперимента с указанными координатами равно 0,15.

Ограничением при проведении модельного эксперимента является условие, что функция $\Psi(\Xi_L)$ имеет значение 0,85, то есть вероятность $P(\Delta\hat{\theta} \subset B_{\text{эл}})$ должна быть равна 0,85.

При реализации моделирования процесса обоснования требований использовалась полуреплика полного факторного эксперимента, позволяющая проводить только четыре модельных эксперимента. При проведении первого многофакторного эксперимента был выбран интервал варьирования трех факторов, равный 1 метру.

В результате проведения четырех модельных опытов были получены следующие значения оценок функции $\Psi(\Xi_L)$: $\hat{\Psi}_1(\Xi_L) = 0,312$, $\hat{\Psi}_2(\Xi_L) = 0,084$, $\hat{\Psi}_3(\Xi_L) = 0,08$, $\hat{\Psi}_4(\Xi_L) = 0,092$.

Далее с использованием полученных значений оценок функции $\Psi(\Xi_L)$ были вычислены коэффициенты линейного уравнения регрессии вида:

$$\hat{\Psi}(\Xi_L) = 0,142 - 0,06 \cdot \sigma_{D_1} - 0,054 \cdot \sigma_{D_2} - 0,056 \cdot \sigma_{D_3}. \quad (7)$$

После проверки коэффициентов уравнения регрессии (7) на значимость и самой регрессионной модели на адекватность был организован поиск оптимальных значений требований к точности измерений дальномерных каналов в направлении градиента от линейного уравнения регрессии (7). При этом сдвиг центра проведения последующего факторного эксперимента определялся значениями коэффициентов уравнения регрессии (7).

При величине ε_0 , равной 0,08, обозначающей допустимое отклонение значения $\hat{\Psi}(\Xi_L)$ от значения вероятности, равной 0,85, в 12-м многофакторном эксперименте состоялось выполнение условия

$P(\Delta\hat{\theta} \subset B_{\text{эл}}) - P_{\text{дов}} \leq \varepsilon_0$ и итерационный процесс поиска оптимального значения требований к точности рассматриваемых дальномерных измерительных каналов был остановлен.

Полученные значения требований к дальномерным измерительным каналам после остановки итерационного процесса имели следующие значения: $\sigma_{D_1(\text{треб})} = 3,81\text{м}$, $\sigma_{D_2(\text{треб})} = 4,21\text{м}$, $\sigma_{D_3(\text{треб})} = 4,07\text{м}$.

Результаты проведенного модельного эксперимента показали работоспособность разработанного методического подхода к обоснованию требований к средствам траекторных измерений.

Таким образом, разработан новый методический подход к обоснованию требований к средствам траекторных измерений, который позволяет принимать научно обоснованные решения при разработке технических заданий на создание перспективных средств траекторных измерений, используемых при испытаниях сложных технических комплексов.

Список использованных источников

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.
2. Зедгенидзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. М.: Наука, 1976.
3. Лоусон Ч., Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений. М.: Советское радио, 1978.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Высшая школа, 2007.
5. Найденов В.Г., Першин Е.В. Результаты исследования интервального показателя точности траекторного измерительного комплекса // Вооружение и экономика. 2017. № 3.
6. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. М.: Наука, 1967.
7. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач методом наименьших квадратов. М.: Наука, 1986.

ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 330.88

С.Ф. Викулов, доктор
экономических наук, профессор
Е.В. Горгола, доктор
экономических наук, профессор
С.Р. Цырендоржиев, кандидат
военных наук, доцент

ИСТОРИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МЫСЛИ

В статье проведен анализ становления и развития военно-экономической науки. Прослежена закономерная связь масштаба и характера военных угроз и военных конфликтов с военной экономикой, которая должна соответствовать требуемому уровню военно-технического обеспечения обороны страны. Подчёркнута объективная необходимость перехода к научному обоснованию принимаемых решений в условиях существенного изменения характера межгосударственного противоборства с преимущественным использованием различного рода враждебных действий невоенного характера, очерчен круг нерешённых проблем в области развития военно-экономической науки.

Ключевые слова: военно-экономическая наука; методология; военная экономика; война; промышленность; базовые отрасли; продукция двойного назначения; затраты; средства регулирования; мобилизация производственных мощностей; военно-экономическая деятельность; экономическое обеспечение войны; управление; принцип паритета; военно-промышленный комплекс; технологический уровень; экономический кризис; сетецентрическая война; гибридная война; враждебные действия; ресурсное обоснование

Ход и исход войны, победы и поражения государств определяются различными факторами, среди которых решающее значение имеет экономический фактор. Именно экономика государств определяет динамику общественного прогресса, его развитие, как бы сильно не влияли на эти процессы политические и другие факторы. Взаимосвязь войны и экономики относится к фундаментальным положениям военно-экономической науки. Познание законов военной экономики позволяет сформировать

теоретическую основу правильного определения требований как к экономической стратегии, так и к военной доктрине государства. В результате вскрытия и изучения этих закономерностей и связей, в начале 1920-х годов в России на стыке военной и экономических наук сформировалась относительно самостоятельная отрасль научного знания – *военная экономика*, определился ее категориальный аппарат и основные элементы. Учитывая, что уровень развития военной экономики как науки характеризуется степенью разработанности ее теоретических и методологических основ, ученые пытались определить ее объективно-предметную область.

Представление о предмете военной экономики как науки складывалось на протяжении длительного периода времени в результате научных дискуссий и споров. В 1920-е годы были уточнены задачи «экономики войны», определены такие понятия как «военное хозяйство» и «войсковое хозяйство», «военный потенциал», и «военно-экономическая мощь государства», «военное потребление» и «военный спрос». Курс «Экономика войны» преподавался в качестве учебной дисциплины в военных академиях и других учебных заведениях. Основные задачи «экономики войны», которые были сформулированы в 1920-е годы, состояли в том, чтобы понять войну как экономическое явление; построить учение об экономических первоосновах войны, построить прикладную отрасль военно-экономического знания.

В 1930-х гг. в мире, особенно в странах фашистского блока, ставших на путь подготовки новой войны, заметно ускорилось развитие военной экономики. Наибольшего размаха военное производство достигло в гитлеровской Германии, которая заранее отмобилизовала свои экономические ресурсы, накопила большие запасы военной продукции и оказалась экономически наиболее подготовленной к масштабной войне. Мобилизация экономики Германии не происходила, как в 1914 году, в форме кратковременного периода в начале войны, а была растянута на длительное время задолго до ее начала.

В СССР с середины 1930-х гг. публикация военно-экономических работ прекратилась практически полностью на долгие годы. Но, поскольку неизбежность войны с «капиталистическим окружением» не вызывала сомнений, социалистическая экономика СССР формировалась как экономика подготовки к войне. В годы индустриализации была создана про-

мышленность, не разделяемая на гражданскую и военную, способная перейти к выпуску вооружения по единому мобилизационному плану, тесно сопряженному с графиком мобилизационного развертывания армии. При этом советская мобилизационная экономика внешне не выглядела сверхмилитаризованной. В отличие от царской России, которая оснащала армию оружием, производимым преимущественно на специализированных «казенных» заводах, технологически не связанных с находившейся в частной собственности гражданской промышленностью, в СССР армия оснащалась вооружением, производимым на основе американской модели – с использованием технологий двойного назначения. При помощи американских специалистов были построены огромные, самые современные для того времени тракторные и автомобильные заводы, причем производимые на них тракторы и автомобили конструировались таким образом, чтобы их основные узлы и детали можно было использовать при выпуске танков и авиационной техники. Химические заводы и предприятия по выпуску удобрений ориентировались с самого начала на производство, в случае необходимости, взрывчатых и отравляющих веществ. Создав мощную и современную автотракторную промышленность, СССР, начиная с 1932 года и до второй половины 1930-х гг. (начала перевооружения Германии) производил больше танков и самолетов, чем остальные страны мира, вместе взятые. Тем не менее, основные усилия советского руководства в эти годы направлялись все же не на развертывание военного производства и ускоренное переоснащение армии на новую технику, а на развитие базовых отраслей экономики (металлургия, топливная промышленность, электроэнергетика и т.д.), как основы развертывания военного производства в случае войны. По оценке уже ушедшего из жизни члена Совета по внешней оборонной политике России В.В. Шлыкова, тридцать лет прослужившего в советской разведке, в том числе в качестве начальника ее военно-экономического управления, в конце 1930-х гг. в СССР отказались от прежней системы мобилизационной подготовки экономики и перешли к тотальной милитаризации промышленности. На имеющихся гражданских предприятиях достичь предусмотренных третьим пятилетним планом показателей производства оружия было уже невозможно. После начала Великой Отечественной войны это стало важным фактором быстрого наращивания военного производства и подготовило коренной перелом во Второй мировой войне в целом.

Практически с первыми её залпами в Великобритании появляются научные работы, посвящённые проблемам функционирования экономики страны непосредственно в условиях войны, в т.ч. по вопросам об источниках военно-экономической деятельности государства, границах вовлечения экономических ресурсов в военное производство, а также о решающей роли государства в мобилизации национального хозяйства и управлении им в период ведения военных действий. В первую очередь это работы Дж.М. Кейнса «Как оплатить войну» и Р.У. Кларка «Экономическое напряжение войны».

Следующим важным этапом стала Вторая мировая война, которая по своим масштабам и интенсивности, размерам военного потребления экономических ресурсов значительно превосходила Первую. Совокупные военные расходы из бюджетов воюющих государств составили 1 трлн 117 млрд долл. (695 млрд долл. израсходовали страны антигитлеровской коалиции и 422 млрд – Германия с союзниками), что в несколько раз превышает аналогичные затраты в период Первой мировой войны. Существенно выросли и относительные размеры затрат: доля военно-бюджетных издержек в национальном доходе достигла: в США – 43,4%, Великобритании – 55,7%, Германии – 67,8%, Японии – 49,7%, а в СССР – 55%.

Вся экономика этих стран переведена на военные рельсы. По некоторым подсчетам, в 1941-1945 гг. доля военной продукции в промышленности США в среднем составляла 60,6%. Производство вооружения и боевой техники во много раз превышало их выпуск в период Первой мировой войны.

В военном производстве произошли и заметные качественные изменения. Стали выпускаться более сложные и эффективные виды вооружения и боевой техники. Изменилась структура используемых в ходе войны материальных ресурсов. Подавляющая их часть приходилась на вооружение, военную технику, боеприпасы и горючее, в то время как в годы Первой мировой войны в общем объёме материальных ресурсов преобладали продовольствие и фураж.

В воюющих странах, особенно в фашистской Германии, усилилось вмешательство государства в экономику. В странах антигитлеровской коалиции были созданы специальные государственные органы по управлению военной экономикой (в США – Управление военного производства, в

Англии – министерство снабжения). Для расширения военного производства использовались различные прямые и косвенные средства регулирования, мобилизации производственных мощностей, рабочей силы, сырья и других ресурсов. В этих целях широко использовались государственные капиталовложения. Так, в США расширение военного производства происходило, главным образом, за счет государственных инвестиций. Если за 1915–1918 гг. доля государства в общих расходах на строительство военных предприятий составила около 30%, то за 1940-1945 гг. она возросла до 60%.

Во время Второй мировой войны активизировались военно-экономические исследования и в США. В 1942 году в Чикагском университете был издан сборник статей группы профессоров под названием «Экономические проблемы войны и ее последствия». В этой работе анализировались важнейшие уроки прошлых войн в целях наилучшего разрешения экономических проблем войны, ее финансирования и т.д. В последующие годы в США появилось немало других работ, в которых рассматривались различные экономические аспекты Второй мировой войны, в частности, вызвавшие большой интерес общественности и специалистов книги президента Американского социологического общества У.Ф. Огборна и известных экономистов Дж. Мориса Кларка и В.В. Леонтьева.

Крупным вкладом в военно-экономическую практику и теорию стал опыт экономического обеспечения победы советского народа над фашизмом в Великой Отечественной войне, который был обобщён в книге руководившего переводом народного хозяйства на военные рельсы и эвакуацией производительных сил из прифронтовой полосы на Восток председателя Госплана СССР Н.А. Вознесенского. Особенности перестройки экономической жизни, организации военного производства, государственного управления военно-экономической деятельностью и экономического обеспечения войны рассмотрены в работах и других советских авторов, в частности, в многотомных изданиях по истории Великой Отечественной войны Советского Союза и Второй мировой войны, в воспоминаниях военачальников, в работах руководителей экономических ведомств и ученых.

Огромных размеров достигла военная экономика Советского Союза. Еще в последние предвоенные годы она развивалась достаточно высокими темпами, вступали в строй новые танковые, авиационные и другие

предприятия, осваивался серийный выпуск новых видов техники. Начало войны потребовало тотальной мобилизации экономических ресурсов страны. За короткий срок была проведена титаническая работа по перебазируванию производительных сил на восток. Административно-командные методы хозяйствования (при всех известных их недостатках) и массовый героизм советского народа позволили в максимально возможной степени отмобилизовать военно-экономический потенциал и в плановом порядке обеспечить быстрое расширение массового выпуска вооружения и военной техники, выдержать противоборство с фашистским блоком и достичь военно-технического превосходства над ним.

Экономическое обеспечение потребностей фронта стало тяжелейшим бременем для народов СССР. В 1941-1945 гг. только бюджетные затраты на военные нужды составили 582,4 млрд руб. Громадный урон народному хозяйству и населению страны наносили варварские действия немецко-фашистских войск на оккупированной территории.

Теоретические взгляды советских военных экономистов прошли тяжелейшую практическую проверку в годы Второй мировой войны и в послевоенный период. Этот нелегкий опыт обобщен целым рядом авторов: Г. Шигалиным, Я. Чадаевым, Н. Шелепугиным, Р. Белоусовым и т.д. В работах Ф. Аврамчука, С. Бартенева, В. Борисова, Ю. Власевича, А. Гурова, С. Ермакова, В. Королева, П. Соколова, А. Никонова, И. Юдина, К. Спидченко, Р. Фарамазяна и др., в трудах которых отражены методологические основы экономического обеспечения обороны страны в условиях противостояния двух экономических систем. Военно-экономическая мысль получила дальнейшее развитие во второй половине XX века. В 1950-е – 1970-е годы в результате нескольких научных дискуссий достаточно четко определился предмет военной экономики как науки, ее основные задачи в сложившихся условиях.

Можно спорить о том, кто же первым начал холодную войну: СССР или Запад. Однако очевидно, что с таким соотношением сил и потерь в прошедшей войне Советский Союз, в отличие от Запада, длительное глобальное противостояние позволить себе не мог. Тем не менее, советская доктрина эпохи холодной войны была основана на принципе паритета: на любой шаг Запада (прежде всего, США) должен был следовать равноценный ответ. Любой элемент вооруженных сил США и НАТО должен был быть уравновешен симметричным элементом с нашей стороны.

Поскольку стратегическая инициатива почти все время была на стороне Запада, мы оказывались в роли догоняющих. На языке пропаганды тех лет это все называлось «гонкой вооружений, развязанной агрессивными империалистическими кругами».

Конечно, были с нашей стороны и асимметричные ответы (например, развитие ПВО), и действия на опережение (ракетно-космический проект 50-х годов), и удачное противостояние в Корее, во Вьетнаме через оказываемую помощь народно-освободительным силам. Но чаще всего руководство Советского Союза действовало «в лоб», особо не просчитывая необходимость. Руководство СССР стремилось к глобальному присутствию, чтобы уравновесить США, появляются чрезвычайно затратные и неподъемные для экономики того периода проекты экспедиции на Луну, Энергия-Буран и др., которые в итоге были бесславно свернуты.

Всю послевоенную эпоху Советские Вооруженные Силы готовились к войне на континентальном европейском театре военных действий: создавались эшелонированные оборонительно-наступательные группировки войск (сил), танковые заводы, авангардные ракетные базы и так далее. За годы Холодной войны наша промышленность построила десятки тысяч танков, артиллерийских орудий и РСЗО, тысячи самолетов, произвела тысячи и тысячи тонн боеприпасов. Это оружие никогда не воевало, многие единицы не участвовали даже в учениях, однако год за годом советская страна работала на их разработку, производство, обслуживание, хранение и утилизацию.

В 1960-70-х гг. много внимания уделялось разработке методологических основ философии в познании и развитии военного дела, его экономического обеспечения. Усилия военных ученых направлялись на глубокое раскрытие методологического значения философии для развития военной науки, повышения эффективности военно-научных исследований.

Особняком стоят труды Е.Э. Месснера – выпускника Императорской и преподавателя зарубежной Академии, который был ярким противником советского строя, но настоящим русским патриотом. И это именно он почти полвека назад в своей тетралогии под общим названием «Проблемы войны и мира» сумел предсказать характер войн к концу XX века, размах и нарастающую угрозу международного терроризма, обосновать неготовность государственных силовых структур противостоять этой угрозе.

(Месснер Е.Э. «Лик современной войны» (1959 г.), «Мятеж – имя Третьей Всемирной» (1960 г.), «Современные офицеры» (1961 г.), «Всемирная Мятежевойна» (1971 г.). Именно в его трудах была сформулирована и «озвучена» идея «борьбы мятежом». Сегодня – это технологии «мягкой» силы, «цветных» революций, «арабской» весны, доведенные до совершенства западными идеологами. К сожалению, труды Е.Э. Месснера остались известными в основном узкому кругу военных специалистов, занимающихся вопросами геополитики и стратегии.

В эти годы советские военные базы имелись во всех частях света, кроме Австралии. При этом как таковой стратегической необходимости в большинстве из них не было: СССР никогда не зависел от поставок из третьих стран, поэтому нам не нужно было охранять торговые пути. Радиолокационные станции были важны в 1960-х, однако по мере развития космических средств наблюдения необходимость в них отпала.

Для обеспечения глобального присутствия Советский Союз активно поддерживал режимы третьих стран. В отличие от циничного Запада (США с помощью послевоенного плана Маршалла поставили в финансовую зависимость даже своих европейских союзников, не говоря уже о развивающихся странах), мы никогда не вели колониальную политику. Наоборот, наша страна всегда гораздо больше отдавала, чем получала. Отдавала советским республикам – даже по советской статистике все они (кроме России и Белоруссии) были в той или иной степени дотационными; отдавала странам Варшавского договора (мы не только помогли им восстановиться после войны, но и всю вторую половину прошлого века снабжали энергоносителями по внутренним ценам); и, уж конечно, отдавала режимам третьих стран в форме товарных кредитов и прямой материально-технической помощи.

К моменту распада СССР третьи страны остались нам должны 176 млрд тогдашних долларов, или 300-350 млрд нынешних. По разным подсчетам, эта сумма покрывает от четверти до трети прямой и косвенной помощи, которую СССР оказал зарубежным правительствам. Такой подход полезен для политики, но вреден для экономики. Где Запад наживался, там мы тратились. Где Соединённые Штаты выстраивали невидимую, но прочную сеть глобального финансового влияния – мы, по существу, просто платили за лояльность.

После Второй мировой военно-промышленный комплекс и у нас, и в США стал двигателем прогресса: самые передовые разработки науки и техники создавались в оборонной сфере. Однако западная государственно-частная система намного успешнее позволила конвертировать военные разработки и выпустить их на рынок. У нас таких примеров немного: АЭС как побочный продукт оружейного атома, реактивная авиация, прикладной орбитальный космос (частично). В целом же продукты военных технологий у нас оставались под грифом «секретно», а это значит, что они не могли служить людям, не могли себя окупать и не могли шлифоваться в массовом гражданском производстве.

На Западе же, и, в первую очередь, в США почти каждое военное ноу-хау в том или ином виде вышло на рынок. Тефлон и гелевые ручки, интернет и мобильная связь, микроволны и микропроцессоры – примеров сотни. У многих из этих разработок были, во-первых, советские корни, а во-вторых, засекреченные аналоги.

Советская армия была самой многочисленной в мире: почти 4 млн человек (1988 г.) против 2,3 млн у США. Расходы на оборону с учетом паритета покупательной способности между СССР и США оцениваются примерно одинаково: порядка 300 млрд долл. в 1988 году, однако в силу меньшего объема экономики их доля в нашем ВВП выходила вдвое больше, чем у Штатов: 13% против 6,5% в том же 1988 году. Такое соотношение сохранялось всю послевоенную эпоху, оно позволило Америке участвовать в гонке вооружений и параллельно развивать мирную жизнь. Как следствие, доходы на душу населения и общий уровень жизни в США рос значительно быстрее, чем у нас.

Эффективность оборонных затрат тоже часто оставляла желать лучшего. Советская (а позже и российская) военная доктрина была основана на массовой мобилизации и обязательной службе по призыву. Такой подход оправдывает себя при высокой рождаемости и росте населения, но в демографических условиях 1970-х – 80-х годов, когда индекс естественного прироста упал ниже 10, он приводил к изъятию из экономики большого количества молодых рабочих рук, не говоря уже о том, что военная техника все усложнялась, и срока службы по призыву не хватало, чтобы толком ее освоить. В США призыв на воинскую службу был отменен еще в 1970 году, армия с тех пор остается полностью контрактной.

Более низкий советский технологический уровень также приводил к неэффективным тратам: например, американские спутники фоторазведки еще в 1960-е годы оснащались капсулами для пленки, которые они спускали на Землю по мере съемки. Сам же спутник мог работать на орбите месяцами. У нас подобные системы получили распространение только к концу 1980-х, а самым массовым спутником видовой разведки был «Зенит» с одним зарядом пленки. После выхода на орбиту он делал несколько витков, отрабатывал программу и садился. Для постоянной актуализации космических снимков и штабных карт «Зениты» запускали по расписанию – раз в неделю или около того. Таких примеров множество, и, хотя более технологичная армия совершенно не обязательно лучше воюет, но однозначно потребляет меньше сил и средств.

Мобилизационная психология проникала в мирную советскую жизнь повсеместно: в каждом вузе была военная кафедра, каждый подземный гараж мог герметизироваться и работать бомбоубежищем, каждый пассажирский вагон был достаточно прочным и тяжелым, чтобы его можно было прицеплять к тяжелым эшелонам. Даже пассажирский лайнер Ил-86 проектировался так, чтобы его можно было быстро конвертировать для перевозки войск на двух палубах. Все это требовало драгоценных ресурсов, и все это оказалось в итоге напрасно.

Глобальное присутствие требовало от Советского Союза серьезных затрат и субсидий, которые из-за щедрой модели взаимоотношений с сателлитами не компенсировались даже косвенным образом. Удельные расходы на оборону у нас были вдвое выше, чем у США, и в пять-шесть раз выше, чем у стран Западной Европы. Кроме того, эти расходы часто были неэффективными, а особенности экономического устройства СССР не позволяли массово внедрять военные технологии и разработки в мирную жизнь и зарабатывать на них, а учитывая более слабый, чем у соперников потенциал, это привело к перенапряжению сил и средств. Наболевшие системные реформы постоянно откладывались. Чтобы их провести, требовались ресурсы, которые, в первую очередь, шли на противостояние с Западом. Ни руководство, ни страна в целом ни на минуту не могла расслабиться и заняться накопившимися проблемами. Вместо следования долгосрочной стратегии развития, предпочтение год за годом отдавалось сиюминутным решениям, дающим возможность продолжать борьбу здесь и сейчас.

К середине 1980-х страна была истощена холодной войной и десятилетиями неэффективного руководства. Спровоцированный Западом неглубинный, на первый взгляд, экономический кризис, вызвал цепную реакцию и привел к внутренним конфликтам, фактически, к революции, и распаду СССР, а авантюрные попытки в кратчайшие сроки перейти к рыночным отношениям в 1990-е годы загнали страну в глубочайший системный кризис.

Теперь же, когда с великим трудом экономика становится близкой к восстановлению, а военный потенциал позволяет вернуть России статус самостоятельной мировой державы, военно-политическая обстановка в мире резко обострилась – возвращение геополитического конкурента на мировую арену в планы коллективного Запада, и, в первую очередь, США, явно не входило.

В это время складываются политические, социальные, экономические, социально-психологические и военно-политические предпосылки появления новых концепций и стратегий не только своеобразного ведения боевых действий, но и достижения военных целей, не применяя военную силу вовсе: сетецентрических и сетевых войн. Сетецентричные боевые действия (Net-Centric Warfare) – это сугубо военная концепция, прошедшая длительный путь от интеллектуальных разработок и мозговых штурмов через эксперименты и симуляции к практическим действиям, повлиявшим на изменение инфраструктуры Пентагона, а также военную стратегию США. Она во многом стала возможной благодаря информационной эпохе и информационным технологиям. А сетевая война (Netwar), хотя в числе новаторов по ее изучению также были многие военные эксперты и аналитики США – это более широкий феномен, который также связан с императивами информационной эры, постмодерна и глобализации. Но в данном случае это инструмент действий для самых широких слоев населения, в чем убедили многочисленные события последних лет, хотя техники и тактики сетевой войны могут вполне применяться и военными, и политическим сообществом. То есть – *сетецентрическая война* – это военно-техническая революция сверху, в то время как *сетевая война* – это, скорее, социально-политические инновации снизу, применяемые как для достижения своих целей определенными группами, так и направленные на широкую демократизацию общества, и вместе с политической борьбой подразумевают контроль обществом властных структур

и вовлечение в принятие решений (имеются в виду различные проекты «электронной демократии», связанные с новыми информационными возможностями).

В современных условиях ущерб, наносимый Российской Федерации враждебными действиями, их согласованный, системный характер дают повод говорить о возникновении качественно нового этапа межгосударственного противоборства. Сторонники такой точки зрения утверждают о существовании некоторых особенностей этого этапа противоборства. Они связаны, в частности, с тем, что этот этап имеет размытые границы начала и окончания применения враждебных мер и по своему содержанию не может быть отнесен ни к военному, ни к мирному времени. В начале XXI века такой способ разрешения межгосударственных противоречий получил за рубежом своё окончательное оформление, как «гибридная война». Гибридная война в США включена в классификацию военных конфликтов, где кроме неё присутствуют межгосударственные конфликты и конфликты с участием негосударственных формирований. Судя по опыту таких «гибридных войн», в ходе этого вида конфликтов вовсе не исключается проведение мероприятий с применением военной силы. Но если конвенциональные вооружённые формирования применяются преимущественно в форме демонстрационных действий, служат в качестве опоры для других силовых и несиловых враждебных действий, то различного рода нерегулярные вооружённые формирования, в том числе террористические организации, стоящие на содержании одной из конфликтующих сторон, могут вести реальные боевые действия присущими им способами.

В настоящее время существенное возрастание количества и разновидностей враждебных действий со стороны США и других стран Запада по отношению к России, а главное, – увеличение ущерба экономике, различным сферам научной и культурной деятельности государства и общества позволяет пересмотреть устоявшуюся систему взглядов на межгосударственное противоборство. На рисунке 1 проиллюстрированы основные положения современного подхода к оценке межгосударственного противоборства и его отличия от прежнего.

Как известно, согласно существующей теории, военный конфликт традиционно включает в себя начальный период, последующий период (периоды) и завершающий период. Военному конфликту предшествует

период нарастания военной угрозы. Последний период относится к международной и военно-политической обстановке мирного времени в её кризисной и конфликтной фазах.

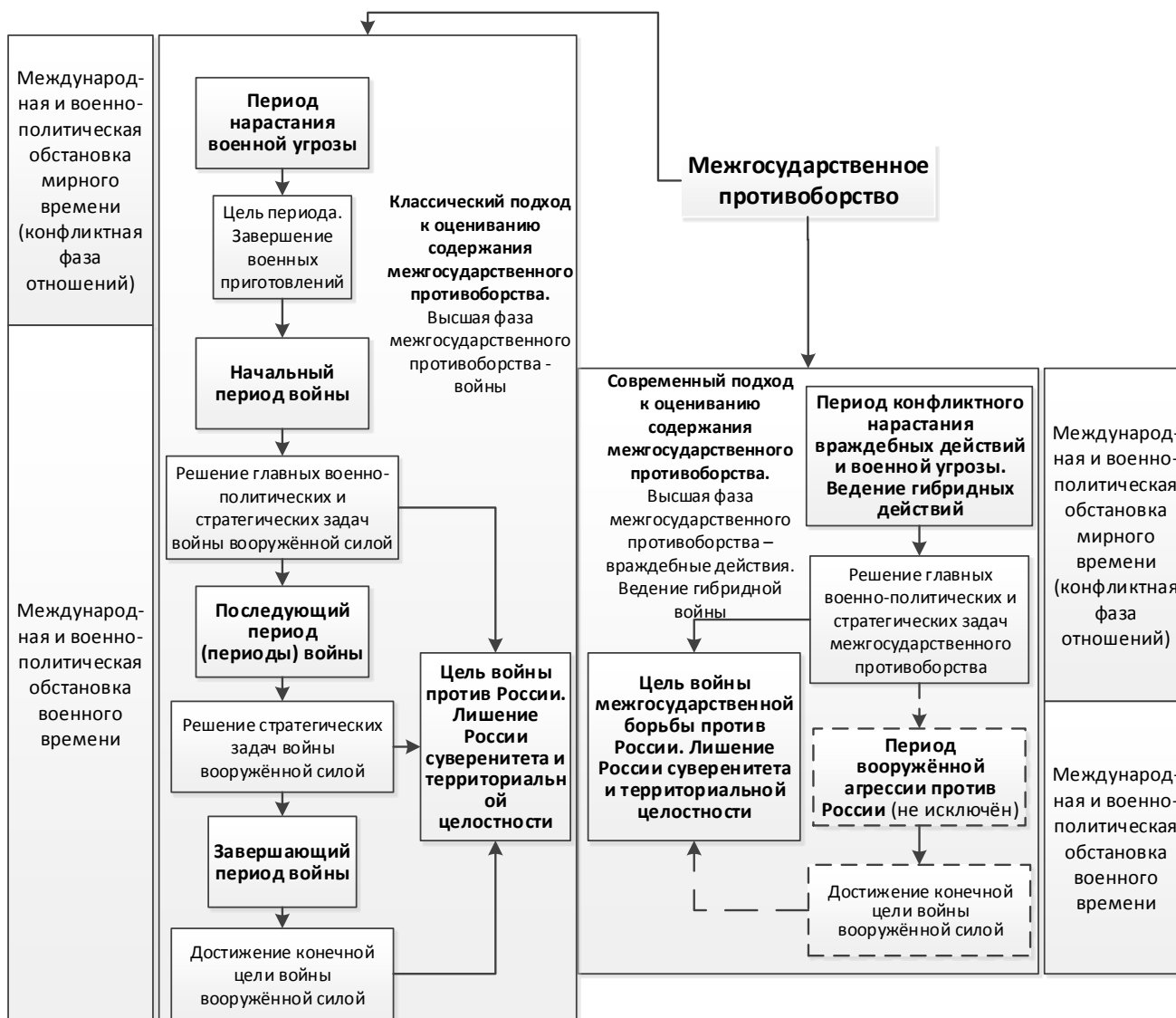


Рисунок 1 – Развитие содержания межгосударственного противоборства

Как показывает опыт взаимоотношений США и стран Запада с государствами Ближнего и Среднего Востока, северной Африки (Ирак, Ливия, Сирия, Турция, Афганистан), Латинской Америки (Венесуэла), Европы (Грузия, Югославия, Украина), смена политического курса этих стран (а в отдельных случаях и ликвидация государства-жертвы), как цель, которую

преследовали в этих отношениях США, была достигнута в большинстве случаев без применения регулярных соединений и частей ВС США и других стран НАТО. Они были применены на территории отдельных стран на завершающем этапе разыгрываемого там политического сценария. Не всегда эти сценарии были успешны. Так, американский замысел не сработал в Сирии, не достиг всех поставленных целей в Афганистане, весьма драматические события происходят в Венесуэле. Но в большинстве случаев в качестве силовой компоненты, обеспечивающей достижение деструктивных политических целей, использовались различного рода иррегулярные воинские формирования.

Таким образом, в настоящее время высшей фазой межгосударственного противоборства становится применение враждебных действий и гибридной войны, как крайне агрессивного способа разрешения обострившихся противоречий. То есть стала очевидной возможность достижения целей межгосударственного противоборства в условиях международной и военно-политической обстановки мирного времени, в фазе активного нарастания враждебных действий и без перехода к военным действиям. Хотя, разумеется, нельзя исключить применение сил и средств вооружённой борьбы для окончательного закрепления достигнутых результатов враждебных действий. При этом наиболее вероятным является сценарий, в котором противник может развязать вооружённую агрессию боеготовыми группировками войск (сил) при поддержке антиправительственных НВФ. Вооружённая агрессия против России может быть развязана только при условии, когда противник будет уверен в успехе, когда боевые действия его войск будут вестись с минимальными потерями и применение Россией стратегических сил сдерживания будет исключено. Это может быть достигнуто лишь в результате дезорганизации государственного и военного управления и упадка морального облика личного состава Вооружённых Сил РФ и значительного числа населения страны.

В современных условиях и в перспективе следует ожидать, что противник, стремясь достигнуть своих геополитических целей в период конфликтного нарастания враждебных действий и применения методов гибридной войны будет предпринимать против России разнообразные силовые и несиловые, невоенные враждебные действия, объединённые общим замыслом и предусматривающие использование нерегулярных сил

вооружённой борьбы. Нужно ещё раз подчеркнуть, что ключевой особенностью межгосударственного противоборства с Россией является наличие у нашей страны мощного ресурсного и военного потенциалов, и, соответственно, потенциала стратегического сдерживания. В связи с этим важнейшей военно-политической и стратегической задачей противника в период конфликтного нарастания враждебных действий будет снижение российского военно-экономического потенциала и собственно, военного потенциала, в первую очередь, потенциала стратегического ядерного сдерживания до уровня, при котором возможностями стратегических ядерных сил сдерживания можно будет пренебречь.

В итоге необходимо констатировать существование тенденции изменения самой парадигмы ведения войны и достижения военно-политических целей. При развитии этой тенденции будет логичным считать устаревшими традиционные представления о военных действиях, как о совокупности стратегических операций, боевых действий. В соответствии с прежними взглядами считалось, что основным содержанием военных действий является вооружённое противоборство, когда противники непосредственно осуществляли огневое поражение друг друга, а победа доставалась тому, у кого вооружение и техника были более совершенны, кто лучше обучен и у кого более стоек личный состав, или тому, у кого имелся достаточный численный перевес, (при этом сама победа измерялась количеством потерь с той или иной стороны и установлением военного контроля над захваченной территорией). В новой концепции войн боевого соприкосновения сил противоборствующих сторон может и не быть. Вооружённое противоборство может проявиться лишь в форме отдельных точечных ударов и ограниченных по масштабу операций сил специального назначения, тем не менее цели войны будут достигнуты. В возможной будущей концепции войн уже нет необходимости в содержании массовых армий, даже, по сути, нет необходимости в оружии массового поражения. И стратегия, и тактика, и обеспечение – все будет другим. В новых условиях меняется и облик военной экономики. Можно предположить, что в будущем она станет более компактной и более эффективной, менее обременительной для национальной экономики в целом.

Условием реализации такой концепции ведения военных конфликтов против России является наличие у противника способности дезорганизовать государственное и военное управление Вооружёнными Силами

и, прежде всего, стратегическими силами сдерживания за счёт массированного применения сил и средств информационно-психологического воздействия (так называемого ментального оружия) на оперативный состав органов управления, население, а на завершающем этапе информационной кампании (операции) и кибероружия.

Пока необходимость в военной силе как инструменте обеспечения военной безопасности будет сохраняться, сохранится и потребность в соответствующей военно-экономической базе, однако, пути и методы военно-экономического обеспечения военной силы, как и способы ответа на возникающие угрозы на современном этапе будут значительно отличаться от классических сценариев ведения войн и военных конфликтов. Фактически это будет означать, что наступает новый этап развития военного искусства и военной экономики.

Правда, развитие событий на юге Украины, в Сирии показывает, что, при пока еще существующем сдерживающем факторе массированного применения ядерного оружия, существует вероятность и возможность использования крупных войсковых объединений и соединений в региональных вооруженных конфликтах, что, безусловно, еще более повышает требования к уровню управления ресурсным обеспечением войск и сил флота в современных условиях.

Поэтому в создавшейся обстановке нельзя допускать прежних политических и военно-стратегических ошибок 1990-х – начала 2000-х гг., но, прежде всего, просчетов в управлении оборонными ресурсами.

Однако, до сих пор не существует ни четкой методологии, ни методической базы для точной оценки, во-первых, ресурсов (по отдельности или в совокупности), которые могут быть использованы в военных целях; во-вторых, определения достоверных размеров военно-экономического потенциала в целом; в-третьих, расчетов необходимых ресурсов для формирования потребного облика военной организации государства.

В практике обоснования ресурсного обеспечения Вооруженных Сил за всю их историю использовались все возможные подходы, кроме, собственно, научного. При этом возникали не только необоснованные перекосы в финансировании армии и флота, видов и родов войск, но и нарушения пропорций развития сфер и отраслей народного хозяйства, а создающиеся вслед за этим подсистемы управления, их функции, с учетом происходящих деформаций, где-то начинали дублировать друг друга, а

где-то, наоборот, утрачивался контроль, нарушалась управляемость. Действия их начинают противоречить установленным иерархиям, а нормативно-правовое регулирование вело не к улучшению взаимодействия, а к усложнению бюрократических отношений. В результате выстроенная «по науке» стройная, жестко централизованная система управления оборонным строительством все больше приобретала черты забюрократизированного неповоротливого механизма, где определяющим по-прежнему оставался субъективный фактор. Но вместо мер по повышению эффективности военно-хозяйственного механизма, согласно рекомендациям военных экономистов, начался фактически его демонтаж.

В тяжелейший для истории России период псевдорыночной трансформации 1990-х – 2000-х гг. тогдашние руководители страны сочли возможным допустить к управлению реальными военно-экономическими процессами откровенных дилетантов: так называемых экономистов-рыночников, налоговиков, коммерсантов, финансистов, бухгалтеров без специального глубокого военно-экономического образования. Они-то и свели практически к нулю оборонный потенциал нашей страны, уничтожили, имевшиеся в то время военно-экономические научные школы. В те годы была ликвидирована полностью система подготовки кадров военно-финансового и военно-экономического профиля (т.е. уничтожена специальность военного экономиста-финансиста); вместо военных должностей по ряду специальностей во многих структурах, в органах управления, в т.ч. в аппарате МО РФ, а также в военных вузах, введены гражданские должности, где оказались люди далекие от профессионального понимания реальных военно-экономических процессов; в Минобороны не оказалось ни одного НИИ военно-экономического профиля, хотя на оборону и безопасность расходуется до трети федерального бюджета; в стране отсутствует подготовка профильных специалистов для службы в военных НИИ («научные роты» не решают эту проблему, т.к. не дают соответствующего образования), а имевшиеся кафедры военно-экономического профиля реформированы в сторону усиления военно-технического направления; в итоге серьезными военно-экономическими исследованиями у нас занимаются в подавляющем большинстве гражданские специалисты (в основном ученые высшей квалификации – военные пенсионеры) в почтенном возрасте, полноценной замены которым практически нет; нет и

курсов (кроме военных представительств) по военно-экономической подготовке и переподготовке работников аппарата МО РФ (ранее на военно-финансовом факультете Финансового университета было до 20 различных курсов; даже в нынешнем составе ВАК не осталось ни одного специалиста по военной экономике).

Таким образом, недооценка многих теоретических положений и выводов военно-экономической науки, рекомендаций специалистов и привела к совершению массы системных ошибок и принятию непродуманных решений. Достаточно указать лишь один результат таких действий – катастрофическое состояние отечественного ОПК, а заодно и Вооружённых Сил России.

По прошествии периода тяжёлых ошибок в развитии нашей страны и обеспечении её национальной и военной безопасности стало очевидной объективная необходимость возрождения и существенного наращивания научного потенциала военно-экономической науки, без которой действительный рост военной экономики невозможен. Восстановление действительной роли военно-экономической науки, на теоретических положениях которой формируется и развивается методология научного управления военно-экономической деятельностью государства, её реального места в системе самостоятельных экономических и военных дисциплин, становление особой специальности в системе подготовки квалифицированных кадров военных экономистов-практиков и исследователей, потребовали огромных усилий. Практически они были направлены непосредственно на возрождение управляемости и эффективности «обороны», качественного финансово-экономического обеспечения войск, а также на повышение престижа воинской службы. На всё это ушло более десяти лет и потребовало огромных интеллектуальных и материальных затрат. Однако, этот процесс идет небыстро, по-прежнему встречая сопротивление как в ряде ФОИВ (например, в Минфине), так и в некоторых ОВУ.

Во многом поэтому явно отстает разработка наиболее актуальных и жизненно – важных военно-экономических проблем. Так, при планировании МО и ФОИВ (несмотря на требования 172-ФЗ 2014 года¹) используют

¹ Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ.

совершенно различные системы исходных данных, разные значения факторов и сценарных условий. Поэтому вопросам синхронизации стратегического планирования, согласования военно-политических условий и сценариев прогнозирования следует уделять самое серьезное внимание, поскольку эта установка в значительной степени влияет на результаты прогнозирования: при наличии возможности многовариантного прогнозирования возникают предпосылки для выбора улучшенного сочетания финансирования военной организации и темпов экономического развития, то есть сочетания роста ВВП и уровня военной безопасности. Также безусловно актуальной является проблематика повышения эффективности функционирования отечественного ОПК, оптимизации ценообразования на продукцию военного назначения, диверсификации производства в свете решений о кардинальном увеличении доли гражданской продукции.

Таким образом, самый широкий спектр нерешенных вопросов в военно-экономической сфере представляется важнейшим объектом для дальнейших исследований как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Безусловно, должна меняться, развиваться, совершенствоваться и методология, и научно-методический аппарат военно-экономической теории. Поэтому так своевременны исследования наиболее острых военно-экономических и экономических аспектов военно-политических проблем в работах Н. Абросимова, В. Буренка, Г. Лавринова, Р. Фарамазяна, Б. Кузика, В. Воробьева, Е. Хрусталева, В. Хорева, Л. Панковой, А. Подберезкина и др., посвященных важнейшим аспектам обеспечения национальной безопасности страны в новых условиях. Также актуальны разработки А. Буравлева, В. Буренка, А. Косенко, И. Карпачева, Г. Лавринова, А. Московского, А. Подольского, В. Гладышевского, А. Стифеева и др. по конкретным вопросам управления ресурсно-экономическим обеспечением оснащения ВС РФ современными ВВТ, другим вопросам реализации военно-технической политики.

Очевидно, что углубление знаний законов и закономерностей военной экономики, изучение исторического опыта, особенностей экономического обеспечения современных войн, военных конфликтов и операций, должно помочь формированию у исследователей военно-экономических процессов, специалистов военно-финансовой службы, ОВУ, преподава-

телей военно-экономических дисциплин, действительно научного представления о методологических аспектах военно-экономической науки, ее теоретических основах и практической деятельности в области всестороннего экономического обеспечения строительства Вооруженных Сил государства для укрепления обороны и национальной безопасности страны.

Список использованных источников

1. Воробьев В.В. Финансово-экономическое обеспечение обороны России: проблемы и пути решения. СПб.: Государственный университет экономики и финансов, 2003.
2. Воробьев В.В., Пожаров А.И. Актуальные вопросы военно-финансовой политики России // Военная Мысль. 2005. № 8.
3. Военно-экономическая безопасность / Под ред. А.И. Пожарова. М.: ВФЭУ, 2004.
4. Викулов С.Ф., Довгий В.И. Перспективные направления совершенствования формирования и исполнения государственного оборонного заказа в Российской Федерации. М.: РАН, ИМЭПИ, 2003.
5. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Хрусталева Е.Ю. Механизм управления производством продукции военного назначения. М.: Наука, 2006.
6. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. М.: Издательский дом «Граница», 2005.
7. Кузык Б.Н. Оборонно-промышленный комплекс России: прорыв в XXI век. М.: Рус. биогр. ин-т, 1999. 271 с.
8. Лавринов Г.А. Военно-экономическое обеспечение реализации планов развития вооружения и военной техники: монография. М.: ЦВНИ МО РФ, 2002.
9. Фармазян Р.А., Борисов В.В. Трансформация военной экономики: XX – начало XXI века. М.: Наука, 2006. 341 с.
10. Абросимов Н.В., Пожаров А.И. Концептуальные проблемы обеспечения национальной безопасности. Вопросы теории и практики государственного военного строительства // Национальная безопасность. 2014. № 3.
11. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 454 с.
12. Хорев В.П., Горева О.Е. Сущность и место финансово-экономического обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации в системе оборонной безопасности // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 31(220).
13. Военная экономика: учебник / Под общ. ред. С.Ф. Викулова. Минск: ВА РБ, 2018. 459 с.
14. Буренок В.М., Горгола Е.В., Викулов С.Ф. Национальная безопасность России в эпоху сетевых войн: монография / Под общ. ред. В.М. Буренка. М.: Издательская группа «Граница», 2015. 192 с.
15. Партикулярные формы военных действий. Невоенное противоборство в XXI веке: монография / Горгола Е.В. [и др.]; под ред. С.Ф. Викулова. М.: АПВЭиФ, Изд-во «Канцлер», 2019. 362 с.

16. Гладышевский В.Л., Горгола Е.В., Стратегическое управление ресурсным обеспечением Вооруженных Сил в условиях нарастания военной угрозы и использования Западом невоенных методов силового давления: монография. 2-е изд., доп. М.: АПВЭиФ, Изд-во «Канцлер», 2017.
17. Гладышевский В.Л., Горгола Е.В., Звягинцев С.А. Военно-экономическая теория XXI века: монография. Кн. 1. М.: АПВЭиФ, Изд-во «Канцлер», 2018.
18. Военно-экономическая теория XXI века: монография. Кн. 2. Ч. 1 / Горгола Е.В. [и др.]. М.: АПВЭиФ, Изд-во «Канцлер», 2019.
19. Концепция обоснования перспективного облика силовых компонентов военной организации РФ: монография / Под ред. В.М. Буренка. М.: АПВЭиФ, Издательский дом «Граница», 2018. 512 с.
20. Лавринов Г.А., Карпачев И.А. Методологические аспекты обоснования и реализации военно-технической политики // Вооружение и экономика. 2019. № 1.
21. Буренок В.М., Косенко А.А., Лавринов Г.А. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Издательский дом «Граница», 2007. 496 с.
22. Московский А.М. Военно-техническая политика государства: современный этап и тенденции развития. М.: Военный парад, 2006.
22. Лавринов Г.А., Козин М.Н. Управление рисками в системе государственного оборонного заказа: монография. Саратов: Наука, 2010. 255 с.
23. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Ценообразование на продукцию военного назначения: от затратной к ценностной концепции // Вооружение и экономика. 2012. № 1(17).
24. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. К вопросу о военно-экономической эффективности использования финансовых ресурсов при планировании создания продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2012. № 2(18).
25. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности применения высокоточного оружия. М.: ИД акад. Жуковского, 2018. 231 с.
26. Панкова Л.В. Военная экономика, инновации, безопасность. М.: ИМЭМО РАН, 2016. 149 с.
27. Панкова Л. В. Военно-экономическое развитие и безопасность. М.: Весь мир, 2020. 440 с.
28. Стифеев А.Л. К вопросу о направлениях совершенствования механизма программно-целевого планирования развития российского оборонно-промышленного комплекса на современном этапе // Инновации. 2013. № 8.
29. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники: монография. М.: Граница, 2015.
30. Методы военно-научных исследований систем вооружения: военно-научный труд / Буравлев А.И. [и др.]; под общ. ред. В.М. Буренка. М.: Граница, 2017. 511 с.
31. Подберезкин А.И. Современная военная политика России. В 2-х т. М.: МГИМО, 2014.
32. Подберезкин А.И. Политика стратегического сдерживания России в XXI веке. М.: МГИМО, 2019.

УДК 519.87

А.И. Буравлев, доктор технических наук, профессор

О ЗАДАЧАХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА

В статье проводится анализ методических подходов к решению многокритериальных задач, использующих различные свертки частных критериев и специальные процедуры построения парето-оптимальных решений. Необходимость решения многокритериальных задач во многом зависит от искусства выбора целевой функции (критерия), отражающей цель решения задачи и связанных с ней фазовых переменных, влияющих на достижение данной цели. Именно включение фазовых переменных в число критериев и приводит к возникновению многокритериальных задач. Такой пример рассмотрен в данной статье, где показано, что адекватный и корректный выбор целевого критерия и соответствующих фазовых переменных исключает необходимость решения многокритериальной задачи.

Ключевые слова: целевая функция (критерий), фазовые переменные, многокритериальная задача, парето-оптимальное решение, мощность критерия.

В задачах принятия решений часто возникает ситуация, когда лицо, принимающее решение (ЛПР), вынуждено оперировать не одним, а несколькими критериями. При этом под критерием понимается правило (процедура, алгоритм) выбора некоторой альтернативы из множества возможных альтернатив [1; 2]. Данное правило формируется с использованием одной или нескольких целевых функций, которые отражают цель данного выбора. Целевые функции представляют собой, как правило, числовые функции, заданные на множестве признаков или параметров, отражающих определенные свойства и ценностные характеристики исходного множества альтернатив. При этом как параметры, так и целевые функции могут быть определены в разных шкалах измерения (номинальных, порядковых, метрических). В результате чего перед ЛПР возникает трудная задача сравнения альтернатив и выбора наиболее предпочтительной из них по нескольким критериям. В современной теории принятия

решений разработаны эффективные методы решения подобных задач [3-6]. Вместе с тем, часто формальное применение этих методов приводит к неудовлетворительным решениям, несмотря на использование сложных процедур многокритериального выбора. Анализ такой задачи проводится в данной статье.

Прежде чем перейти к ее анализу, обратимся к точке зрения известного ученого и специалиста в области исследования операций Ю.Б. Гермейера относительно общих принципов формирования критериев в операциях. В своей книге [1] под операцией он понимает «совокупность действий, направленных на достижение некоторой цели. ...Пока не задана цель, не существует и операции. ...Ход операции должен описываться некоторым количеством фазовых координат. Для достижения цели оперирующая сторона имеет в своем распоряжении некоторый запас активных средств (ресурсов), используя которые она может добиваться цели. Степень соответствия хода операции поставленной цели характеризуется значением функционала, именуемого критерием эффективности. Критерий эффективности, как и цель в операции, единственен... Незнание или недостаточно точное знание критерия эффективности есть прямое следствие недостаточно четкого понимания цели операции или недостаточной изученности ее протекания. Это незнание может лишить какого-то ни было смысла исследования операции и само ее проведение».

Из этих положений следует, что любое целенаправленное действие или операция характеризуется тремя ключевыми признаками: совокупностью фазовых координат или параметров, характеризующих состояние и ход операции; совокупностью активных средств (ресурсов), необходимых для осуществления операции; целевой функцией (критерия эффективности), связанной с параметрами операции и характеризующей степень соответствия поставленной цели. В ходе операции ЛПР осуществляет выбор тех или иных активных средств из множества ему доступных для достижения поставленной цели, т.е. осуществляет управление операцией.

Во многих последующих работах по исследованию операций и теории принятия решений приводятся задачи, в которых возможны несколько целей операции и, соответственно, критериев эффективности. Несмотря на то, что Ю.Б. Гермейер относит такие операции к не полностью определенным, тем не менее, их рассмотрение с позиции теории и практики ак-

туально. В настоящее время существует два похода к решению многокритериальных задач. Первый из них использует различные свертки частных критериев (целевых функций) в некоторый обобщенный для рассматриваемой операции критерий [1; 2]. Второй подход использует построение в пространстве частных критериев подмножества парето-оптимальных или несравнимых между собой альтернатив с последующим заданием на нем некоторого нового критерия, в том числе и использованием свертки [3-7].

В цитируемой работе Ю.Б. Гермейера [1] приводится доказанная им теорема о полноте свертки системы частных критериев в обобщенный критерий путем их логического объединения, суммирования с весовыми коэффициентами и разбиения на достижимые и не достижимые критерии в данной операции. Такое представление может быть выполнено для равномерно непрерывных целевых функций, заданных на ограниченном параллелепипеде с любой заданной точностью. Как отмечает Ю.Б. Гермейер, многокритериальная задача часто возникает, когда исследователь в качестве целевых показателей операции включает фазовые координаты, а также активные средства (например, материальные ресурсы, время операции), что, конечно же, является некорректным. Ниже рассматривается пример многокритериальной задачи, в которой фазовые координаты процесса приняты в качестве целевой функции и критерия выбора [8].

Эта задача имеет следующую постановку. Известна успеваемость группы студентов из семи человек по четырем предметам. Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценки студентов

Учебные предметы Студенты	А	Б	В	Г	Сумма баллов
S ₁	3	5	5	4	17
S ₂	4	4	4	5	17
S ₃	5	4	3	5	17
S ₄	3	5	3	5	16
S ₅	4	2	4	5	15
S ₆	3	5	3	5	16
S ₇	5	3	4	3	15

Требуется определить лучшего студента по успеваемости.

В работе [8] предлагается рассматривать оценки по предметам в качестве критериев, хотя они, по сути, являются фазовыми координатами процесса обучения студентов. Выбор лучшего студента предлагается осуществлять в результате попарного сравнения векторов оценок на основе следующего предпочтения (критерия сравнения): *если один из студентов имеет по каждому предмету удовлетворительные оценки не ниже, чем другой, и при этом хотя бы по одному предмету у него оценка выше, чем у другого, то следует считать, что его успеваемость выше.*

Математически этот критерий выбора можно записать следующим образом.

Пусть $X_i = \{x_i^A, x_i^B, x_i^B, x_i^Г\}$ – набор оценок студента S_i по предметам А, Б, В, Г. Тогда сформулированный выше критерий предпочтения имеет следующий вид:

$$\forall (x_i^{A,B,B,\Gamma} \geq x_j^{A,B,B,\Gamma}) \& \exists (x_i^{A,B,B,\Gamma} > x_j^{A,B,B,\Gamma}) \Rightarrow S_i > S_j. \quad (1)$$

Данное предпочтение является нестрогим и задает на множестве студентов частичный порядок [3]. В результате чего появляется некоторое подмножество студентов *несравнимых* между собой по векторным оценкам при данном предпочтении. Все студенты данного подмножества могут рассматриваться в качестве «доминирующих» по сравнению с остальными студентами.

В соответствии с таблицей 1 студент S_5 по рассматриваемому критерию выбора является худшим по успеваемости, так как по одному из предметов он имеет неудовлетворительную оценку. Студенты S_4, S_6 одинаковы по успеваемости и лучше студента S_5 . Студенты S_1, S_2, S_3, S_7 образуют группу не сравнимых между собой и со студентами S_4, S_6 по успеваемости. Все они являются претендентами на «доминирующих» по отношению к студенту S_5 .

С помощью предлагаемого критерия исходное множество студентов удается разбить только на два упорядоченных класса

$$\{S_1, S_2, S_3, S_4, S_6, S_7\} > S_5,$$

причем первый класс является достаточно объемным, что не позволяет реально определить лучшего студента. Это связано, прежде всего, с неудачным выбором критерия. Оценки успеваемости студентов по предметам являются текущими показателями их успеваемости, но не критериями выбора лучшего студента по успеваемости в целом. Ведь при выборе лучшего по успеваемости студента нужно учитывать не только собственно оценки, но и наличие среди них двоек и троек, отражающих как общий уровень знаний студента, так и его прилежание.

Рассмотрим другой подход к решению данной задачи. Будем рассматривать оценки, полученные студентами по предметам, в качестве фазовых координат процесса обучения. Зададим на множестве оценок успеваемости $X = \{2, 3, 4, 5\}$, представленных в порядковой шкале, целевую функцию $y = f(x)$ в виде суммы баллов студента, полученных по четырём предметам

$$y = f(x) = x^A + x^B + x^C + x^D. \quad (2)$$

Поскольку эта целевая функция является линейной, а значит монотонной, то она является допустимым преобразованием порядковой шкалы оценок.

Лучшим будем считать студента, имеющего *максимальную* сумму баллов. Определение лучшего студента будем производить путем попарного сравнения значений целевой функции. Таким образом, в качестве *критерия* выбора лучшего студента имеем следующее правило:

$$\forall i \neq j, y_i > y_j \Rightarrow S_i > S_j; i, j = \overline{1, 7}. \quad (3)$$

Сумма баллов студентов приведена в последнем столбце таблицы 1.

По сумме баллов видно, что студенты S_1, S_2, S_3 имеют наивысшую сумму баллов и должны быть признаны лучшими; студенты S_4, S_6 имеют меньшую сумму баллов и уступают по успеваемости студентам S_1, S_2, S_3 ; студенты S_5, S_7 являются худшими по успеваемости. Таким образом, второй критерий позволяет исходное множество студентов упорядочить не на два, а на три класса, что говорит о его большей «дифференцирующей» способности.

Для оценки дифференцирующей способности или мощности критерия предлагается следующий подход. Любой критерий сравнения позволяет упорядочить исходное множество объектов частично или полностью. Если в исходной выборке имеется n объектов (альтернатив), то максимально возможное число способов их полного упорядочивания составляет $N_y = n!$. При упорядочивании множества предметов снимается неопределенность в отношениях между ними. Эту неопределенность можно оценить величиной энтропии Хартли $H = \lg N^1$.

После полного упорядочивания исходного множества объектов остается только один вариант $N^* = 1$ и энтропия упорядоченного множества будет равна нулю ($H^* = 0$). При частичном упорядочивании возникает некоторое число подмножеств, в которых объекты остаются неупорядоченными в силу их несравнимости между собой. Пусть число таких подмножеств составляет $L > 1$ и в каждом подмножестве имеется m_k , ($k = \overline{1, L}$) неупорядоченных объектов, при этом $\sum_{k=1}^L m_k = n$. Число способов, которыми можно частично упорядочить исходное множество, составит $N_y = m_1! \times m_2! \times \dots \times m_k! < n!$. Рассмотрим показатель d , равный отношению количества информации, полученной при упорядочивании объектов, к величине начальной энтропии

$$d = \frac{H - H^*}{H} = 1 - \frac{H^*}{H}. \quad (4)$$

Для неупорядоченного множества объектов $d = 0$, при полном упорядочивании множества объектов $d = 1$, а при частичном упорядочивании $0 < d < 1$.

Используем данный показатель для оценки мощности рассмотренных выше критериев. Энтропия неупорядоченного множества студентов составляет $H_S = \lg 7!$. По первому критерию мы получаем частичное упорядочивание с энтропией $H_S^* = \lg(1! \times 6!) = \lg 6!$. Мощность этого критерия равна $d = 1 - \frac{\lg 6!}{\lg 7!} = 0,23$. Для второго критерия $H_S^* = \lg(3! \times 2! \times 2!)$ и мощ-

¹ Здесь для оценки энтропии используется логарифм с основанием 10 для упрощения расчетов в примере. Могут быть использованы и другие основания, например, 2, e .

ность критерия составляет $d = 1 - \frac{\lg(3! \times 2! \times 2!)}{\lg 7!} = 0,63$. Отсюда видно, что критерий выбора по максимуму числа полученных баллов является действительно более мощным.

Для усиления мощности модернизируем второй критерий, добавив к нему условие, что лучший студент не может иметь двоек или троек. Математически данный критерий имеет следующую запись

$$\forall (y_i > y_j) \& (x_i^{A,B,B,\Gamma} \neq 2 \& x_i^{A,B,B,\Gamma} \neq 3) > S_i > S_j. \quad (5)$$

По этому критерию первая группа студентов S_1, S_2, S_3 разбивается на две подгруппы: студент S_2 , не имеющий троек, и студенты S_1, S_3 , имеющие одинаковый балл, но получившие тройки по одному предмету. Вторая группа студентов остается неизменной, а в третьей группе выделяется в худшую сторону студент S_5 , получивший двойку по одному из предметов. В результате третий критерий позволяет выделить пять классов студентов, отличающихся друг от друга успеваемостью. Мощность этого критерия составляет

$$d = 1 - \frac{\lg(1! \times 2! \times 2! \times 1! \times 1!)}{\lg 7!} = 0,84.$$

Приведенный пример свидетельствует о том насколько важно корректно определить параметры, целевую функцию и критерий выбора на множестве альтернатив в задаче принятия решений.

В заключение отметим, что в работе [8] за счет введения показателей важности учебных предметов и значений полученных по ним оценок достигнута частичная упорядоченность студентов, аналогично полученной нами по третьему критерию. Однако процедура такого упорядочивания значительно более трудоемкая, чем рассмотренная выше даже для такого простого примера.

Рассмотренный подход может быть без труда распространен на задачи программно-целевого планирования производства и закупки, например, продукции военного назначения (ПВН) для оснащения вооруженных сил с оптимизацией номенклатуры ПВН по критерию «эффект-затраты».

Список использованных источников

1. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.
2. Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. Решения: теория, информация, моделирование. М.: Радио и связь, 1981.
3. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1981.
4. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский А.А., Соколов В.Б. Теория выбора и принятия решений: уч. пособие. М.: Наука, 1982.
5. Многокритериальные задачи принятия решений / Под ред. С.В. Емельянова. М.: Машиностроение, 1978.
6. Березовский Б.А., Барышников Ю.М., Борзенко В.И., Кемпнер Л.М. Многокритериальная оптимизация. Математические аспекты. М.: Наука, 1989.
7. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
8. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.

УДК 355.352.1

А.М. Кудрявцев, доктор
военных наук, профессор
М.В. Куликов, кандидат
технических наук
М.П. Сагалаев

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ЗАРУБЕЖНЫХ ВОЕННЫХ БАЗ

Современные геополитические вызовы требуют создания системы зарубежных военных баз для защиты и продвижения национальных интересов России. На основе методов многокритериального принятия решений разработана методика выбора мест размещения, типов и состава ЗВБ. Рациональное построение системы ЗВБ позволит обеспечить сдерживание геополитических противников без непосредственной военной конфронтации.

Ключевые слова: зарубежные военные базы; боевой потенциал; центры силы; многокритериальная матрица; вектор приоритетов

С давних времен развитые в экономическом плане державы имели военные контингенты в своих колониях. Такое присутствие осуществлялось не только с целью военной протекции, но и для продвижения экономических интересов. По прошествии лет в эпоху глобализма (антиглобализма) при активном участии во внешней политике транснациональных корпораций вооруженные силы по-прежнему выполняют задачи, связанные не только с защитой территориальной целостности своих государств, но и стали инструментом продвижения национальных интересов за рубежом. Современное военное зарубежное присутствие могут позволить себе далеко не все страны. Основное расположение зарубежных военных баз (ЗВБ) стран мира представлено на рисунке 1.

Самую развитую сеть ЗВБ имеют США, которая насчитывает более 700 военных объектов в более, чем в 100 странах мира, в количестве примерно 200 тыс. личного состава. Основные базы США расположены в 31 государстве. В Азии и Австралии у США 51 база (12 из них в Японии), в Европе – 37 (10 баз в Германии, 8 в Польше). В Сирии у США 9 военных баз.

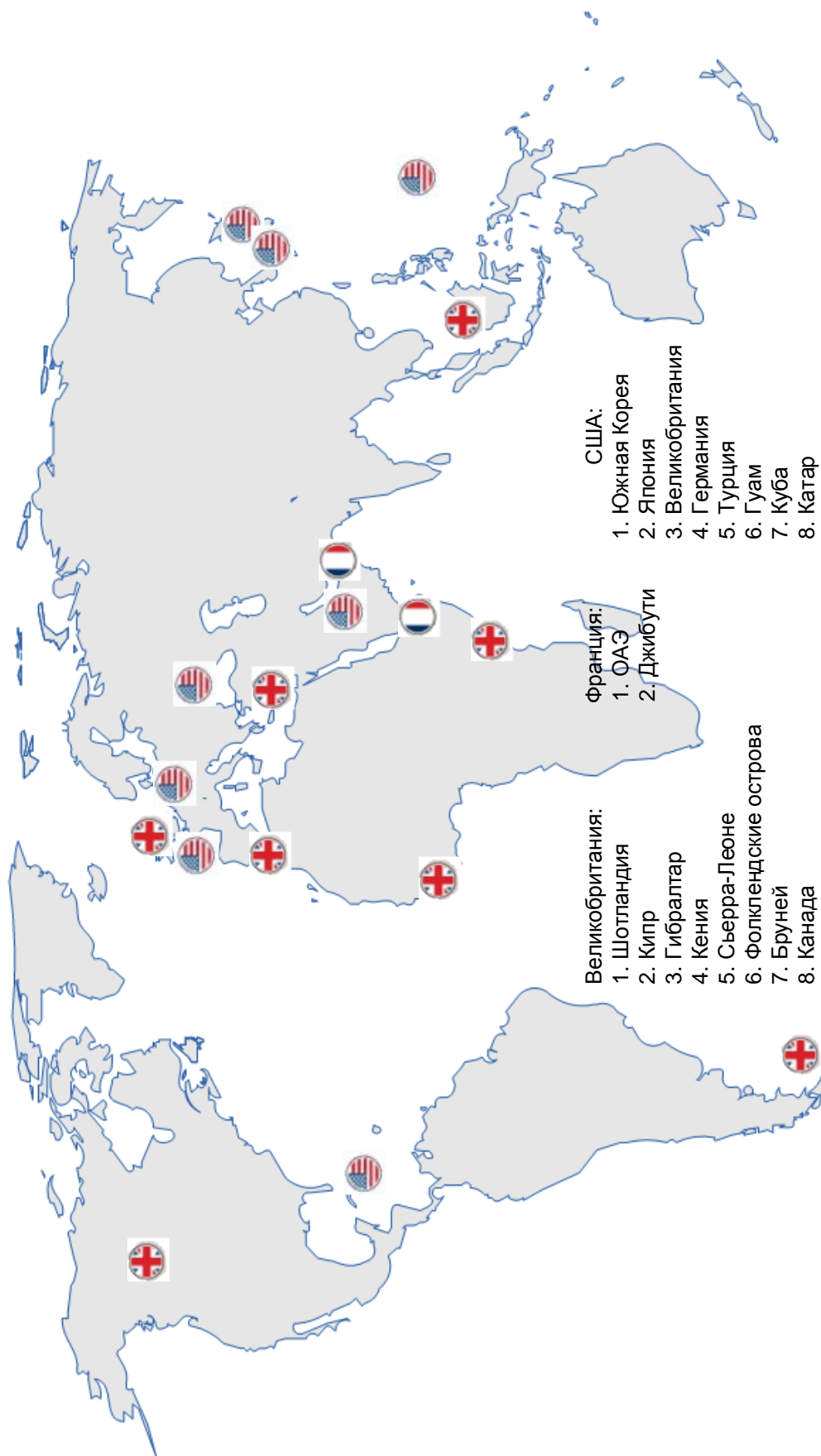


Рисунок 1 – Расположение основных зарубежных военных баз стран мира

Россия располагает всего 9 зарубежными военными базами, из которых полноценными можно назвать только 6.

Такая асимметричность развития зарубежного военного присутствия, как по количеству, так и по географическому положению, между Россией и США делает задачу разработки и воплощения в жизнь отечественной системы ЗВБ актуальной. Сдерживание военного потенциала США и стран НАТО в современных политических и экономических условиях возможно превентивно путем создания системы российских ЗВБ без необходимости прямой военной конфронтации и военных действий.

Под системой зарубежных военных баз будем понимать целостную совокупность взаимосвязанных зарубежных военных баз, обладающую интегративными свойствами.

Систему ЗВБ и любые военные объекты РФ, входящие в нее и дислоцированные вне национальных границ, следует относить к военному потенциалу в широком смысле, в узком – к боевому потенциалу, как основе военного потенциала наряду с военно-экономическим и военно-техническим потенциалами. Боевой потенциал – это совокупность имеющихся, а также материальных и духовных возможностей вооруженных сил (ВС), формирующих их способность эффективно выполнять стоящие перед ними боевые задачи, успешно вести военные (боевые) действия. Материальной основой боевого потенциала является техническая оснащенность войск, под которой понимают наличие рациональной системы вооружений, военной, специальной техники и имущества, обеспечивающей требуемый уровень эффективности выполнения боевых задач, а также удовлетворение суммарных материально-технических потребностей ВС для решения военных задач государства [1].

Создание и обоснование рациональной системы, включающей специальную технику и имущество вне государственных границ РФ, подразумевает стационарное оборудование территорий в местах, где национальные интересы велики, и косвенно будет зависеть от военно-экономических целей государства. Современные военно-экономические цели РФ связаны с продвижением интересов отечественных транснациональных компаний, например, ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Лукойл», за рубежом; с противодействием расширяющемуся влиянию глобальных и региональных центров силы, местонахождение «ядер» [2] которых может являться зоной ответственности создаваемой ЗВБ; с нивелированием кризисных

ситуаций, неизбежно возникающих под действием центростремительных (центробежных) сил в региональных и глобальных центрах силы [3].

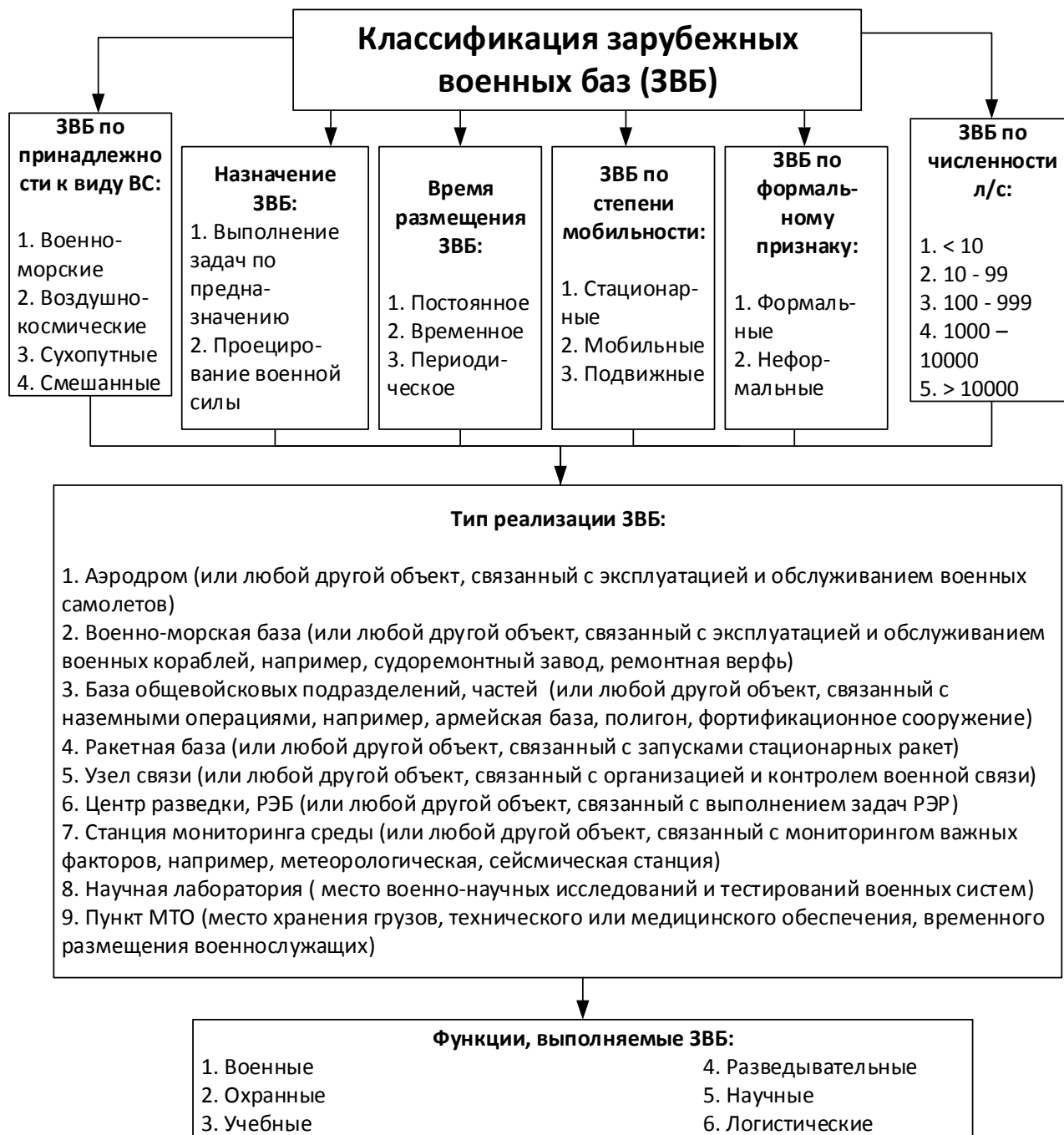


Рисунок 2 – Классификация зарубежных военных

Важным является как процесс определения самих мест на карте мира, на которые требуется потратить ресурс в виде ЗВБ, так и определение типа реализации и состава самой ЗВБ. При этом под зарубежной военной базой будем понимать любой военный объект, находящийся за пределами РФ. Пример классификации ЗВБ по признакам и типу реализации представлен на рисунке 2.

Выбор той или иной реализации ЗВБ для размещения в заданной точке мира сводится к принятию решения о том, какой из вариантов будет считаться лучшим при оценке их по требуемым критериям. Критерии, как известно, бывают количественные и качественные, общие и частные. Количественными в нашем случае будут являться такие критерии, которые можно выразить путем измерения или расчетов, например, расстояние от ЗВБ до РФ, скорость развертывания ЗВБ и т.д. Качественные критерии формулируются путем суждения эксперта, например, связность системы ЗВБ, полнота охвата объектов влияния и т.д., и должны быть переведены в численное значение для наших задач.

Критерии должны быть независимы друг от друга или различаться с достаточной степенью. При сравнении степени важности критериев возможным является составление матрицы попарных сравнений с занесением в нее численных значений того или иного критерия. При большом числе анализируемых критериев полезным будет группирование их в соответствии с ранжированием по степени важности. Обратный процесс деления критериев на менее значимые назовем дефрагментацией. Зачастую критерий с большим приоритетом позволяет определить тип реализации ЗВБ, а критерий с меньшим приоритетом позволяет сделать выбор и принять решение о составе (техническом, структурном, организационном) ЗВБ.

Принятие решений на основе матрицы попарных сравнений (рисунок 3), где $C_1 \dots C_n$ – критерии, с последующим вычислением вектора приоритетов, т.е. главного собственного вектора, который после нормализации становится вектором приоритетов, называется методом принятия решений на основе анализа иерархий.

Основной задачей в методе анализа иерархии является оценка высших уровней исхода из взаимодействия различных уровней иерархий, а не из непосредственной зависимости от элементов на этих уровнях. В ма-

тематической теории иерархий разрабатывается метод оценки воздействия уровня на соседний верхний уровень посредством композиции соответствующего вклада (приоритетов) элементов нижнего уровня по отношению к элементу верхнего уровня. Эта композиция может распространяться вверх по иерархии.

Аэродром	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	1	3	4	7	8
C_2	1/3	1	5	6	7
C_3	1/4	1/5	1	7	3
C_4	1/7	1/6	1/7	1	4
C_5	1/8	1/7	1/3	1/4	1

Рисунок 3 – Матрица попарных сравнений одного типа реализации зарубежной военной базы по нескольким критериям

Иерархии устойчивы и гибки; они устойчивы в том смысле, что малые изменения вызывают малый эффект, а гибкие в том смысле, что добавления к хорошо структурированной иерархии не разрушают ее характеристик [4].

При необходимости выбора не одного типа реализации зарубежной военной базы по нескольким критериям, а нескольких типов ЗВБ (обозначим их t) по нескольким критериям (обозначим их n) необходимо сформировать многокритериальную матрицу вида (рисунок 4),

	C_1	C_2	...	...	C_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	...	a_{2n}

A_t	a_{t1}	a_{t2}	...	...	a_{tn}

Рисунок 4 – Многокритериальная матрица оценки типов реализации зарубежных военных баз по нескольким критериям

где A_1, A_2, \dots, A_t – оцениваемый тип реализации ЗВБ; C_1, C_2, \dots, C_n – критерии оценки; a_{ij} – оценка i -го типа реализации ЗВБ по C_j ($i = 1, 2, \dots, t$, $j = 1, 2, \dots, n$).

В связи с тем, что критерии оценки C_1, C_2, \dots, C_n могут быть как минимизационными, так и максимизационными, то для простоты сравнения необходимо произвести нормализацию критериев на основании принципа максимина линейной функции и привести их к одному виду, например, максимизации.

Лемма 1. Пусть $F_j = \max(a_{ij})$ при $i = 1, 2, \dots, t$. Тогда значения a_{ij} при $i = 1, 2, \dots, t$ будут заменены на $F_j - a_{ij}$ и снова обозначены через a_{ij} при $i = 1, 2, \dots, t$.

Таким образом все критерии оценки C_1, C_2, \dots, C_n станут максимизационными. В связи с тем, что все критерии необходимо максимизировать, то каждая функция ценности критерия в отдельности будет возрастающей.

Так как наша матрица многокритериальная и нам необходимо принять решение, которое будет лучшим при оценке по многим критериям, то такое решение будет для нас оптимальным. Так же, как и в первом варианте, все критерии должны быть приведены в количественные.

Очевидно, что выбранные критерии, например, стоимость развертывания ЗВБ и ее радиус боевого применения, являются критериями разными по своей важности. Т.к. в нашей задаче критерии имеют общую шкалу, но разную важность, то возможным становится применение одного из эвристических методов – метода взвешенной суммы критериев, при котором вводятся коэффициенты важности критериев – положительных чисел и вычисляется функция полезности ω с допущением, что она линейна, хотя такое допущение не всегда выполняется.

Исходя из указанных допущений обозначим L_j – наименьшее значение критерия в j -м столбце матрицы. Пусть $L_j = a_{1j}$. По аналогии M_j – наибольшее значение критерия в j -м столбце матрицы. Пусть $M_j = a_{mj}$. Тогда значение ω_{ij} выгоды i -го варианта по j -му критерию будет равно:

$$\omega_{ij} = \frac{a_{ij} - L_j}{M_j - L_j}. \quad (1)$$

В нашем допущении функция полезности ω_{ij} линейна по переменной a_{ij} .

Таким образом, значение взвешенной суммы критериев после назначения величин коэффициентов для каждого i -го варианта ЗВБ A_i будет равно:

$$\omega(A_i) = w_1\omega_{i1} + w_2\omega_{i2} + \dots + w_n\omega_{in}, \quad (2)$$

где w_j – коэффициент важности (вес) критерия оценки.

Вариант ЗВБ становится оптимальным по сравнению с другими при большем соответствующем этому варианту значению взвешенной суммы $\omega(A_i)$.

Рассмотрим решение многокритериальной задачи размещения ЗВБ на основе составления многокритериальной матрицы, где в столбце матрицы указаны типы реализации ЗВБ, а в строке – выбранные критерии оценки (рисунок 5). Значения критериев указаны для наглядности решения задачи и не являются абсолютными значениями рассматриваемых критериев.

	<i>Радиус боевого действия</i> (C ₁)	<i>Стоимость развертывания</i> (C ₂)	<i>Кол-во л/с</i> (C ₃)	<i>Уровень боевой готовности</i> (C ₄)	<i>Время выполнения боевой задачи</i> (C ₅)
<i>Авиац. база (A₁)</i>	1000	16500	4000	9	5
<i>ВМБ (A₂)</i>	4000	430	1700	6	30
<i>Арм. база (A₃)</i>	300	50	400	7	3
<i>Ракетная база (A₄)</i>	400	150	12	10	2

Рисунок 5 – Многокритериальная матрица оценки типов реализации зарубежных военных баз по выбранным критериям

В связи с тем, что элементы системы ЗВБ, как важная часть военного потенциала РФ, при выполнении боевых задач могут применяться для проецирования военной силы непосредственно, а могут выступать с функцией обеспечения, т.е. опосредованно, то при внесении типов реализации ЗВБ в многокритериальную матрицу необходимо исключить оценку в одной матрице ЗВБ разных по типу применения.

Поэтому в многокритериальной матрице (рисунок 5) в столбце указаны такие типы реализации ЗВБ, которые способны причинить ущерб военному потенциалу вероятного противника.

При оценке типов реализации ЗВБ, применяемых опосредованно, уместным будет включение в столбец, например, узла связи, радиоэлектронного центра, пункта материально-технического обеспечения и т.д.

В рассматриваемом примере очевидно, что стоимость развертывания и количество личного состава необходимо свести к минимуму, т.е. критерии C_2 и C_3 являются критериями минимизации и их необходимо привести к критерию максимизации. Напротив, критерии C_1 , C_2 и C_5 уже являются критериями максимизации. В связи с эти столбцы матрицы с критериями C_2 и C_3 (рисунок 5) приводим к общему виду критерия максимизации в соответствии с леммой 1 и получаем многокритериальную матрицу, где все критерии являются критериями максимизации (рисунок 6).

В соответствии с формулой (1) стандартизуем матрицу (рисунок 6) и получим матрицу стандартизованных критериев (рисунок 7).

$$\omega_{ij} = \frac{a_{ij} - L_j}{M_j - L_j},$$

где a_{ij} – элементы стандартизованной матрицы ω ; L_j – наименьшее значение критерия в j -м столбце матрицы $L_j = \min(a_{ij})$; M_j – наибольшее значение критерия в j -м столбце матрицы $M_j = \max(a_{ij})$; $i = 1...3$; $j = 1, 2, \dots, 5$.

	Столбец 2 16500-16500=0 16500-430=16070 16500-50=16450 16500-150=16350		Столбец 3 4000-4000=0 4000-1700=2300 4000-400=3600 4000-12=3988		
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	1000	0	0	9	5
A_2	4000	16070	2300	6	30
A_3	300	16450	3600	7	3
A_4	400	16350	3988	10	2

Рисунок 6 – Многокритериальная матрица оценки типов реализации зарубежных военных баз с приведенными критериям максимизации

$$\omega = \begin{bmatrix} 0,19 & 0 & 0 & 0,75 & 0,1 \\ 1 & 0,97 & 0,57 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0,9 & 0,25 & 0,04 \\ 0,03 & 0,99 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Рисунок 7 – Матрица стандартизованных критериев типов реализации зарубежных военных баз

Таблица 1 – Оценка критериев должностными лицами

	Должностное лицо №1		Должностное лицо №1		Должностное лицо №1		Должностное лицо №1		Σ
	Вес	Баллы	Вес	Баллы	Вес	Баллы	Вес	Баллы	Баллы
C_1	1	5	2	4	1	5	1	5	19
C_2	5	1	4	2	2	4	5	1	8
C_3	4	2	5	1	4	2	4	2	7
C_4	2	4	3	3	5	1	3	3	11
C_5	3	3	1	5	3	3	2	4	15
									60

Для оценки (веса) критерия привлекаются должностные лица органа управления системы ЗВБ. Для примера, критерии $C_1...C_5$ будут оценены четырьмя должностными лицами с переводом оценок в баллы (таблица 1). На данном этапе целесообразным является присваивание веса критериям числами последовательно с максимальным значением равным количеству критериев, т.е. в нашем случае по пятибалльной системе.

Для определения коэффициента важности (веса) критерия оценки w_j , где $j = 1, 2, \dots, 5$, осуществляем деление количества баллов по каждому критерию $C_1...C_5$ на общее количество баллов:

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19/60 \\ 8/60 \\ 7/60 \\ 11/60 \\ 15/60 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,317 \\ 0,133 \\ 0,117 \\ 0,183 \\ 0,25 \end{bmatrix}.$$

Значение взвешенной суммы критериев (функция полезности) рассчитывается по формуле (2):

$$\omega(A) = w \cdot \omega = \begin{bmatrix} 0,22248 \\ 0,7627 \\ 0,29405 \\ 0,44118 \end{bmatrix}.$$

Рассчитанная функция полезности для рассмотренных типов реализации зарубежных военных баз (авиационная база, военно-морская база, армейская база, ракетная база) показала, что в рассмотренном случае предпочтительнее вариант размещения военно-морской базы. Рассчитанные значения функции полезности могут быть отсортированы по различным признакам и являются исходными данными должностным лицам при принятии решения о размещении зарубежных военных баз.

Оба рассмотренных многокритериальных методов принятия решений при выборе варианта военной базы для его зарубежного размещения имеют недостатки. Первый и, наверное, самый главный заключается в том, что значения критериям присваивает должностное лицо или группа должностных лиц органа управления, что уже само по себе субъективно и связано с человеческими ошибками. Вторым недостатком является необходимость перевода качественных критериев в количественные, что вызывает ошибки назначения весов такого рода критериям. Третий – невозможность учета всех критериев или, наоборот, включение малозначительных критериев, что приводит к погрешностям вычисления. Четвертый – необоснованное допущение о равномерности шкалы критериев и линейности функции полезности.

Выбор оптимального варианта ЗВБ по многим критериям является сложной задачей и связан с необходимостью установления критериев и присвоению им весов важности. Определение критериев зависит от многих факторов, которые зачастую трудно учесть, они же способны изменяться с течением времени. Однако приведенные варианты принятия решения по выбору ЗВБ в зависимости от различных критериев могут быть рассмотрены, как один из подходов при синтезе отечественной системы зарубежного военного базирования.

Список использованных источников

1. Родин А.И. Боевой потенциал Советских Вооруженных Сил в структуре военной мощи государства. Л.: ВМА, 1987. 54 с.
2. Галов С.Ю., Кудрявцев А.М., Куликов М.В., Сагалаев М.П., Смирнов А.А. Методика локализации «ядер» глобальных и региональных центров силы // Стратегическая стабильность. 2020. № 3(92). С. 21-26.
3. Галов С.Ю., Заика П.В., Куликов М.В., Сагалаев М.П., Смирнов А.А. Применение методов нелинейной динамики для прогнозирования кризисных ситуаций в региональных и глобальных центрах силы // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. № 8. С. 123-130.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: «Радио и связь», 1993. 278 с.

УДК 355.351.1

А.И. Буравлев, доктор технических наук, профессор

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ВОЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ БОЕВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРУППИРОВОК ВОЙСК В ЗАДАЧАХ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В статье рассмотрен методический подход к оценке боевых возможностей группировок войск на основе теории боевой эффективности и военно-экономического анализа. Предложена единая методика расчета боевых потенциалов ударных комплексов и воинских формирований различных уровней, а также стоимости их оснащения ВВТ. Сформулированы оптимизационные задачи оснащения воинских формирований ВВТ по критерию «эффект-затраты» и предложен алгоритм их решения.

Ключевые слова: показатели технического совершенства ВВТ; боевой потенциал ВВТ и воинских формирований; стоимость закупок ВВТ; программа оснащения вооруженных сил ВВТ; прямая и обратная задачи военного планирования.

Задача оценки боевых возможностей группировок войск (сил) и Вооруженных Сил в целом является одной из самых сложных в комплексе задач программно-целевого планирования развития системы вооружения [1-3]. В структуре военно-стратегических данных (ВСОИД), представляемых Генеральным штабом Вооруженных Сил РФ, присутствуют только номенклатура и численность вооружения и военной техники (ВВТ), необходимых для оснащения Вооруженных Сил¹. При этом отсутствует методический инструментарий, позволяющий оценивать ожидаемые боевые возможности войск и сил для различных сценариев ведения военных действий в зависимости от уровня оснащения их и количественно-качественных характеристик ВВТ. В случае корректировки исходных данных при

¹ Единая система исходных данных для программно-целевого обеспечения реализации военной политики РФ (ЕСИД). Указ Президента Российской Федерации от 02 июля 2013 г. №599 «О разработке и реализации государственной программы вооружения».

возникновении ограничений по финансированию Государственной программы вооружения (ГПВ), срокам и объемам поставки ВВТ отсутствует возможность оптимального распределения финансовых ресурсов и объемов поставляемой военной продукции по конечному результату – достижению максимальных боевых возможностей Вооруженных Сил на конец программного периода.

В существующих нормативных и методических документах, к сожалению, также отсутствуют четкие определения количественных показателей оценки боевых возможностей войсковых группировок различного уровня, в том числе и для Вооруженных Сил в целом. Это обстоятельство вносит существенную неопределенность при формировании различных вариантов ГПВ. Поэтому не случайно, что при разработке ГПВ рассматривается только три опорных варианта: минимально необходимый, потребный и заданный по финансовым ресурсам².

В соответствии с паспортом ГПВ ее выходные характеристики определяются тремя показателями:

- коэффициентом оснащенности K_0 воинских формирований ВВТ относительно штатной численности;
- коэффициентом современности K_C , характеризующим долю современного и перспективного ВВТ в составе воинских формирований;
- коэффициентом исправности $K_{И}$, характеризующим долю исправных образцов ВВТ в составе воинских формирований.

Порядок их расчета определен в методических материалах, утвержденных первым заместителем Министра обороны Российской Федерации. Оценка степени реализации ГПВ заключается в сопоставлении плановых и фактических значений показателей K_0 , K_C , $K_{И}$, по результатам которого делается вывод о соответствии текущих параметров процесса развития ВВТ плановым (целевым) значениям.

Как эти показатели влияют на боевые возможности Вооруженных Сил и группировок войск остается открытым. В известной литературе по теории вооружения, исследованию операций и боевой эффективности приводятся методики оценки эффективности применения различных систем вооружения и классические модели военных операций для расчета

² Основные направления развития вооружения, военной и специальной техники (ОНР). Указ Президента Российской Федерации от 02 июля 2013 г. №599 «О разработке и реализации государственной программы вооружения».

показателей боевой эффективности и боевого потенциала воинских формирований (ВФ) различного масштаба. Основной проблемой практического применения этого методического инструмента в задачах программно-целевого планирования является отсутствие в Единой системе исходных данных (ЕСИД) необходимых данных по поражаемым целям, характеристикам уязвимости и эффективности их поражения различными средствами, боевым характеристикам комплексов вооружения.

Между тем все эти данные составляют содержание общих технических требований к вооружению и военной технике, тактико-технических заданий на разработку образцов ВВТ. Достигнутый уровень их реализации отражается в рабочей и конструкторской документации на образец ВВТ, в актах государственных испытаний образцов ВВТ и официальных руководствах по боевому применению ударных комплексов и средств поражения различных видов и родов войск. Таким образом, необходимая информация для оценки боевой эффективности различных образцов ВВТ существует, и она в том или ином виде должна быть включена в ЕСИД для программно-целевого планирования. Решением Министра обороны РФ в 2013 году в состав ЕСИД была включена Система исходных данных по объектам (целям) иностранных государств (СИД О(Ц) ИГ), содержащая перечень, состав и характеристики объектов поражения иностранных государств и применяемых по ним ударных комплексов и средств поражения. Ответственным за разработку этой подсистемы был определен 46 ЦНИИ и ряд видовых НИУ Министерства обороны РФ (3 ЦНИИ, 4 ЦНИИ, ЦНИИ ВВС, 27 ЦНИИ), а также других силовых ведомств под общим научным руководством Российской академии ракетных и артиллерийских наук (РАРАН). Представленный проект создания автоматизированной СИД О(Ц) ИГ был согласован с заинтересованными организациями оборонно-промышленного комплекса и одобрен решением Военно-промышленной комиссии при правительстве Российской Федерации. Опытно-конструкторская работа по созданию автоматизированной подсистемы СИД О(Ц) ИГ должна была завершиться в 2015-2016 гг. Однако ряд обстоятельств, возникших в 2015 и последующих годах, отодвинул эту работу на период 2020-2025 годы.

Между тем актуальность этой работы существенно возросла в связи с появлением новых систем вооружения и способов их боевого приме-

ния [4]. Изменились также взгляды военных специалистов на методологию и методический инструментарий оценивания боевых возможностей образцов ВВТ.

В последние годы внимание специалистов переключилось на разработку *квалиметрических* методов оценки боевых возможностей ВВТ и воинских формирований. Некоторые специалисты связывают применение этих методов с рождением нового научного направления – «военной потенциометрии». На основе «квалиметрического» подхода специалистами Центра военно-стратегических исследований (ЦВСИ) разработана Методика оценки боевых потенциалов вооружения и военной техники, воинских формирований и группировок войск (сил) Вооруженных Сил Российской Федерации и иностранных государств. Методика прошла рецензирование в ведущих НИУ и ВУЗах Министерства обороны и получила много замечаний в части ее теоретического обоснования и практического применения. Тем не менее, в 2015 году она была утверждена к применению Начальником Генерального штаба Вооруженных Сил – первым заместителем Министра обороны РФ.

Недостаточное теоретическое обоснование и сложность расчетной методики не привело к единому восприятию ее как научно обоснованного нормативного документа. Предложенный новый методический подход и расчетная методика оценки боевых потенциалов существенно отличается от классических положений теории боевой эффективности и, скорее всего, может быть использована для оценки *военно-технического уровня* образцов ВВТ. В научных публикациях появились также другие подходы, связанные с оценкой боевого потенциала образцов ВВТ и воинских формирований [5-9] и др.

В связи со сказанным, следует еще раз вернуться к методологии оценки боевых возможностей образцов ВВТ и воинских формирований с позиции классических положений теории исследования операций и боевой эффективности.

1. Методология оценки боевых возможностей систем вооружения с позиций теории исследования операций и боевой эффективности

Боевая эффективность образцов ВВТ различного назначения оценивается вероятностью выполнения боевых задач, реализующих цель военной операции. Основной боевой задачей является поражение объектов противника с нанесением ему заданного ущерба в течение определенного времени. Поражение объектов осуществляется ударными комплексами (артиллерийский и ракетный комплекс, танк, самолет, вертолет и пр.) путем воздействия определенными средствами поражения на объекты и нанесения им ущерба. Степень поражения элементарных (одиночных) объектов (целей) принято оценивать вероятностью поражения W , а сложных (групповых) целей – величиной относительного ущерба U , характеризующего долю пораженных элементарных объектов в составе групповой цели [5; 9].

Если в некоторый момент времени по одиночной цели наносится удар с применением n средств поражения (СП) в течение времени Δt , то вероятность поражения цели к моменту $t + \Delta t$ составит

$$W_n(t + \Delta t) = 1 - (1 - W_1)^{n(\Delta t)}, \quad (1)$$

где W_1 – вероятность поражения цели одним СП.

Эта вероятность, как правило, имеет небольшую величину, именно поэтому для надежного поражения цели применяется залп или серия из n выстрелов (пусков ракет, сбросов бомб) СП.

С учетом малости W_1 выражение (1) приближенно можно представить линейным разложением

$$W_n(t + \Delta t) - W_n(t) = \Delta W_n(t) \approx n(\Delta t)W_1,$$

где $W_n(t) = 0$.

Разделив левую и правую часть этого равенства на промежуток времени Δt , получаем показатель

$$\lambda = \frac{\Delta W_n(t)}{\Delta t} \approx \frac{n(\Delta t)}{\Delta t} W_1 = \nu W_1, \quad (2)$$

характеризующий интенсивность поражающего действия ударного комплекса (УК), зависящий от его скорострельности $\nu = \frac{n(\Delta t)}{\Delta t}$ и эффективности действия единичного СП W_1 .

Если цель групповая и содержит $N_{Ц}$ элементарных (одиночных) целей, каждая из которых поражается с одинаковой вероятностью одиночным СП, то при равномерном распределении серии из n СП по элементарным целям среднее число пораженных целей будет равно

$$\overline{\Delta N_{Ц}} = N_{Ц} \left[1 - (1 - W_1)^{\frac{n(\Delta t)}{N_{Ц}}} \right], \quad (3)$$

а средняя доля пораженных элементарных целей составит $\overline{\Delta U} = \frac{\overline{\Delta N_{Ц}}}{N_{Ц}}$.

Величина $\overline{\Delta U}$ имеет вполне определенный вероятностно-статистический смысл – она характеризует вероятность поражения произвольно выбранной элементарной цели из состава группового объекта при равномерном распределении СП.

Применяя линейное разложение к выражению (2), получаем выражение для интенсивности поражающего действия ударного комплекса:

$$\lambda = \frac{\Delta U}{\Delta t} \approx \frac{n(\Delta t)W_1}{\Delta t N_{Ц}} = \frac{\nu W_1}{N_{Ц}}. \quad (4)$$

Если боекомплект ударного комплекса составляет $N_{БК}$ средств поражения, а для поражения элементарной цели с заданной гарантийной вероятностью $W_{Г}$ требуется $n_{Г}$ СП

$$n_{Г} = \frac{\lg(1-W_{Г})}{\lg(1-W_1)},$$

то данный боекомплект в среднем потенциально обеспечивает поражение числа целей

$$\overline{N_{Ц}} = \frac{N_{БК}}{n_{Г}}.$$

В результате получаем набор характеристик $N_{БК}$, ν , W_1 ударного комплекса, потенциально определяющих его боевые возможности или его боевой потенциал³.

В составе ударного комплекса, безусловно, предполагается наличие экипажа (расчета), который непосредственно или дистанционно управляет его боевым применением. В этом случае УК вместе с экипажем представляет собой элементарное тактическое воинское формирование (ТВФ-0) – боевую единицу, составляющую основу последующих воинских формирований (ВФ) [7].

³ Потенциал (potency- лат.) – возможность, сила.

В качестве показателя боевого потенциала ударного комплекса (боевой единицы ТВФ-0) $P_{УК}$ естественным образом может служить величина потенциального ущерба, исчисленная средним количеством пораженных элементарных целей определенного типа

$$P_{УК} = \frac{N_{БК}}{n_{Г}}. \quad (5)$$

Для всего спектра (r) поражаемых целей боевой потенциал ударного комплекса характеризуется вектором частных боевых потенциалов

$$P_{УК} = (P_{УКj})_{1 \times r}.$$

Как известно, числовой характеристикой вектора служит его норма (длина) [10]. Для конечномерных векторных пространств все известные нормы согласованы между собой, т.е. между ними существуют определенные соотношения. Выбор той или иной нормы, по сути, определяется геометрическими свойствами векторного пространства и физической сущностью его объектов. В прикладных задачах между элементами вектора можно установить некоторую меру предпочтения (ценность, значимость, стоимость и пр.). Как правило, это предпочтение устанавливается экспертами с помощью определенных процедур [11].

Применительно к рассматриваемой задаче между различными объектами поражения (целями) военными экспертами могут быть установлены коэффициенты их значимости $\alpha_j > 0$, ($j = \overline{1, r}$), удовлетворяющие следующему предпочтению с точки зрения решаемых боевых задач:

$$\alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_r.$$

Тогда в качестве нормы вектора боевого потенциала УК (6) можно использовать линейную форму

$$P_{УК} = \sum_{j=1}^r \alpha_j P_{УКj}, \quad (6)$$

численно определяющую значимость общего количества пораженных элементарных целей. Все аксиомы нормы для линейной формы (6) выполняются.

При равной значимости объектов поражения ($\alpha_j = 1$, $j = \overline{1, r}$) боевой потенциал УК равен общему количеству поражаемых целей

$$P_{УК} = \sum_{j=1}^r P_{УКj},$$

Воинские формирования создаются из боевых единиц ТВФ-0, основу которых составляют ударные комплексы (боевые средства) различного назначения. Тактические формирования низшего уровня (ТВФ-1,2 – взвод, рота, батальон, дивизион, эскадрилья и др.) создаются из боевых единиц ТВФ-0, оснащенных одним типом УК. Тактические и оперативно-тактические ВФ высшего уровня (ТВФ-3 -полк, бригада, дивизия) имеют в своем составе несколько типов УК.

Как известно, основной формой боевого применения тактических и оперативно-тактических ВФ является бой, состоящий в нанесении противнику некоторой последовательности ударов. При этом объектами поражения являются ударные и обеспечивающие боевые средства противника, инженерное оборудование их позиций, объекты прилегающей инфраструктуры района боевых действий. В ходе боя противник также наносит аналогичные удары по объектам противоборствующей стороне.

Пусть к моменту времени t в составе противоборствующих сторон находится $N_{УК}^{(1)}$, $N_{УК}^{(2)}$ ударных комплексов. Распределение их численности по объектам поражения для ударных комплексов определяется показателями целераспределения $\gamma^{(1)}$, $\gamma^{(2)}$.

Среднее число пораженных УК второй стороны за время Δt определяется выражением [5; 9]:

$$\Delta N_{УК}^{(2)}(t) = N_{УК}^{(2)}(t) \left[1 - \left(1 - W_{УК}^{(1)} \right)^{\frac{\gamma^{(1)} N_{УК}^{(1)}(\Delta t)}{N_{УК}^{(2)}(t)}} \right], \quad (7)$$

где $W_{УК}^{(1)}$ – вероятность поражения УК противника первой стороной.

Аналогичное выражение имеет место и для второй стороны.

Линейное приближение выражения (7) дает следующий результат

$$\frac{\Delta N_{УК}^{(2)}}{\Delta t} \approx -\gamma^{(1)} \lambda^{(1)} W_{УК}^{(1)} N_{УК}^{(1)}(t) = -\gamma^{(1)} P_{УК}^{(1)} N_{УК}^{(1)}(t). \quad (8)$$

Величина $\frac{\Delta N_{УК}^{(2)}}{\Delta t}$ характеризует интенсивность поражения УК объектов второй стороны, которая зависит от параметра целераспределения

$\gamma^{(1)}$, численности $N_{УК}^{(1)}$ и боевого потенциала $P_{УК}^{(1)}$ ударных комплексов первой стороны.

Отсюда естественным образом следует, что боевые возможности сторон определяются численностью и боевым потенциалом ударных комплексов, а также распределением их воздействий по объектам противника.

Для однородных ТВФ их боевой потенциал определяется количеством ударных комплексов $N_{УК}$, их боевым потенциалом, а также коэффициентом $k_{ТВФ}$ повышения эффективности применения УК в составе ВФ за счет управления их боевыми действиями (целераспределение, управление огнем, маневрирование и др.):

$$P_{ТВФ} = k_{ТВФ} P_{УК} N_{УК}. \quad (9)$$

Коэффициент $k_{ТВФ} > 1$ отражает эффект синергизма, который возникает при объединении отдельных боевых единиц в воинское формирование [11; 18]. Значение этого коэффициента определяется по результатам моделирования боевых действий и боевой подготовки войск. В практических расчетах коэффициент синергизма может принимать значения $k_{ТВФ} = 1, 1, \dots, 1, 3$. Эти коэффициенты должны также входить в перечень данных СИД О(Ц) ИГ.

Для тактических и оперативно-тактических ВФ (полк, бригада, дивизия), состоящих из разнородных ВФ низшего уровня, боевой потенциал (в силу его определения) является суммой потенциалов составных частей с соответствующим коэффициентом синергизма

$$P_{ОВФ} = k_{ОВФ} \sum_{i=1}^l m_i P_{ТВФ_i}, \quad (10)$$

где m_i – количество ВФ i -го типа, а l – число типов ВФ в составе ОВФ.

Применяя изложенный выше подход, мы получаем иерархическую структуру расчета боевых потенциалов для группировок войск (сил) и Вооруженных Сил в целом. При этом используются только классические модели и показатели боевой эффективности без привлечения методов «квалиметрии», «военной потенциометрии» и пр.

В практике военного планирования строительства и применения ВС принято использовать не абсолютные значения боевых потенциалов ВФ,

исчисленные через наносимый противнику ущерб, а относительные их значения, полученные путем сравнения их с боевыми потенциалами противостоящих группировок войск (сил) и вооруженных сил потенциального противника [7; 8].

В этом случае мы получаем так называемые коэффициенты боевых потенциалов ВФ. Для тактического ВФ, оснащенного одним типом ВВТ, коэффициент боевого потенциала (КБП) рассчитывается по формуле:

$$\text{КБП}_{\text{ТВФ}} = \frac{P_{\text{ТВФ}}}{P_{\text{ТВФ}}^{\text{э}}} = \frac{k_{\text{ТВФ}} P_{\text{УК}} N_{\text{УК}}}{k_{\text{ТВФ}}^{\text{э}} P_{\text{УК}}^{\text{э}} N_{\text{УК}}^{\text{э}}} = K_{\text{ВФ}} K_{\text{УК}} K_{\text{СС}}, \quad (11)$$

где $K_{\text{УК}} = \frac{P_{\text{УК}}}{P_{\text{УК}}^{\text{э}}}$ – коэффициент боевого потенциала УК; $K_{\text{СС}} = \frac{N_{\text{УК}}}{N_{\text{УК}}^{\text{э}}}$ – коэффициент соотношения численностей УК; $K_{\text{ТВФ}} = \frac{k_{\text{ТВФ}}}{k_{\text{ТВФ}}^{\text{э}}}$ – относительный коэффициент синергизма ТВФ.

Коэффициент боевого потенциала для оперативных и оперативно-стратегических ВФ (ОСВФ), в составе которого находятся оперативные, оперативно-тактические и тактические ВФ, определяется следующим выражением:

$$\text{КБП}_{\text{ОСВФ}} = K_{\text{ОСВФ}} \frac{\sum_{i=1}^L m_i P_{\text{ТВФ}_i}}{\sum_{i=1}^{L^{\text{э}}} m_i^{\text{э}} P_{\text{ТВФ}_i}^{\text{э}}} = K_{\text{ОСВФ}} \sum_{i=1}^L \alpha_i^{\text{э}} \text{КБП}_{\text{ТВФ}_i}, \quad (12)$$

где $K_{\text{ОСВФ}}$ – относительный коэффициент синергизма ОСВФ; $\text{КБП}_{\text{ТВФ}_i}$ – коэффициент боевого потенциала i -го ТВФ; $\alpha_i^{\text{э}} = \frac{m_i^{\text{э}} P_{\text{ТВФ}_i}^{\text{э}}}{\sum_{i=1}^{L^{\text{э}}} m_i^{\text{э}} P_{\text{ТВФ}_i}^{\text{э}}}$ – коэффициент

вклада i -го ТВФ в боевой потенциал эталонного ОСВФ; $m_i, m_i^{\text{э}}, L, L^{\text{э}}$ – численности и типаж оперативно-тактических ВФ в составе ОСВФ.

На рисунке 1 приведена иерархическая схема расчета боевых потенциалов ВФ, начиная с нижнего уровня (УК-ТВФ₀) и до высшего уровня – оперативно-стратегических формирований и Вооруженных Сил РФ в целом.

В заключение данного параграфа следует отметить, что боевой потенциал, рассчитанный с помощью рассмотренного подхода, отражает лишь потенциальные возможности ВФ. Это вовсе не означает, что в реальных условиях военных действий он будет полностью реализован.

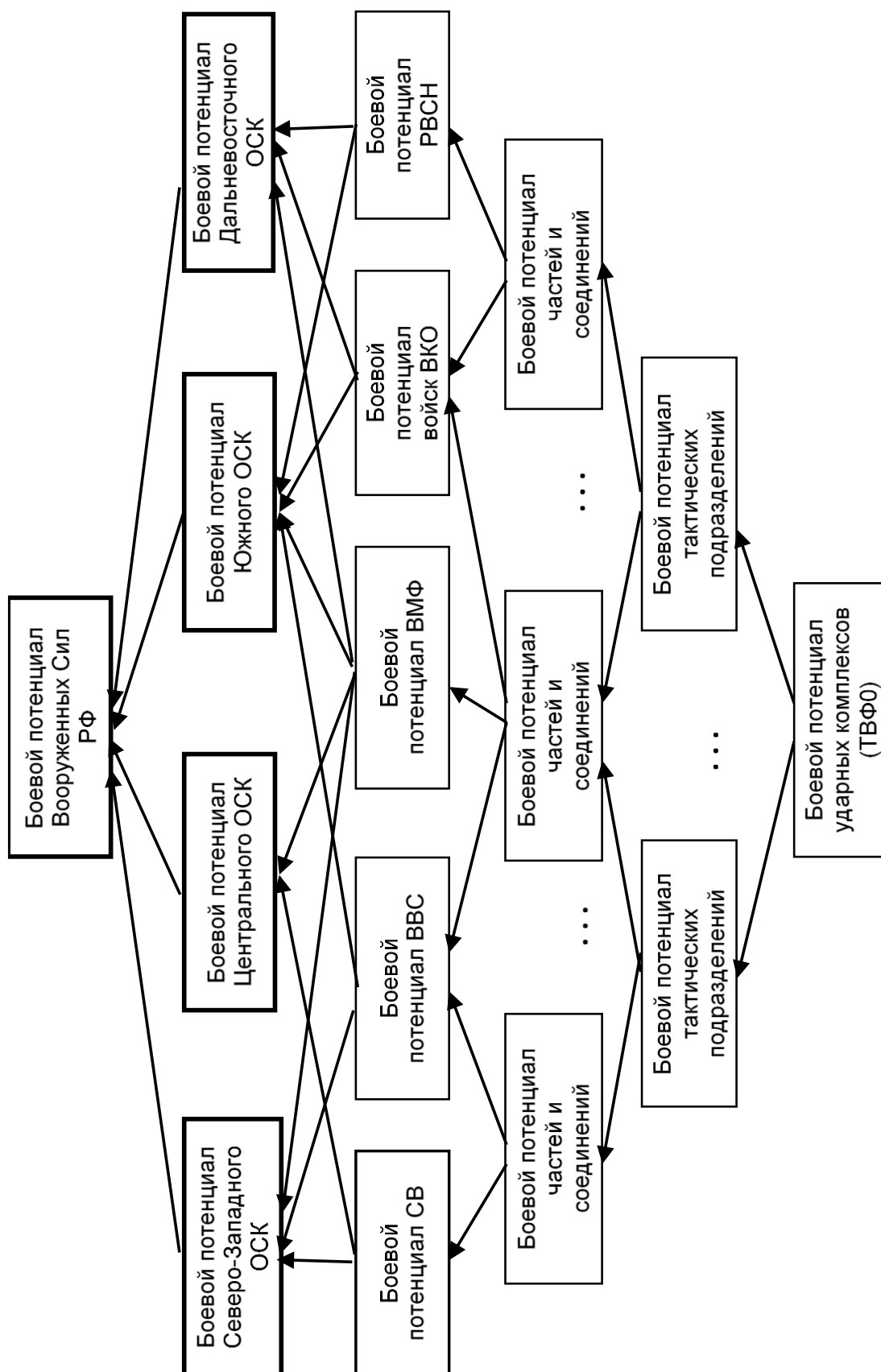


Рисунок 1 – Иерархическая схема расчета боевого потенциала воинских формирований

Для оценки степени реализации боевого потенциала необходимо детальное моделирование боевых действий в рамках определенного сценария. Такие модели существуют и используются в задачах военного планирования для оценки эффективности применения группировок ВС [см., например, 12-14].

Ударные комплексы играют решающую роль при решении тактико-огневых задач. Однако, для их применения необходимы обеспечивающие средства (транспортные машины, подъемные и заряжающие механизмы, средства разведки, связи и управления, средства технического обслуживания, инженерные средства и др.). Поэтому численность ВВТ в составе ВФ $N_{ВВТ}$ равна сумме численности боевых средств $N_{УК}$ и связанных с ними средств обеспечения $N_{ОС}$: $N_{ВВТ} = N_{УК} + N_{ОС}$.

Число обеспечивающих средств, приходящихся на один ударный комплекс, может служить характеристикой автономности УК:

$$\eta_{УК} = \frac{N_{ОС}}{N_{УК}}. \quad (13)$$

При $N_{ОС} = 0$ ударный комплекс является полностью автономным.

Для каждого ударного комплекса требуется определенный расчет (экипаж), а для средств обеспечения подразделения – соответствующее количество специалистов. Поэтому численности ВВТ и личного состава ВФ связаны между собой.

Обозначим $M_{Э}$ – численность экипажа (расчета) боевого средства (ТВФ-0), а $M_{ОС}$ – численность специалистов, необходимых для эксплуатации и применения средств обеспечения. Тогда численность личного состава тактического ВФ составит: $M_{ЛС} = N_{УК}M_{Э} + M_{ОС}$.

В зависимости от уровня технического совершенства боевых и обеспечивающих средств изменяется численность потребного для их эксплуатации личного состава. Показателем, характеризующим уровень технического совершенства ВВТ, может служить количество личного состава, необходимого для эксплуатации и применения одного боевого средства:

$$\vartheta_{УК} = \frac{M_{ЛС}}{N_{УК}}. \quad (14)$$

Минимальное значение этого показателя $\vartheta_{УК} = \frac{1}{N_{УК}}$ достигается, при отсутствии дополнительных средств обеспечения и требуемого для них личного состава ($N_{ОС} = 0; M_{ОС} = 0$), а также при численности расчета $M_p = 1$ на все боевые средства. Это означает, что УК обладает максимально возможным уровнем технического совершенства. Примерами такого рода ВВТ являются боевые робототехнические комплексы.

В рассмотренном подходе боевой потенциал группировок войск и Вооруженных Сил в целом определяется на основе количественно-качественных параметров ВФ, а уровень боевой подготовки их личного состава косвенно учитывается коэффициентами синергизма соответствующего уровня.

Таким образом, предлагаемый подход к оценке боевого потенциала в целом учитывает все основные (ключевые) факторы, определяющие боевые возможности Вооруженных Сил и его воинских формирований.

2. Связь боевого потенциала воинских формирований со стоимостью затрат на его обеспечение

Для достижения определенного уровня боевого потенциала ВФ необходимо затратить финансовые и материальные ресурсы для оснащения его ВВТ и военным имуществом, создания определенной инфраструктуры необходимой для обеспечения жизнедеятельности и боевой подготовки, а также время на обучение и подготовку личного состава для решения возложенных боевых и специальных задач.

Все затраты финансовых и материальных ресурсов, выделяемых на формирование, оснащение и боевую подготовку войск приводятся к единой стоимостной шкале и определяют бюджет военной организации [15; 16; 18].

Основными расходными статьями военного бюджета являются:

- закупка и ремонт ВВТ;
- НИОКР;
- капитальное строительство;
- боевая подготовка и материально-техническое обеспечение войск;
- содержание военнослужащих и гражданского персонала.

Первые три статьи бюджета представляют собой капитальные (инвестиционные) расходы, а вторые – текущие расходы.

Анализ военных расходов на содержание ВС развитых в военном и экономическом отношении стран показывает, что доля текущих военных расходов составляет 55-70%, а доля капитальных расходов – 30-45% от военного бюджета [15; 17]. При этом несмотря на то, что военный бюджет многих стран составляет от 2 до 5% ВВП, военные расходы непрерывно растут с ростом ВВП.

Военные расходы в значительной степени зависят от численности вооруженных сил, военно-технического уровня ВВТ и степени оснащённости войск ВВТ, уровня их боевой подготовки. Как показывает анализ, эта зависимость является нелинейной в силу взаимной зависимости между составляющими расходов. Так повышение технического уровня ВВТ приводит к увеличению цены закупки и стоимости эксплуатации ВВТ в войсках. Рост технической оснащённости войск приводит к увеличению капитальных затрат на строительство технических парков, аэродромов, танкодромов и других объектов инфраструктуры. Увеличение численности войск приводит к росту как текущих, так и капитальных расходов на их содержание. Повышение интенсивности боевой подготовки приводит также к увеличению материально-технических затрат и росту текущих военных расходов.

В военно-экономическом анализе [16; 18; 19] принимается допущение о пропорциональной зависимости этих расходов от численности ВВТ и личного состава.

В рамках этого допущения среднегодовые расходы на содержание ВФ с однотипным вооружением составляют:

$$C_{ВФ} = C_{ВВТ} + C_{ЛС} = (c_{01} + c_1)N_{ВВТ} + (c_{02} + c_2)M_{ЛС} = c_{ВВТ}N_{ВВТ} + c_{ЛС}M_{ЛС}, \quad (15)$$

где c_{01}, c_{02} – среднегодовые затраты на создание инфраструктуры для единицы ВВТ и личного состава; c_1 – средние годовые затраты на закупку и эксплуатацию единицы ВВТ; c_2 – среднегодовые затраты на содержание одного служащего ВФ; $c_{ВВТj} = c_{01} + c_1$; $c_{ЛС} = c_{02} + c_2$ – суммарные годовые затраты на содержание единицы ВВТ и личного состава.

Выразим численность личного состава через показатель технического совершенства ВВТ: $\vartheta_{ВВТ} = \frac{M_{ЛС}}{N_{ВВТ}} = \frac{\vartheta_{УК}}{1+\eta_{УК}}$, а стоимость закупки ВВТ через стоимость единичного УК и потребных для его эксплуатации обеспечивающих средств

$$c_{\text{ВВТ}} = c_{\text{УК}} + c_{\text{ОС}}(N_{\text{ОС}}) = c_{\text{УК}}(1 + \delta_{\text{ОС}}),$$

где $\delta_{\text{ОС}} = \frac{c_{\text{ОС}}(N_{\text{ОС}})}{c_{\text{УК}}}$ – относительная стоимость обеспечивающих средств, зависящая от показателя автономности УК.

Подставив эти соотношения в формулу (15), получаем зависимость стоимости оснащения ВФ боевыми комплектами, включающими в себя УК, необходимые обеспечивающие средства и специалистов для его эксплуатации:

$$C_{\text{ВФ}}(N_{\text{УК}}) = [c_{\text{УК}}(1 + \delta_{\text{ОС}}) + c_{\text{ЛС}}\vartheta_{\text{УК}}]N_{\text{УК}} = c_{\text{УК}}^*N_{\text{УК}}, \quad (16)$$

где $c_{\text{УК}}^* = c_{\text{УК}}(1 + \delta_{\text{ОС}}) + c_{\text{ЛС}}\vartheta_{\text{УК}}$ – стоимость оснащения ВФ единичным боевым комплектом ВВТ вместе с личным составом.

Это позволяет при формировании ГПВ учесть все основные затраты для оснащения воинских формирований ВВТ и комплектования их личным составом.

Стоимость закупок $c_{\text{УК}}$ увеличивается с ростом технического совершенства ВВТ и его боевой эффективности. В качестве модельной зависимости стоимости ВВТ от эффективности можно предложить степенную зависимость следующего вида:

$$c_{\text{УК}} = c_{\text{УК}}^{(0)} \left(\frac{P_{\text{УК}}}{P_{\text{УК}}^{(0)}} \right)^{\beta}, \quad (17)$$

где $c_{\text{УК}}^{(0)}, P_{\text{УК}}^{(0)}$ – стоимость закупки и боевой потенциал базового образца (прототипа) ВВТ; $\beta > 1$ – степень роста стоимости ВВТ от показателя его боевого потенциала $P_{\text{УК}}$. Эти параметры могут быть определены по статистическим данным о закупочных ценах различных типов ВВТ.

В работах Гальченко А.В. и Тегина В.А. [20; 21] на основе статистического анализа закупочных цен образцов бронетехники и авиационной техники за длительный (70-100 лет) период времени их развития получены зависимости удельной стоимости образцов ВВТ в зависимости от уровня их технического совершенства и роста закупочных цен. Эта зависимость аппроксимирована показательной функцией времени

$$c_{\text{ВВТ}}(t) = c_{\text{ВВТ}}(T)k^{t-T}, \quad (18)$$

где $k = 1,06...1,07$; T – год начала выпуска образца ВВТ; t – текущий (прогнозный) год.

Поэтому факт роста затрат на закупку и оснащение ВФ ВВТ должен учитываться при расчете параметров программы ГПВ на весь период ее действия.

Нетрудно заметить сходство между зависимостями (17), (18) и установить связь между их параметрами.

Полученные выше зависимости между боевым потенциалом ВФ, численностью боевых комплектов УК и стоимостью оснащения ВФ позволяют сформулировать задачу оптимизации структуры ВФ по критерию «эффект – затраты».

3. Задачи оптимального программно-целевого планирования оснащения Вооруженных Сил ВВТ

В теории и практике программно-целевого планирования рассматриваются две задачи [1; 3].

А) *Прямая задача* – состоит в обеспечении требуемого боевого потенциала Вооруженных Сил и его группировок войск (сил) на разных операционных направлениях при минимальной стоимости военных расходов на оснащение их ВВТ:

$$P_{BC}(N_{ВВТ}) = \sum_{j=1}^L P_{OCBF_j}(N_{ВВТ}) \geq P_{BC}^{TP} \cup P_{OCBF_j}(N_{ВВТ}) \geq P_{OCBF_j}^{TP}; (j = \overline{1, L})$$

$$C_{BC} = \sum_{j=1}^L C_{OCBF_j}(N_{ВВТ}) \rightarrow \min_{N_{ВВТ}}$$
(19)

Б) *Обратная задача* – необходимо обеспечить максимальный боевой потенциал ВС или группировок войск на разных операционных направлениях при выделенных финансовых и материальных ресурсах:

$$P_{BC}(N_{ВВТ}) = \sum_{j=1}^L P_{OCBF_j}(N_{ВВТ}) \rightarrow \max_{N_{ВВТ}} \cup P_{OCBF_1}(N_{ВВТ}) \rightarrow \max_{N_{ВВТ}}$$

$$P_{OCBF_j}(N_{ВВТ}) \geq P_{OCBF_j}^{TP}; (j = \overline{1, L}); C_{BC} = \sum_{j=1}^L C_{OCBF_j}(N_{ВВТ}) \leq C_{BC}^{зад}$$
(20)

Обе задачи являются задачами нелинейного программирования в силу нелинейной зависимости параметров функций боевых потенциалов и стоимости затрат на его обеспечение.

Рассмотрим методику решения прямой задачи оснащения оперативного воинского формирования (ОВФ) ударными комплексами для обеспечения требуемого боевого потенциала. В состав ОВФ может входить несколько тактических ВФ, вооруженных L типами ударных комплексов. Боевой потенциал ОВФ и стоимость затрат на его обеспечение определяются следующими выражениями:

$$P_{ОВФ} = K_{ОСВФ} \sum_{i=1}^L m_i P_{ТВФ_i} \geq P_{ОВФ}^{ТР}; \quad C_{ОВФ} = \sum_{i=1}^L m_i C_{ТВФ_i} \rightarrow \min_{N_{УК}}$$

где $P_{ТВФ_i} = k_{ТВФ} P_{УК_i} N_{УК_i}$; $C_{ТВФ_i} = c_{УК_i} (1 + \delta_{ОС_i}) N_{УК_i}$ – боевой потенциал ТВФ и стоимость затрат на его оснащение УК i -го типа; $\delta_{ОС_i} = \frac{C_i(N_{ОС})}{c_{УК_i}}$ – величина относительной стоимости обеспечивающих средств для УК i -го типа; m_i – количество ТВФ, оснащенных i -м типом УК.

Все параметры задачи – коэффициенты синергизма, боевой потенциал, стоимость УК и связанных с ними обеспечивающих средств принимаются постоянными. В этом случае исходная задача превращается в задачу линейного программирования с L переменными и одним ограничением.

В соответствии с теорией линейного программирования такая задача имеет не единственное решение [22]. При сохранении в составе ОВФ всех типов УК возможно получение условно оптимального решения с использованием численного градиентного метода. Согласно этому методу распределение затрат по воинским формированиям осуществляется пропорционально градиенту стоимости от боевого потенциала $\frac{\partial C_{ВФ_i}}{\partial P_{ВФ_i}} = \frac{c_{УК_i}}{P_{УК_i}}$, ($i = \overline{1, L}$).

Итерационная схема алгоритма для расчета стоимости ВФ имеет следующий вид:

$$C_{ВФ_i}(\tau + 1) = C_{ВФ_i}(\tau) + \lambda \frac{c_{УК_i}}{P_{УК_i}} [P_{ВФ}^{ТР} - P_{ВФ}(\tau)], \tau = 1, 2, \dots \quad (21)$$

где $\lambda > 0$ – шаг итерационного процесса с параметром, регулирующим скорость его сходимости; τ – номер итерации.

Для обратной задачи итерационный алгоритм имеет вид:

$$P_{ВФ_i}(\tau + 1) = P_{ВФ_i}(\tau) + \lambda \frac{P_{УК_i}}{C_{УК_i}} [C_{ВФ}^{Зад} - C_{ВФ}(\tau)], \tau = 1, 2, \dots \quad (22)$$

Данный алгоритм обеспечивает устойчивую сходимость решения к оптимальному значению целевой функции.

В качестве примера рассмотрим задачу оптимизации численности ОВФ, состоящего из трех ТВФ с различными типами УК. В таблице 1 приведены исходные данные для данной задачи.

Таблица 1 – Исходные данные

Тип УК в составе ОВФ	№1	№2	№3
Боевой потенциал единичного УК	2,8	1,7	3,2
Стоимость единичного $C_{УК}$	1,2	1,5	2,3
Показатель автономности УК $\eta_{УК}$	3	2	5
Относительная стоимость ОС $\delta_{ОС}$	0,2	0,15	0,1

Требуется определить численность УК, обеспечивающую достижение суммарного боевого потенциала $P_{ОВФ}^{ТР} = 120$ ед. при минимальной стоимости оснащения ОВФ без учета потребного личного состава.

Результаты расчетов, проведенные с помощью итерационного алгоритма (21), показаны на рисунках 2, 3.

Как видно из приведенных рисунков алгоритм (21) с параметром шага $\lambda = 0,35$ обеспечивает достаточно быструю сходимость к стационарным значениям переменных и связанных с ними показателей. При численности $N_{УК1} = 21$; $N_{УК2} = 38$; $N_{УК3} = 27$ достигается требуемый боевой потенциал $P_{ОВФ}^{ТР} = 120$ ед. и стоимость оснащения ОВФ ВВТ $C_{ОВФ} = 158,7$ у.е.

Единственное решение может быть получено, если отказаться от многотипности УК в составе ОВФ, а ограничиться типом, для которого отношение стоимости к величине боевого потенциала минимально

$$i^* = \arg \min_{1 \leq i \leq L} \left\{ \frac{C_{УК_i}}{P_{УК_i}} \right\}. \text{ Таким свойством обладает УК №1.}$$

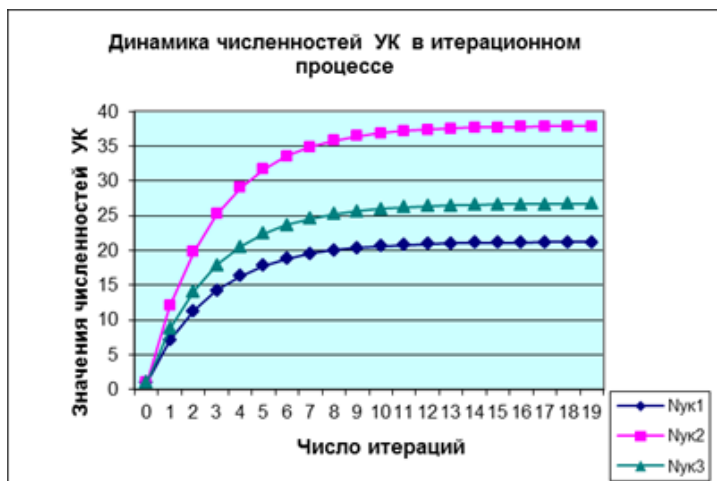


Рисунок 2-Динамика численностей УК в итерационном процессе

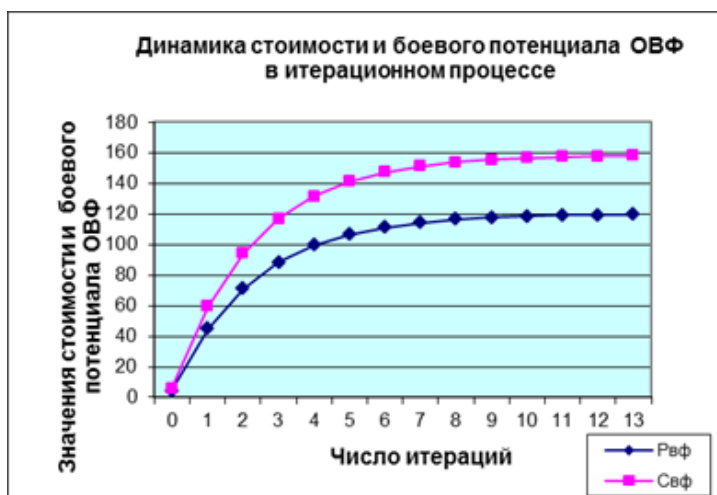


Рисунок 3- Динамика стоимости и боевого потенциала ОВФ в итерационном процессе

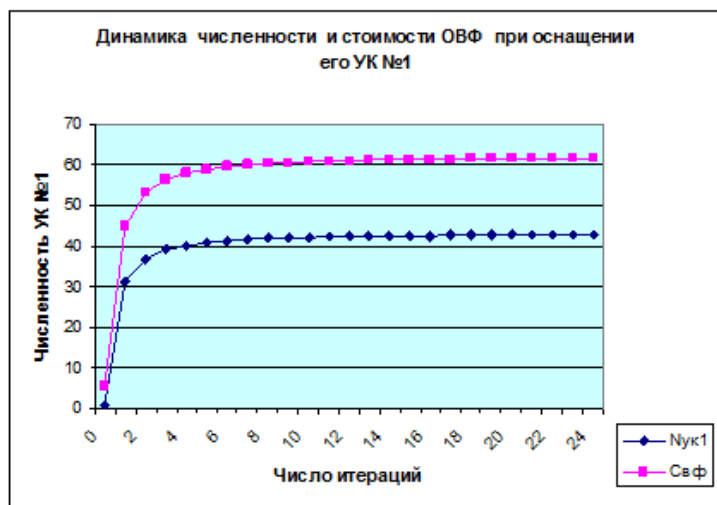


Рисунок 4 – Динамика численности и стоимости ОВФ при оснащении его УК №1

На рисунке 4 показан график итерационного процесса получения оптимальной численности УК №1 в составе ОВФ. При этом обеспечивается требуемое значение боевого потенциала ОВФ ($P_{ОВФ}^{ТР} = 120$ ед.) при стоимости оснащения ВВТ $C_{ОВФ} = 150,3$ у.е.

Рассмотренный методический подход позволяет решать задачу программно-целевого планирования оснащения Вооруженных Сил и его группировок войск (сил) с оценкой их боевых возможностей, что, несомненно, повышает степень объективности и достоверности принимаемых решений.

Для его реализации необходимо создание Единой системы исходных данных для ПЦП с включением в ее программный комплекс соответствующих расчетных алгоритмов.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения/Под ред. М.М. Московского. М.: Издательский дом «Граница», 2005.
2. Буренок В.М. Современные проблемы планирования развития системы вооружения РФ и направления их развития // Вооружение и экономика. 2010. № 4(12).
3. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. В 2-х ч. / Под ред. В.М. Буренка. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 513 с.
4. Буренок В.М. Новые технологии, новые системы вооружения, новые характеры войн // Вооружение и экономика. 2011. № 1(13).
5. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии: военно-теоретический труд / Под ред. А.А. Бобрикова. СПб.: Академия военных наук, 2006.
6. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Смоленков В.А. Введение в теорию эффективности боевых действий ракетных войск и артиллерии: монография. М.: ВАГШ, 2008.
7. Буравлев А.И., Цырендоржиев С.Р., Брезгин В.С. Основы методологического подхода к оценке боевого потенциала образцов ВВТ и воинских формирований // Вооружение и экономика. 2009. № 3(7).
8. Бонин А.С., Горчица Г.И. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований и соотношениях сил группировок сторон // Военная мысль. 2010. № 4.
9. Буравлев А.И., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники и их применение в задачах программно-целевого планирования // Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. В 2-х ч. / Под ред. В.М. Буренка. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 513 с.
10. Колмогоров А.Н., Фомин В.А. Элементы функционального анализа. М.: Наука, 1968.

11. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. М.: Радио и связь, 1982. 184 с.
12. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В. Ягольников. Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009. 262 с.
13. Горчица Г.И., Ищук В.А. Проблемы моделирования в интересах военного строительства и планирования развития ВВТ // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. РАРАН, 2013. № 3(78).
14. Буравлев А.И., Горшков П. С. К вопросу о построении агрегированной модели противоборства группировок войск // Вооружение и экономика. 2017. № 5(42).
15. Военный бюджет государства. Методы обоснования и анализа / Под общ. ред. Г.С. Олейника. М.: Военное издательство, 2000. 359 с.
16. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: Военный университет, 2015. 340 с.
17. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюции взглядов на проблемы, методы, решения. М.: Издательство «Граница», 2013.
18. Останков В.И. Методология военно-экономического обоснования перспективного облика Вооруженных сил Российской Федерации: монография. М.: ВАГШ, 2013. 144 с.
19. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Издательская группа «Граница», 2012. 424 с.
20. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира // Вооружение и экономика. 2012. № 3(19).
21. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости танков и численности боевого состава бронесил стран мира // Вооружение и экономика. 2013. № 1(21).
22. Карманов В.Г. Математическое программирование. 2-е изд. М.: Наука, 1980. 256 с.

УДК 355.6

В.Б. КОНОВАЛОВ, доктор
экономических наук, профессор
А.В. БАБЕНКОВ, доктор
экономических наук, профессор
А.В. ГУРЬЯНОВ, кандидат
экономических наук, доцент

РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЦЕЛЕВЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье рассмотрены особенности функционирования целевых логистических систем, предложена расчетно-аналитическая модель обоснования основных параметров целевых логистических систем, позволяющая осуществить решение задач, возникающих при управлении системой материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации и других Федеральных органов исполнительной власти.

Ключевые слова: целевая логистическая система; расчетно-аналитическая модель; прогноз ценообразования; госзакупки; балансовая прибыль; рациональная стоимость

Современная наука, рассматривая логистические системы, формулирует задачу логистики как достижение максимального эффекта с минимумом затрат [1]. Иными словами, функционирование логистической системы должно обеспечивать приемлемый уровень обеспечения ресурсами и услугами при минимуме общих затрат.

В большинстве случаев данная постановка задачи будет верна, однако существует обособленный класс логистических систем, которые данному закону не подчиняются. Такие логистические системы можно назвать целевыми, так как их функционирование призвано выполнять конкретную задачу, обеспечивать какую-либо цель. Минимизация затрат при этом уходит на второй план. Таким образом, функционирование целевой логистической системы должно обеспечивать заданный уровень обеспечения ресурсами и услугами при приемлемых (рациональных) общих затратах.

В качестве примера подобных систем можно привести системы, призванные обеспечивать бесперебойную работу материально-технического (тылового) обеспечения (МТО) Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) и других Федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ).

Любая подобная система как целенаправленная организационно-техническая система имеет целью обеспечения необходимыми материальными ресурсами и услугами функционирование некоторых целевых экономических, социальных, военных, экологических систем и их объектов [1; 2]. В этом смысле логистическая система является элементом контура обратной связи, обеспечивающей управление целевой системой (рисунок 1).

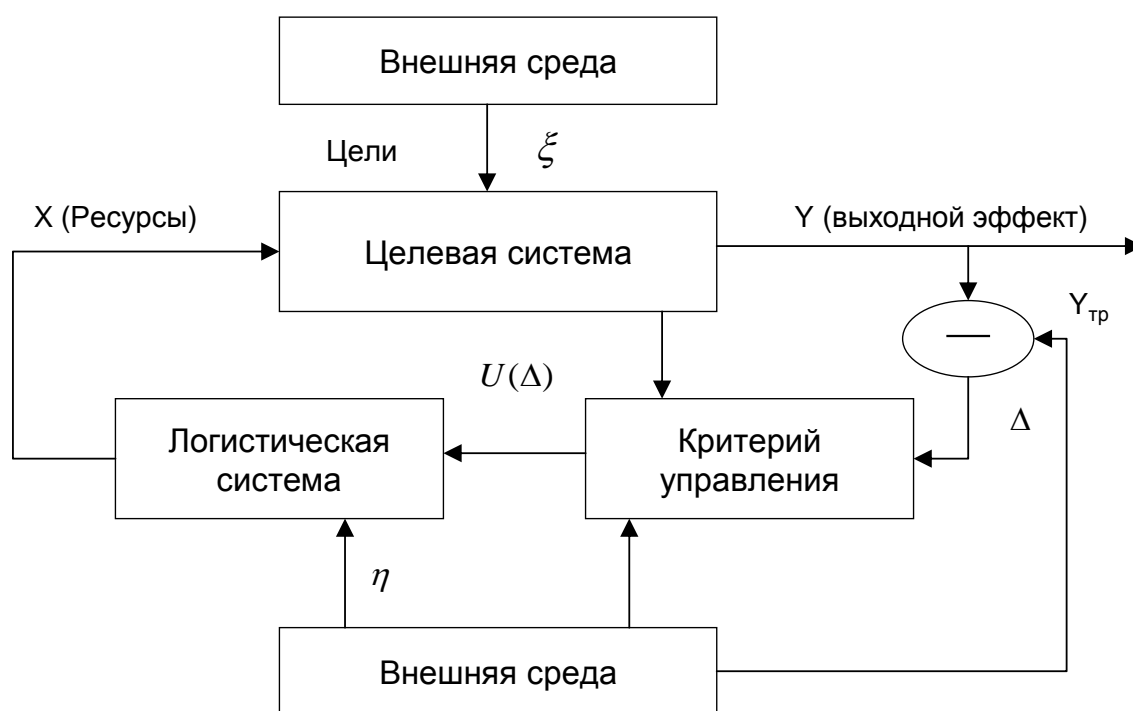


Рисунок 1 – Схема управления целевой логистической системой

Основным требованием, предъявляемым к логистической системе, является бесперебойное обеспечение необходимыми ресурсами и услугами. Указанное требование в данном случае выступает в качестве параметра системы материально-технического обеспечения ВС РФ и других ФОИВ. По сути дела, речь идет о способности поставщика логистических услуг (в качестве которого могут выступать как собственные департаменты и службы, так и внешний логистический оператор) обеспечить ми-

нимальный риск несоблюдения заданных значений показателей, описывающих качество логистического обслуживания. При таком подходе естественным критерием отбора поставщика логистических услуг будет минимальное значение прогнозируемой вероятности срыва им своих обязательств перед заказчиком [2; 3].

Бесперебойность обеспечения – основной параметр логистической системы, отражающий качество её функционирования. Он зависит от таких характеристик логистической системы, как:

- производительность, характеризующая объем предоставляемых ресурсов и услуг в единицу времени;
- мобильность, отражающая возможность обеспечения ресурсами удаленных и пространственно разнесенных объектов;
- надежность, характеризующая способность системы выполнять свои функции в случае возможных отказов ее технических и информационных средств и техногенных воздействий внешней среды;
- живучесть, характеризующая способность логистической системы выполнять свои функции при активном противодействии объектов внешней среды.

Вторым важным параметром логистической системы является рациональная цена предоставляемых ресурсов и услуг. Цена предлагаемых ресурсов и услуг является ключевым элементом, обеспечивающим баланс между спросом и предложением. Показатели «цена–качество» являются основой для формирования критерия эффективности логистической системы. Здесь также можно говорить о минимизации вероятности того, что поставщик логистических услуг будет требовать за свою работу плату, превышающую заранее установленную [1; 4].

Как известно, цена продукции, работ, услуг складывается из себестоимости и прибыли (изготовителя, исполнителя), а также из последующих надбавок у посредников между первичным исполнителем и заказчиком. Кроме того, на функционирование системы материально-технического обеспечения ВС РФ и других ФОИВ будет накладываться существенный отпечаток использование контрактной системы для обеспечения государственных нужд.

Следует отметить особенности назначения нижнего предела предлагаемой участниками конкурса в процессе государственных закупок то-

варов, работ и услуг (Госзакупок) цены, который не может быть ниже себестоимости. Соответственно, для заключения долгосрочных контрактов на поставку требующихся ресурсов и услуг необходим прогноз ценообразования на предмет Госзакупок.

В условиях конкуренции прогноз ценообразования в процессе Госзакупок позволяет на стадии поиска потенциальных поставщиков логистических услуг и подготовки к заключению контракта определить некоторую базовую цену, «отталкиваясь» от которой заказчику необходимо вести переговоры во время проведения торгов. При этом с независимой позиции учитывается эластичность спроса по цене и определяется минимально необходимая балансовая прибыль поставщика, достаточная для реализации объема продаж соответствующего вида ресурсов и услуг, исходя из потребностей ВС РФ и других ФОИВ.

Если для осуществления прогноза принять условие, что цена c_i зависит от объемов продаж Q_i , т.е. при неустойчивой конъюнктуре рынка, функцию спроса можно представить в следующем виде [5; 6]:

$$c_i = \frac{\delta_i}{Q_i^\psi}, 0 < Q_i \leq Q_i^{\max}, \quad (1)$$

где δ_i – коэффициент, численно равный цене i -го вида ресурсов и услуг при объеме продаж, равном одной единице за единицу времени; ψ – эмпирический показатель степени; Q_i^{\max} – максимально возможный объем продаж ресурсов и услуг i -го вида на рынке.

Допустимые пределы значений показателя степени ψ определяются для случая эластичного спроса. Продифференцировав c по Q , получим:

$$\frac{dc_i}{dQ_i} = -\psi \delta_i / Q_i^{\psi+1} = -\psi c_i / Q_i. \quad (2)$$

Отсюда следует, что:

$$-\psi = (c_i / Q_i) \frac{dc_i}{dQ_i} \quad \text{или} \quad 1/\psi = |(c_i / Q_i)| \frac{dc_i}{dQ_i}. \quad (3)$$

Максимальное значение балансовой прибыли Π_B при неустойчивой конъюнктуре не обязательно имеет место при максимально возможном объеме продаж. Балансовая прибыль логистической системы равна разности выручки $R_i = c_i Q_i$ на потребительском рынке и суммарных затрат C_i ее субъектов:

$$\Pi_B = \sum_{i=1}^I (R_i - C_i), \quad (4)$$

или с учетом (2)

$$\Pi_B = \sum_{i=1}^I (\delta_i Q_i^{1-\psi} - Q_i \sum_{n=1}^N c_{in}), \quad (5)$$

где c_{in} – удельные затраты n -го субъекта логистической системы, приходящиеся на одну единицу объема продаж i -го вида ресурсов и услуг конечным потребителям.

Поскольку

$$dR/dQ = (1 - \psi)\delta/Q^\psi \quad (6)$$

– убывающая функция [5; 6],

$$dC/dQ = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in} = const, \quad (7)$$

то $\Pi_B > 0$ при $0 < Q_i \leq Q_i^{\max}$, так как $\Pi_B = 0$, при $Q = 0$ и

$$Q = Q_i = (\delta_i / \sum_{n=1}^N c_{in})^{1/\psi}, \quad (8)$$

что следует из равенства:

$$\sum_{i=1}^I (\delta_i Q_i^{1-\psi} - Q_i \sum_{n=1}^N c_{in}) = 0. \quad (9)$$

Используя формулы (2) и (5), найдем Q^0 , при котором балансовая прибыль Π_B имеет наибольшее значение Π_B^0 на отрезке $0 \leq Q^0 \leq Q_{\max}$ при заданных затратах $\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in}$.

Из уравнения $d\Pi_B / dQ = 0$ следует, что единственный экстремум функции (5) имеет место при:

$$Q^0 = \sum_{i=1}^I [(1 - \psi)(\delta_i / \sum_{n=1}^N c_{in})]^{1/\psi}. \quad (10)$$

Он является максимумом этой функции, поскольку:

$$\frac{d^2 \Pi_B}{dQ^2} = -\psi(1 - \psi) \sum_{i=1}^I \left[(1 - \psi) \frac{\delta_i}{\sum_{n=1}^N c_{in}} \right]^{-\frac{1+\psi}{\psi}} < 0, \quad (11)$$

и одновременно ее наибольшим значением в интервале $0 \leq Q^o \leq Q_{\max}$.

Будем полагать, что любой субъект логистической системы обладает пропускной способностью, которая достаточна для реализации объема продаж Q^o . Подставив Q^o в формулу (5) и выполнив тождественные преобразования, получим модель для определения наибольшей балансовой прибыли при заданных удельных затратах:

$$\Pi_B^o = \sum_{i=1}^I [\Psi / (1 - \Psi)] Q_i^o \sum_{n=1}^N c_{in} \quad (12)$$

при $0 < \Pi_B^o < \infty$, так как $0 < \psi < 1$.

Если, преобразовав формулу (2) с учетом (3), продифференцировать Π_B^o по $\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in}$, то получим:

$$\frac{d\Pi_B^o}{d \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in}} = - \sum_{i=1}^I [(1 - \psi) \delta_i]^{\frac{1}{\psi}} (\sum_{n=1}^N c_{in})^{-\frac{1}{\psi}} < 0 \quad (13)$$

при $\sum_{n=1}^N c_{in} > 0$, что соответствует экономическому смыслу связи прибыли и удельных затрат: с ростом удельных затрат прибыль снижается.

Очевидно, для любой логистической системы среди всех допустимых вариантов удельных затрат $c_s = (\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in})_s$, $s = 1, 2, \dots$, можно найти вариант $c_s = c^{\min}$, при котором $\Pi_B^o = \Pi_B^{\max}$.

Поэтому согласно (12) получим оптимизационную модель:

$$\Pi_B^{\max} = c^{\min} \sum_{i=1}^I [\Psi / (1 - \Psi)] Q_i^o, \quad (14)$$

в которой Q^o получено при $c_s = c^{\min}$.

Из формулы (14) следует, что для выполнения первого условия оптимизации целевой логистической системы требуется производство и продажа Q_i^o единиц ресурсов и услуг в единицу времени при минимально допустимых суммарных удельных затратах c^{\min} .

При рассмотрении второго условия оптимизации целевой логистической системы необходимо учесть, что она состоит из n субъектов. Тогда из (12) и (14) следует, что:

$$\Pi_B^o = \sum_{n=1}^N [\Psi / (1 - \Psi)] Q_n^o \sum_{i=1}^I c_{in} \quad (15)$$

и

$$\Pi_B^{\max} = c^{\min} \sum_{n=1}^N [\Psi / (1 - \Psi)] Q_n^o. \quad (16)$$

Запишем формулу (16) с учетом того, что c^{\min} является суммой затрат субъектов логистической системы, при которой:

$$\Pi_B^o = \Pi_B^{\max} = \sum_{n=1}^N (\sum_{i=1}^I [\Psi / (1 - \Psi)] Q_{in}^o c_{in}) = \sum_{n=1}^N \Pi_{Bn}. \quad (17)$$

Очевидно, что Π_{Bn} – это балансовая прибыль n -го субъекта логистической системы при $Q_{in}=Q_{in}^o$. Коэффициент $\Psi / (1 - \Psi)$ по своему экономическому смыслу является доходностью n -го субъекта, так как равен отношению балансовой прибыли Π_{Bn} к затратам $c_n Q^o$. Поскольку этот коэффициент одинаков у всех n субъектов, то при $c_s = c^{\min}$, $s = 1, 2, \dots$, $(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n) = (\Pi^o_1, \Pi^o_2, \dots, \Pi^o_n)$ – опорная точка на поверхности Парето, соответствующая $\Pi_B^o = \Pi_B^{\max}$.

В конкретной ситуации субъекты целевой логистической системы могут согласовывать прибыли, отличающиеся от координат этой точки. Согласованные прибыли, так как они получены на основе консенсуса, будут рациональными, так как остаются приближенными к Парето-оптимальным. Если увеличение прибыли субъекта после выхода из логистической системы прогнозируется меньше прироста транзакционных издержек, то его согласованная прибыль будет удовлетворительной [7; 8].

Следовательно, при реализации второго условия отыскивают опорную точку на поверхности Парето и соответствующее ей распределение максимальной балансовой прибыли Π_B^{\max} среди субъектов целевой логистической системы. На его основании определяются базовые цены на необходимые ресурсы и услуги, и если они признаются приемлемыми для поставщиков логистических услуг и органов управления системы материально-технического обеспечения, то целевая логистическая система становится равновесной (устойчивой), а ее функционирование – рациональным.

В целом, управление логистической системой осуществляется на основании критерия, устанавливаемого целевой системой, либо задаваемого извне. Этот критерий формируется на основе сравнения выходного эффекта целевой системы $Y(t)$ с требуемым значением $Y_{TP}(t)$, которое задается из внешней надсистемы. Вектор отклонения $\Delta = Y - Y_{TP}$ достигнутого эффекта от требуемого является индикатором формирования управляющего воздействия $U(\Delta, t)$ на логистическую систему в соответствии с принятым критерием.

Таким образом, задачей целевой логистической системы является создание необходимого запаса материальных ресурсов и поставка их в ходе заданного временного интервала с интенсивностью $\mu_{min} < \mu < \mu_{max}$ при рациональных издержках.

Отсюда следует, что разработанная расчетно-аналитическая модель обоснования параметров целевых логистических систем позволяет осуществить решение задач, возникающих при управлении логистическими системами. Новизна разработанной модели заключается в универсальном подходе и ориентации на основные параметры целевой логистической системы (производительность, мобильность, надежность, живучесть) при рациональной стоимости необходимых ресурсов и услуг.

Список использованных источников

1. Бабенков А.В., Бабенкова Д.А. Стохастическая модель управления логистической подсистемой материально-технического обеспечения войск (сил) // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2018. № 2 (46). С. 20-25.
2. Бабенков А.В., Калягин Д.А. Методика военно-экономического обоснования рациональных планов доставки материальных средств // Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники». 2016. С. 117-122.
3. Саркисов С.В., Путилин П.А., Бабенков А.В., Вакуненко В.А. Применение цифровых технологий в системе эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами воинских частей и организаций Министерства обороны Российской Федерации // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. № S8 (9). С. 20-26.
4. Бабенков В.И., Платонов В.Е. Проблемные вопросы военной логистики при завозе материально-технических средств подразделениям пограничных органов, дислоцируемым в районах Крайнего Севера // Научный вестник Вольского военного

института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2018. № 4(48). С. 184-188.

5. Бабенков В.И., Жакашев А.К. Военно-экономический анализ системы военной логистики // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2018. № 2(46). С. 93-98.

6. Коновалов В.Б., Тришункин В.В. Перспективные направления развития и пути совершенствования военной логистики // Экономика и предпринимательство. 2014. № 4-1(45-1). С. 455-458.

7. Топоров А.В., Бабенков В.И. Обоснование военно-экономической безопасности цепей поставок материально-технических средств для обеспечения войск (сил) // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева. 2020. № 2(22). С. 7-13.

8. Гурьянов А.В. Оценка логистических процессов поставок ЗИП для поддержания исправности технических объектов. СПб.: ГУАП, 2018. 141 с.

УДК 355.014.1

Н.В. Фиров, доктор экономических наук, профессор
С.А. Сорокин

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЁМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ СИСТЕМ И ЭЛЕМЕНТОВ ОБРАЗЦОВ ВВТ НА РАННИХ ЭТАПАХ ИХ СОЗДАНИЯ

В статье предложен методический подход к прогнозированию объемов отработки систем и элементов образцов ВВТ, как составной части общей методологии оценки затрат на их создание. В его основу положена гипотеза о зависимости объема отработки изделия от степени отличия его характеристик по сравнению с прототипом. На примере маршевых твердотопливных двигателей проведено обоснование объема испытаний разрабатываемого изделия, обеспечивающего его отработку с заданной доверительной вероятностью.

Ключевые слова: опытно-конструкторская работа; экспериментальная отработка; тактико-технические характеристики; степень новизны; доверительная вероятность.

Создание новых образцов вооружения и военной техники (ВВТ) связано с определенными техническими и экономическими рисками, которые оказывают существенное влияние на сроки и стоимость выполнения опытно-конструкторских работ (ОКР), прогнозирование которых вследствие значительной неопределенности вызывает серьезные трудности и характеризуется, как правило, невысокой точностью. Особенно это характерно в отношении работ по экспериментальной отработке систем и элементов разрабатываемых образцов.

Одна из основных причин значительной ошибки прогноза затрат на создание образцов ВВТ на основе существующих методик с использованием параметрических методов состоит в том, что затраты определяются с учетом основных тактико-технических характеристик образцов. В то же время, по нашему мнению, более уместным было бы учитывать не абсолютные значения характеристик образцов, их систем и элементов (в дальнейшем изделий), а степень отличия (новизны) изделий от прототи-

пов. Подтверждение гипотезы о влиянии степени новизны разрабатываемого изделия по отношению к прототипу (степени радикальности реализованных в изделии инноваций) на затраты и объем его отработки показано в работе [1]. Однако, предложенный в ней методический подход позволяет оценить лишь изменения в объемах отработки изделий, вызванные различной степенью их новизны, т.е. проводить сравнительный анализ, и не позволяет определить сами объемы отработки.

Степень новизны изделий может быть отражена двумя уровнями описания: конструктивным и параметрическим (функциональным) [1; 2]. Конструктивный уровень описания характеризует степень новизны изделия с позиции его структуры и отражает использование в нем ранее разработанных (заимствованных) и новых (оригинальных) составных элементов. Функциональный уровень описания должен характеризовать отличие разрабатываемого изделия от своего прототипа по основным эксплуатационно-техническим характеристикам.

При прогнозировании затрат на проведение ОКР предпочтительным является использование конструктивного описания степени отличия разрабатываемых изделий от прототипов, где основным показателем является коэффициент применяемости ($K_{пр}$), характеризующий долю стандартных и унифицированных (заимствованных с других разработок) составных частей в изделии. Однако, учитывая трудности расчета коэффициента применяемости и в связи с ограниченной фактической информацией по нему, особенно на ранних этапах работ по созданию изделий, практическая реализация подхода к оценке рассматриваемых временных и стоимостных показателей на его основе проблематична. Более предпочтительным при проведении указанных оценок является использование параметрического уровня описания новизны разрабатываемых изделий.

При параметрическом описании уровень новизны изделия (радикальности инноваций) может быть выражен в виде степени преемственности изделий по основным характеристикам либо в виде относительного изменения характеристик [3]. Использование того или иного показателя степени новизны разрабатываемого изделия не принципиально. В данной статье для оценки степени новизны разрабатываемых изделий по отношению к прототипу использовано относительное изменение характеристик ($\bar{\Delta P}$).

Одно из центральных мест при создании методик прогнозирования объемов испытаний изделий занимает вопрос выбора учитываемых характеристик. В этом плане необходимо выделить, в первую очередь, показатели назначения изделий, габаритно-массовые характеристики и показатели, отражающие уровень их технического совершенства. К числу первых в отношении, например, двигателей относятся тяга, время работы и др. Однако более предпочтительным здесь является использование характеристик, отражающих, косвенным образом, одновременно несколько показателей назначения, что в определенной степени смягчает проблему их свертки. Так для маршевых двигателей в качестве таких «обобщающих» характеристик могут быть использованы их масса и суммарный импульс. Следует отметить, что, несмотря на существующее скептическое отношение к массе, этот показатель достаточно успешно используется при экономических оценках, особенно в отношении различного рода силовых установок [5-7], а в рассматриваемом примере масса двигателя, кроме тяги и времени работы, дополнительно косвенно отражает давление в камере сгорания – важного стоимостного фактора.

В отношении показателей технического совершенства действует одно из правил: «чем больше показатель, тем лучше» либо «чем меньше показатель, тем лучше». К показателям, отражающим уровень технического совершенства двигателей можно отнести коэффициент весового совершенства, удельный импульс и т.п. Для некоторых изделий, например, для систем управления, систем ориентации показатели назначения (различного рода точностные показатели) одновременно характеризуют и уровень их технического совершенства.

Если характеристика не отражает уровень технического совершенства изделия, то показатель $\bar{\Delta}P$ рассчитывается по формуле:

$$\bar{\Delta}P = \frac{|P - P^*|}{P^*}, \quad (1)$$

где $\bar{\Delta}P$ – показатель уровня новизны изделия (относительное отклонение характеристики от прототипа); P, P^* – значения характеристики рассматриваемого изделия и его прототипа, соответственно.

Оценку степени новизны разрабатываемых образцов по характеристикам, отражающим уровень технического совершенства, также допускается проводить по формуле (1). В то же время здесь более уместно использовать следующие зависимости [4]:

если характеристику требуется максимизировать (чем больше характеристика, тем выше уровень технического совершенства):

$$\bar{\Delta}P = \frac{|P - P^*|}{P^* - P_{min}}, \quad (2)$$

если характеристику требуется минимизировать:

$$\bar{\Delta}P = \frac{|P - P^*|}{P_{max} - P^*}, \quad (3)$$

где P_{min}, P_{max} – минимальное и максимальное значение характеристики изделий рассматриваемого вида.

Использование формул (2), (3) вместо (1) позволяет более корректно отразить некоторые важные тенденции в разработке изделий, в зависимости от уровня их технического совершенства. В частности, известно, что развитие науки, техники и общественной жизни подчиняется, как правило, экспоненциальному закону. В связи с этим, чем выше технический уровень образца, тем больше финансовых и временных ресурсов потребуется для его дальнейшего совершенствования на заданную степень новизны. Формулы (2) и (3) как раз и позволяют учесть не только степень отличия образца от прототипа, но и отражают уровень их технического совершенства, а, следовательно, и отмеченную выше закономерность.

В случае необходимости учета нескольких ценообразующих характеристик в условиях ограниченности опытных данных целесообразно проводить их свертку.

Иллюстрация наличия существенной связи между количеством испытаний разрабатываемых изделий и степенью их отличия по основным характеристикам от прототипа и невозможности использования в целях прогнозирования числа испытаний абсолютных значений характеристик на примере маршевых твердотопливных двигателей приведена на рисунках 1 и 2.

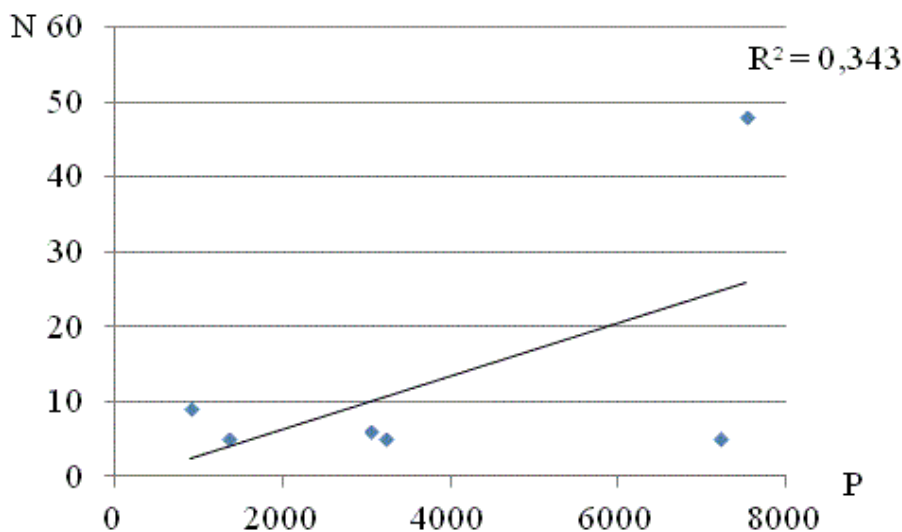


Рисунок 1 – Характер влияния суммарного импульса двигателя на объем испытаний

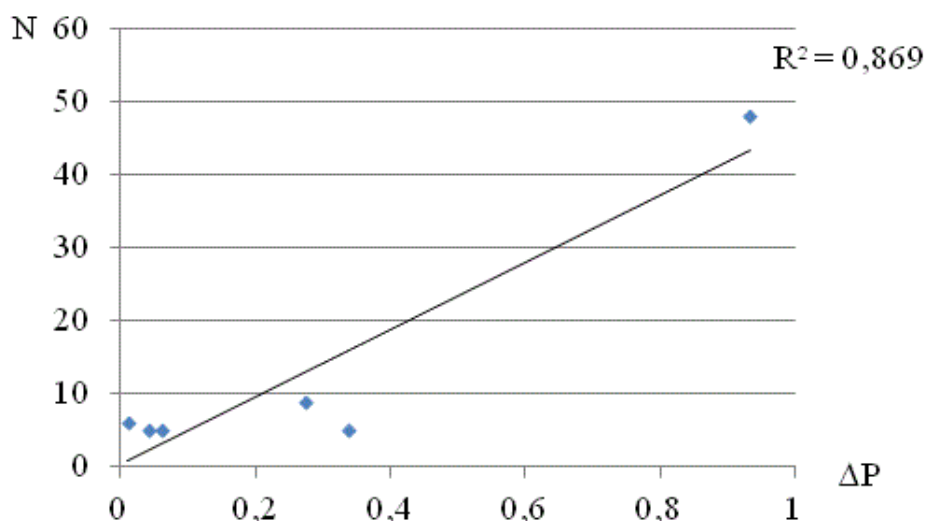


Рисунок 2 – Зависимость объема испытаний двигателя от относительного изменения его суммарного импульса по отношению к прототипу

Согласно проведенному анализу между количеством испытаний двигателя при его отработке и относительным отклонением его суммарного импульса от прототипа устанавливается устойчивая связь с коэффициентом детерминации 0,869. О влиянии суммарного импульса двигателя (абсолютных значений характеристик) на объем его отработки не может быть и речи. Здесь коэффициент детерминации составляет всего лишь 0,343. Если использовать полиномиальную модель, то коэффициенты детерминации составят 0,989 и 0,461, соответственно. Аналогичный результат был получен при учете в качестве основной характеристики

массы двигателя. При линейной аппроксимации коэффициент детерминации между количеством испытаний и массой двигателя составляет 0,543, а при учете относительного изменения массы – 0,967.

В дальнейшем нами используется полученная на основе обработки статистических данных полиномиальная зависимость количества испытаний, необходимых для отработки твердотопливных маршевых двигателей, от степени отличия их суммарного импульса от прототипа, имеющая вид:

$$\dot{N} = 68,043\bar{\Delta}P^2 - 18,673\bar{\Delta}P + 6,0786, \quad (4)$$

где \dot{N} – точечный прогноз количества испытаний двигателя; $\bar{\Delta}P$ – относительное отклонение суммарного импульса разрабатываемого двигателя от прототипа.

В интересах окончательного решения вопроса о возможности применения установленной регрессионной зависимости (4) было проверено правдоподобие гипотезы о согласованности теоретического и статистического распределений. Как известно, для этого могут применяться различные критерии согласия, в том числе и используемый нами критерий Фишера, рассчитываемый по формуле [8]:

$$F = \frac{\sigma_{\text{рег}}^2}{\sigma_{\text{ост}}^2}, \quad (5)$$

где $\sigma_{\text{рег}}^2$, $\sigma_{\text{ост}}^2$ – дисперсия регрессии, характеризующая отклонения расчетных значений показателя от его среднего значения и остаточная дисперсия, характеризующая отклонения фактических значений показателя от расчетных, соответственно.

Указанные дисперсии вычисляются по формулам:

$$\sigma_{\text{рег}}^2 = \frac{\sum(N_{ip} - N_{cp})^2}{m - 1}; \quad \sigma_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum(N_i - N_{ip})^2}{n - m}, \quad (6)$$

где N_{ip} – расчетное значение количества испытаний; N_{cp} – среднее значение количества испытаний; n – объем выборки; m – количество статистических параметров в модели.

В результате проведенного анализа было установлено, что расхождения между теоретической кривой и статистическим распределением вызваны случайными обстоятельствами, обусловленными, в том числе, и ограниченными исходными данными, а не являются существенными и не вызваны неадекватностью самой модели реальному процессу. Гипотеза об адекватности модели не была отклонена.

Таким образом, результаты корреляционного и регрессионного анализов подтверждают гипотезу о наличии существенной связи между количеством испытаний разрабатываемых изделий и степенью их отличия от основных характеристик прототипов.

Использование при прогнозировании числа испытаний не абсолютных характеристик изделий, а показателя, характеризующего их отличие от характеристик изделий-прототипов, обуславливает не только саму возможность более корректного прогнозирования числа испытаний, но и возможность расширения объёма статистических данных, дополнительно повышая обоснованность прогноза. Так, например, в рассматриваемом случае выборка формировалась не отдельно для маршевых двигателей первой, второй либо третьей ступеней, а в отношении всех типоразмеров маршевых двигателей. А, как известно, решение проблемы ограниченности информации для образцов ВВТ имеет огромное значение.

Ниже на примере маршевых твердотопливных двигателей, изложен алгоритм и проведено обоснование объема испытаний разрабатываемого образца, обеспечивающего его отработку с некоторой заданной доверительной вероятностью β .

Как известно (см., например, [8]), интервальный прогноз показателя, в данном случае объема испытаний, определяется по зависимости:

$$N_{и} = \dot{N} \pm t_{\beta} \cdot \sigma_N \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{\Delta}P_{расч} - \bar{\Delta}P_{ср})^2}{k}}, \quad (7)$$

где $N_{и}$ – интервальный прогноз необходимого количества испытаний для отработки разрабатываемого двигателя; \dot{N} – точечный прогноз количества испытаний двигателя, определяемый по формуле (4); t_{β} – коэффициент Стьюдента – табличный коэффициент, отражающий степень доверия прогнозу; σ_N – среднее квадратическое отклонение числа испытаний по индивидуальным наблюдениям от линии регрессии;

n – объем выборки; $\bar{\Delta P}_{\text{cp}}$ – среднее значение относительного отклонения основной характеристики изделий от прототипов в выборке; k – сумма квадратов отклонений фактических индивидуальных отклонений показателя $\bar{\Delta P}_i$ от его среднего значения в выборке:

$$k = \sum (\bar{\Delta P}_i - \bar{\Delta P}_{\text{cp}})^2. \quad (8)$$

Таким образом, в целях прогнозирования объема испытаний разрабатываемого изделия, обеспечивающего его отработку с требуемой наперед заданной доверительной вероятностью, методика должна содержать:

\dot{N} – регрессионную зависимость точечного прогноза количества испытаний изделия (в рассматриваемом случае зависимость (4));

показатель k – сумма квадратов отклонений фактических индивидуальных отклонений показателя $\bar{\Delta P}_i$ от его среднего значения в выборке;

σ_N – среднее квадратическое отклонение числа испытаний по индивидуальным наблюдениям от линии регрессии;

$\bar{\Delta P}_{\text{cp}}$ – среднее значение относительного отклонения основной характеристики изделий от прототипов в выборке.

Среднее квадратическое отклонение объема испытаний по индивидуальным наблюдениям от линии регрессии определяется по известной зависимости вида:

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{\sum (N_i - N_{ip})^2}{n}}, \quad (9)$$

где N_i – фактические объемы испытаний; N_{ip} – расчетные объемы испытаний, определяемые по регрессионной зависимости точечного прогноза (4).

На основе проведенных расчетов установлено:

$$\sigma_N = 1,587; \quad k = 0,607; \quad \bar{\Delta P}_{\text{cp}} = 0,276.$$

Пусть разрабатывается двигатель, отличающийся по суммарному импульсу от своего прототипа на 30%. Необходимо определить объем испытаний, обеспечивающий отработку двигателя с доверительной вероятностью 0,7 (весьма вероятно).

Точечный прогноз количества испытаний разрабатываемого двигателя при отличии его характеристики от прототипа на 30% в соответствии с формулой (4) составит: $\dot{N} = 6,6$.

Коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $\beta = 0,7$ и объема выборки $n=6$ согласно приложения 5 работы [8] равен: $t_\beta = 1,156$.

Интервальный прогноз объема испытаний определяется по зависимости (7) и равен: $N_{\text{и}} = 6,6 \pm 2$.

В рассматриваемом случае, учитывая требование целочисленности количества испытаний, необходимо более глубоко проанализировать результаты отработки двигателя при 9-ти, 8-ми и 7-ми испытаниях, т.е. решить обратную задачу: оценить доверительную вероятность того, что объем испытаний не превысит указанных величин. В этих целях необходимо определить такие значения t_β , при которых верхние границы интервального прогноза будут соответствовать заданным объемам испытаний, т.е. $N_{\text{зад}} = 9$, $N_{\text{зад}} = 8$ и $N_{\text{зад}} = 7$.

Коэффициент t_β определяется по зависимости:

$$t_\beta = \frac{N_{\text{зад}} - \dot{N}}{\sigma_N \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\bar{\Delta P}_{\text{расч}} - \bar{\Delta P}_{\text{ср}})^2}{k}}} \quad (10)$$

При $N_{\text{зад}} = 9$, исходя из (10) имеем: $t_\beta = 1,512$ и $\beta = 0,806$. Тогда можно заключить: вероятность того, что количество испытаний не превысит 9-ти, равна: $\text{Вер}_9 = 0,5 + \frac{0,806}{2} = 0,903$.

Для 8 испытаний имеем: $t_\beta = 0,882$ и $\beta = 0,580$. Вероятность того, что для отработки не потребуется больше 8-ми испытаний, равна: $\text{Вер}_8 = 0,5 + \frac{0,580}{2} = 0,790$.

Вероятность того, что для отработки двигателя не потребуется больше 7-ми испытаний составит менее заявленной величины 0,7.

Следовательно, при прогнозировании ожидаемых затрат и сроков проведения ОКР необходимо исходить из того, что для отработки двигателя потребуется проведение 8-ми испытаний.

Таким образом, установлено, что для отдельных видов изделий между объемами испытаний при их отработке и степенью их отличия от прототипов по основным характеристикам может существовать тесная связь. Объем отработки изделий в данном случае может быть представлен в виде регрессионной зависимости от степени его новизны.

Такой подход к прогнозированию объема испытаний разрабатываемых изделий позволит:

1) обосновать объем испытаний разрабатываемого образца, обеспечивающего его отработку с требуемой наперед заданной доверительной вероятностью β ;

2) определить доверительную вероятность того, что количество испытаний при отработке изделия не превысит наперед заданного объема.

Следует также еще раз отметить, что использование при прогнозировании числа испытаний не абсолютных характеристик образцов, а их степени отличия от прототипов, позволяет увеличить объем выборки, дополнительно повышая обоснованность прогноза.

Кроме того, предложенный подход к прогнозированию объема испытаний изделий для их отработки, может быть использован для установления зависимости вероятности успешного выполнения работ от объема выделенных ассигнований. Высказывания о такой зависимости на качественном уровне известны. Однако, ее количественного описания или методологии построения в настоящее время пока не существует.

Список использованных источников

1. Фиров Н.В. Методическое обеспечение оценки влияния степени радикальности инноваций на стоимость и сроки разработки сложных технических систем // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 7(454). С. 185-195.
2. Фиров Н.В. Влияние степени радикальности инноваций на затраты по экспериментальной отработке изделий // Вопросы региональной экономики. 2016. № 1(26). С. 49-51.
3. Викулов С.Ф., Фиров Н.В. Постановка задачи обоснования рациональной степени радикальности инноваций при разработке образцов вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2014. № 26.
4. Фиров Н.В. Методические основы оценки конкурентоспособности предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 22(325). С. 2-9.
5. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира // Вооружение и экономика. 2012. № 3.
6. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости танков и численности боевого состава бронесил стран мира // Вооружение и экономика. 2013. № 1.
7. Нестеров А.А. Об оценке стоимости образца вооружения и военной техники с учетом коэффициента военно-технического уровня // Вооружение и экономика. 2017. № 3.
8. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: ВУ, 2015. 340 с.

Аннотации и ключевые слова

Abstracts and key words

В.М. Буренок,
К.Ю. Крюков

Синхронизация разработки государственных программ в области национальной безопасности

В статье рассматривается проблема обеспечения согласованной разработки государственной программы вооружения и государственной программы развития оборонно-промышленного комплекса. Анализируются причины несоответствия мероприятий ГПВ и ГП ОПК, приводящие к неготовности научно-технического задела для разработки и производства перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники. Предлагается уточнение организационных и методических основ формирования указанных программ для устранения выявленных недостатков.

Ключевые слова: Государственная программа вооружения; государственная программа развития оборонно-промышленного комплекса; синхронизация; научно-технический задел.

В.М. Буренок,
В.Г. Халитов

Защита бронетанковой техники от противотанковых средств

В статье рассматривается задача формирования рациональной системы защиты объектов бронетанковой техники от поражения противотанковыми средствами. Сформулирована постановка научной задачи, определены этапы ее решения.

Ключевые слова: бронетанковая техника; противотанковые средства; защита от поражения.

V. M. Burenok,
K. Yu. Kryukov

Synchronization of the State Programs Development in the Field of National Security

The article deals with the problem of the coordinated development ensuring the State armaments program and the State program of the military-industrial complex development as well. The article analyzes the reasons for the both programs arrangements discrepancy that leads to unavailability of the scientific and technical backlog intended for the advanced weapon, military and special equipment development and production. It is proposed certain clarification of the organizational and methodological bases for these programs formation to eliminate the identified deficiencies.

Key words: State armaments program; State program of the military-industrial complex development; synchronization; scientific and technical backlog.

V. M. Burenok,
V. G. Khalitov

Anti-Tank Weapon Protection for Armored Vehicles

The article deals with the problem of the armored vehicles rational system forming of anti-tank protection. The statement of the scientific problem is formulated, the stages of its solution are defined.

Key words: armored vehicles; anti-tank weapons; damage protection.

И.А. Карпачев,
Р.С. Белорозов,
В.В. Морозов

I. A. Karpachev,
R. S. Belorozov,
V. V. Morozov

Методический подход к оценке экспортного потенциала образцов вооружения и военной техники в интересах формирования проектов военно-технического сотрудничества

В статье затрагиваются вопросы оценки экспортного потенциала образцов вооружения и военной техники, которые являются важной составной частью в системе мероприятий, связанных с их продвижением на мировой рынок. Данная оценка важна и для кредитных организаций, так как уверенный выбор проектов военно-технического сотрудничества для инвестирования также зависит от экспортной привлекательности для потенциальных покупателей предлагаемых образцов техники. Научная новизна статьи состоит в проведенном разделении процесса комплексной оценки экспортного потенциала конкретного образца вооружения на ряд достаточно самостоятельных этапов, осуществлении анализа и оценки на каждом этапе разных граней проблемы закупки ВВТ и их взаимной увязки с системных позиций. Актуальность статьи заключается в наглядности и доходчивости представления получаемых результатов для всех участников конкретного проекта военно-технического сотрудничества: разработчика и производителя комплекса вооружения, инвестора проекта ВТС, покупателей комплекса и организаций или лиц, лоббирующих его приобретение.

Ключевые слова: оценка экспортного потенциала образцов; продвижение на мировой рынок; военно-техническое сотрудничество.

Methodical Approach to the Export Potential Assessment of Weapon and Military Equipment Samples in the Interests of the Military-Technical Cooperation Projects Creation

The article considers certain issues of the export potential assessment of weapons and military equipment samples that are meant to be important component in activities system related to the world market promotion. In addition, this assessment is important for credit organizations, as the confident military-technical cooperation projects selection for investment also depends on proposed equipment samples export attractiveness for potential buyers. The scientific novelty is determined by the process separation of the export potential complex assessment of concrete weapon samples in a number of sufficiently independent stages assessment, and analysis implementation of different problem of weapons and military equipment procurement at every step, and their interrelation with system positions. The rationale of the article is provided with evidence and audibility of the obtained results presentation for all participants of military-technical cooperation specific project: weapon developers and manufacturers, investors of military-technical cooperation project, complex buyers, and organizations, or individuals lobbying for his acquisition.

Key words: samples export potential assessment; world market promotion, military-technical cooperation.

А.В. Леонов,
А.Ю. Пронин

О важности системного проектирования нового оружия

В данной статье на основе анализа проблем и задач создания нового оружия представлены основные положения методологии системного проектирования, в том числе: принципы и этапы, комплексная модель и алгоритм ее практического применения. С использованием данной методологии представляется возможным перейти от традиционной парадигмы проектирования, связанной с обоснованием характеристик и конструктивно-технологического облика отдельных образцов, к новой парадигме – проектированию целостной совокупности унифицированных образцов нового оружия. В этом состоит важность и новизна системного проектирования.

Ключевые слова: проектирование, оружие, технология, унификация, система, модель.

A. V. Leonov,
A. U. Pronin

On the Matter of the Importance of New Weapon System Design

This article presents the main principles of the system design methodology based on the problems and tasks analysis of new weapon creation. They include principles and stages, an integrated model and an algorithm for its practical application. Using this methodology it seems to be possible the transition from the traditional design paradigm related to the characteristic validation and the structural and technological configuration of specific samples to a new paradigm – designing of entire unified weapon samples integrated set. That is the importance and novelty of systems engineering.

Key words: design; weapon; technology; unification; system; model.

Д.Н. Гула,
А.В. Спесивцев

Нечетко-возможностный подход к прогнозированию технического состояния объектов наземно-космической инфраструктуры

В статье представлен нечетко-возможностный подход к прогнозированию технического состояния объектов наземно-космической инфраструктуры (ОНКИ). Данный подход, в отличие от общепринятых математических моделей, позволяет осуществлять прогноз технического состояния ОНКИ с использованием знаний и опыта экспертов (экспертный опрос).

Ключевые слова: нечетко-возможностный подход; прогнозирование; техническое состояние; объекты наземно-космической инфраструктуры.

D. N. Gula,
A. V. Spesivtsev

A Fuzzy-Possibilistic Approach to Technical State Prediction of the Ground-Space Infrastructure

The article considers a fuzzy-possibilistic approach to the technical state prediction. This approach, in contrast to generally standard mathematical models, enables the technical condition prediction of ground-space infrastructure objects by means of the expert knowledge and experience (expert survey).

Key words: fuzzy-possibilistic approach; prediction; technical state; ground-space infrastructure objects.

А.И. Аюпов,
А.Н. Детков,
И.В. Кожухов

A. I. Ayupov,
A. N. Detkov,
I. V. Kozhukhov

Метод наведения беспилотного летательного аппарата на подвижную наземную групповую цель для её поражения неуправляемыми авиационными бомбами

An UAV Guidance Method to a Mobile Ground Multiple Target for its Destruction by Means of Unguided Air Bombs

Предложен метод наведения ударного беспилотного летательного аппарата на подвижную наземную групповую цель в горизонтальной плоскости, обеспечивающий его всеракурсный вывод в область применения по указанной цели неуправляемых авиационных бомб. Показаны особенности селекции малоскоростных групповых наземных целей на фоне подстилающей поверхности, а также аэробаллистического прицеливания на конечном участке наведения.

The article proposes a method for an UAV guidance to a mobile ground multiple target in the horizontal plane, enabling its full-range output into the unguided air bombs application area for the indicated target attack. The features of low-speed ground multiple target selection against the underlying surface, and aeroballistic aiming at the terminal site guidance as well are shown.

Ключевые слова: ударный беспилотный летательный аппарат; подвижная наземная групповая цель; бортовая РЛС; селекция малоскоростных целей; аэробаллистическое прицеливание; авиационные бомбы.

Key words: strike unmanned aerial vehicle; mobile ground multiple target; airborne radar; low-speed target selection; aeroballistic aiming; air bombs.

А.А. Мунтяну

A. A. Muntyanu

Постановка задачи по оценке технической оснащённости группировки комплексов стратегического ракетного вооружения

Statement of the task on the technical equipping of the group of strategic missile systems

В статье представлена постановка задачи, связанной с совершенствованием научно-методического обеспечения военно-технических исследований, направленных на анализ процесса оснащения (переоснащения) группировки стратегических ракетных комплексов на перспективные образцы вооружения и военной техники.

The article presents the setting of a task associated with improving the scientific and methodological support of military-technical research aimed at analyzing the process of equipping (re-equipping) a group of strategic missile systems for promising models of weapons and military equipment.

Ключевые слова: стратегический комплекс; образец ВВТ; программное мероприятие; техническая оснащённость.

Key words: strategic complex; weapon sample; program arrangement; technical equipping.

А.С. Боев,
Д.М. Бывших,
А.М. Жуков

A. S. Boev,
D. M. Byvshich,
A. M. Zhukov

Анализ научно-технического риска при обосновании предложений в государственную программу вооружения в части поставок техники радиоэлектронной борьбы

Рассмотрены факторы научно-технического риска (НТР) выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Под НТР понимается возможность срыва контрактных сроков НИОКР исполнителями. Влияние факторов НТР обуславливает увеличение длительности проведения НИОКР по сравнению с плановой, что определяет реальную возможность сдвига срока начала серийного производства новых образцов техники РЭБ. В целях учета НТР при технико-экономическом обосновании предложений в проект государственной программы вооружения (ГПВ) по развитию системы вооружения РЭБ на факторах НТР построена регрессия увеличения длительности НИОКР по созданию образцов техники РЭБ. Применение полученной зависимости позволяет значительно повысить качество обоснования предложений в формируемые проекты ГПВ в части поставок техники РЭБ в войска.

Ключевые слова: государственная программа вооружения, научно-технический риск, опытно-конструкторская работа, поставки, техника радиоэлектронной борьбы.

Scientific and Technical Risk Analysis in the Course of Proposals Substantiation for the State Armament Program in Terms of Electronic Warfare Equipment Supplies

The article considers risk factors of the research and development work (R&D) execution in the course of electronic warfare (EW) equipment development. Scientific and technical risk is understood to be the probability of executive failure to meet contract date of R&D. The influence on the scientific and technical risk factors causes an increase of the R&D duration in contrast to the planned one that determines the real opportunity of the new EW equipment mass production rescheduling. Regression dependency on increasing duration of EW equipment samples R&D to specified factors is created. The application of this dependency can significantly improve the quality of proposals validity for formed projects of the State Armaments Program in terms of EW equipment forces supplies.

Key words: State Armaments Program; scientific and technical risk; development; supplies, electronic warfare equipment.

В.Г. Найдёнов,
К.А. Тарасенко,
Е.В. Першин

V. G. Naydyonov,
K. A. Tarasenko,
E. V. Pershin

Методический подход к обоснованию требований к перспективным наземным средствам траекторных измерений по точности получения ими первичных измерений

В статье сформулирована актуальная научная задача обоснования требований к перспективным средствам траекторных измерений по точности получения ими первичных измерений, исходя из требований, предъявляемых к точности оценок вектора параметров движения испытываемых летательных аппаратов. Для решения данной задачи был использован численный оптимизационный метод крутого восхождения, который сочетает в себе многофакторное планирование и реализацию модельного эксперимента, линейный регрессионный анализ, а также градиентный метод максимизации показателя точности траекторного измерительного комплекса с учетом ограничения, накладываемого на требуемую точность этого комплекса. Разработанный методический подход может быть успешно применен при обосновании требований к траекторным измерительным средствам при разработке технических заданий на их создание.

Ключевые слова: траекторный измерительный комплекс; средства траекторных измерений; требования к средствам траекторных измерений; многофакторный эксперимент.

Methodical Requirements Substantiation Approach to Advanced Land-Based Trajectory Instruments for Accuracy of their Primary Measurements Acquisition

The article describes the current scientific problem of the requirements justification for advanced trajectory measurements instruments by the accuracy of primary measurements acquisition on the basis of the terms required for the of estimations accuracy of the testing aircraft motion rate vector. To solve this problem a numerical optimization steep climbing method is used, which combines multifactorial planning and implementation of a model experiment, linear regression analysis, as well as a gradient method of maximizing the accuracy index of a trajectory measurement complex that takes into account the limitation imposed on the required accuracy of this complex. The application of the developed methodical approach is possible successfully in cases of the requirements substantiation for trajectory measuring instruments in the course of specifications development for their creation.

Key words: trajectory measurement complex; trajectory measurement instruments; requirements to trajectory measurement instruments; multifactorial experiment.

С.Ф. Викулов,
Е.В. Горгола,
С.Р. Цырендоржиев

S. F. Vikulov,
E. V. Gorgola,
S. R. Tsyrendorzhiiev

**Исторический контекст развития
современной отечественной военно-
экономической мысли**

**Historical context of the development of
the modern military-economic science**

В статье проведен анализ становления и развития военно-экономической науки. Прослежена закономерная связь масштаба и характера военных угроз и военных конфликтов с военной экономикой, которая должна соответствовать требуемому уровню военно-технического обеспечения обороны страны. Подчеркнута объективная необходимость перехода к научному обоснованию принимаемых решений в условиях существенного изменения характера межгосударственного противоборства с преимущественным использованием различного рода враждебных действий невоенного характера, очерчен круг нерешённых проблем в области развития военно-экономической науки.

Ключевые слова: военно-экономическая наука; методология; военная экономика; война; промышленность; базовые отрасли; продукция двойного назначения; затраты; средства регулирования; мобилизация производственных мощностей; военно-экономическая деятельность; экономическое обеспечение войны; управление; принцип паритета; военно-промышленный комплекс; технологический уровень; экономический кризис; сетецентрическая война; гибридная война; враждебные действия; ресурсное обоснование.

The article analyzes the formation and development of military-economic science and shows a natural connection between the general staff and the nature of military threats and military conflicts with the military economy, which should correspond to the required level of military-technical support of the country's defense. The objective necessity of the transition to the scientific justification of the decisions made in the conditions of a significant change in the nature of the interstate confrontation with the predominant use of various types of hostile actions of a non-military nature is emphasized, the range of unresolved problems in the field of the development of military-economic science is outlined.

Key words: military-economic science; methodology; military economy; war; industry; basic industries; dual-use products; costs; regulation means; mobilization of production capacities; military-economic activity; economic war support; management; principle of parity; military-industrial complex; technological level; economic crisis; network-centric war; hybrid war; hostile actions; resource justification.

А.И. Буравлев

О задачах многокритериального выбора

В статье проводится анализ методических подходов к решению многокритериальных задач, использующих различные свертки частных критериев и специальные процедуры построения парето-оптимальных решений. Необходимость решения многокритериальных задач во многом зависит от искусства выбора целевой функции (критерия), отражающей цель решения задачи и связанных с ней фазовых переменных, влияющих на достижение данной цели. Именно включение фазовых переменных в число критериев и приводит к возникновению многокритериальных задач. Такой пример рассмотрен в данной статье, где показано, что адекватный и корректный выбор целевого критерия и соответствующих фазовых переменных исключает необходимость решения многокритериальной задачи.

Ключевые слова: целевая функция (критерий), фазовые переменные, многокритериальная задача, парето-оптимальное решение, мощность критерия.

A. I. Buravlev

On the Matter of the Multicriterion Decision Problems

The article deals with an analysis of the methodical approaches to the solution of multicriterion problems that employ various convolutions of partial criteria and special methods of Pareto-optimal solution formulation. The necessity of multicriterion problems solution in many instances depends on the ability of objective function (criterion) selection that reflects the goal of problem solution and associated phase variables influencing on the goal attainment. The phase variables integration in criterion number by itself causes multicriterion problem initiation. Such a case is considered in the article. An adequate and correct selection of the objective criterion and appropriate phase variables eliminate the necessity of multicriterion problem solution.

Key words: objective function (criterion); phase variables; multicriterion problem; Pareto-optimal solution; strength of a test.

А.М. Кудрявцев,
М.В. Куликов,
М.П. Сагалаев

Многокритериальная оптимизация отечественной системы зарубежных военных баз

Современные геополитические вызовы требуют создания системы зарубежных военных баз для защиты и продвижения национальных интересов России. На основе методов многокритериального принятия решений разработана методика выбора мест размещения, типов и состава ЗВБ. Рациональное построение системы ЗВБ позволит обеспечить сдерживание геополитических противников без непосредственной военной конфронтации.

Ключевые слова: зарубежные военные базы; боевой потенциал; центры силы; многокритериальная матрица; вектор приоритетов.

A. M. Kudryavcev,
M. V. Kulikov,
M. P. Sagalaev

Multi-criteria optimization of the aboard military bases system

Current geopolitical challenges require the creation of a system of aboard military bases to protect and promote Russia's national interests. Based on the methods of multi-criteria decision-making, a method for selecting the locations, types and composition of AMB has been developed. The rational construction of a system AMB will ensure the deterrence of geopolitical opponents without direct military confrontation.

Key words: aboard military bases; combat potential; centers of power; multi-criteria matrix; priority vector.

В.Б. Коновалов,
А.В. Бабенков,
А.В. Гурьянов

Расчетно-аналитическая модель обоснования параметров целевых логистических систем

В статье рассмотрены особенности функционирования целевых логистических систем, предложена расчетно-аналитическая модель обоснования основных параметров целевых логистических систем, позволяющая осуществить решение задач, возникающих при управлении системой материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации и других Федеральных органов исполнительной власти.

Ключевые слова: целевая логистическая система; расчетно-аналитическая модель; прогноз ценообразования; госзакупки; балансовая прибыль; рациональная стоимость.

V. B. Konovalov,
A. V. Babenkov,
A. V. Guryanov

Computational and Analytical Model of Specific Logistic System Parameters Substantiation

The article considers the specific logistic system performance features, and proposes an analytical model of the specific logistics systems main parameters substantiation that allows the solution of emerging problems in the logistic support management of the Armed Forces of the Russian Federation and other Federal agencies.

Key words: specific logistic system; computational and analytical model; pricing forecast; government procurement; balance sheet profit; ration price.

А.И. Буравлев

Военно-технические и военно-экономические аспекты оценки боевых возможностей группировок войск в задачах программно-целевого планирования

В статье рассмотрен методический подход к оценке боевых возможностей группировок войск на основе теории боевой эффективности и военно-экономического анализа. Предложена единая методика расчета боевых потенциалов ударных комплексов и воинских формирований различных уровней, а также стоимости их оснащения ВВТ. Сформулированы оптимизационные задачи оснащения воинских формирований ВВТ по критерию «эффект-затраты» и предложен алгоритм их решения.

Ключевые слова: показатели технического совершенства ВВТ; боевой потенциал ВВТ и воинских формирований; стоимость закупок ВВТ; программа оснащения вооруженных сил ВВТ; прямая и обратная задачи военного планирования.

A. I. Buravlev

Military-Technical and Military-Economic Aspects of the Army Group Combat Capabilities Assessment for Program-Goal Planning Tasks

The article discusses a methodical approach to the army group combat capabilities assessment based on the combat effectiveness theory and military-economic analysis. A unified calculation method is proposed for strike complexes combat potential and military formations of various levels and their weapon and military equipment cost as well. The tasks of military formations equipment optimization according to the “effect-costs” criterion are formulated and an algorithm for their solution is proposed.

Key words: indicators of the weapons and military equipment technical perfection; the combat potential of weapons and military equipment and military formations; the cost of weapon and military equipment procurement; the program of armed forces weapons equipment; direct and inverse tasks of military planning.

Н.В. Фиров,
С.А. Сорокин

N. V. Firov,
S. A. Sorokin

**Прогнозирование объёма
экспериментальной отработки
систем и элементов образцов ВВТ на
ранних этапах их создания**

**Forecasting of the Systems and
Elements of Military Equipment
Samples Experimental Adjustment
Volume at their Initial Development
Stage**

В статье предложен методический подход к прогнозированию объемов отработки систем и элементов образцов ВВТ, как составной части общей методологии оценки затрат на их создание. В его основу положена гипотеза о зависимости объема отработки изделия от степени отличия его характеристик по сравнению с прототипом. На примере маршевых твердотопливных двигателей проведено обоснование объема испытаний разрабатываемого изделия, обеспечивающего его отработку с заданной доверительной вероятностью.

Ключевые слова: опытно-конструкторская работа; экспериментальная отработка; тактико-технические характеристики; степень новизны; доверительная вероятность.

The article offers a methodical approach to forecasting of experimental adjustment volume of the systems and elements adjustment military equipment samples as a part of the general methodology for their creation cost estimation. It is based on the hypothesis of the dependence on the product adjustment volume and the degree of distinctive characteristics as compared with prototype. It is carried out an extent of testing of the workable product justification that ensures its adjustment with a given confidence probability. The marching solid-fuel engine is taken as a product of estimation.

Key words: development work; experimental adjustment; performance characteristics; degree of novelty; confidence probability.

Дополнительные материалы

Правила предоставления авторами рукописей

1. Для опубликования в журнале «Вооружение и экономика» (далее – 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, как правило, должна соответствовать одной из следующих научных специальностей:

- 20.01.07 – *Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал;*
- 20.02.01 – *Теория вооружения, военно-техническая политика, система вооружения;*
- 20.02.14 – *Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения.*

Авторам рекомендуется в сопроводительном письме указывать научную специальность, по тематике которой подготовлена статья.

2. Файл статьи и сканы (файлы) прилагаемых документов (материалов) направляются авторами по электронной почте на адрес редакции – 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»).

Рассмотрение статьи начинается с момента получения полного комплекта материалов в электронном виде. Принятие окончательного решения об опубликовании возможно не ранее получения (бумажных) оригиналов рукописи статьи и всех требуемых документов и материалов.

3. Текст статьи должен быть набран на русском языке в файле одного из следующих форматов – docx (предпочтительно), doc, rtf, odt, tex (по согласованию). Параметры оформления:

- размер листа – А4,
- поля – верхнее и нижнее по 30 мм, левое и правое по 20 мм,
- ориентация страницы – книжная,
- Arial (предпочтительно), Times New Roman, Helvetica, Pt Sans (выбранный шрифт должен быть единственным в рукописи статьи);
- размер шрифта – 14 pt;
- межстрочный интервал – 1,15 (предпочтительно) или полуторный;
- расстановка переносов – автоматическая (не рекомендуется использовать символы «мягкого переноса»);
- выравнивание текста – по ширине;
- отступ первой строки абзаца – 1,25 см.

Не рекомендуется использовать кернинг (разреженный или уплотненный шрифт), подстрочные и надстрочные символы не следует применять вне формул.

Структура файла статьи:

- индекс УДК темы статьи, выровненный по левому краю абзаца;

- сведения об авторах, включающие инициалы и фамилию, ученую степень и ученое звание каждого автора, выровненные по правому краю абзаца;
- тему статьи, набранную в верхнем регистре, выровненную по центру абзаца;
- текст статьи;
- список использованных источников.

В тексте статьи допускается наличие математических формул, рисунков и таблиц.

Математические формулы, в т.ч. их элементы, должны быть вставлены в файл статьи, как объекты «уравнение» (не «рисунок»!) Microsoft Word или MathType, или 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 дополнительно прилагается его 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 рукописи, например, «рисунок1.vsdх».

Таблицы должны быть набраны средствами того же текстового редактора, которой использовался для создания файла статьи. Например, «вставка таблицы» в Microsoft Word.

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, 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 о данной системе см. на сайте Электронной научной библиотеки: <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 – сносков внизу страницы.

5. К файлу статьи (рукописи статьи) должны быть приложены:

- [карточка статьи](#), включающая её аннотацию и ключевые слова, в т.ч. на английском языке;
- [карточки авторов](#) (заполняются на каждого автора);
- заключение о возможности открытого опубликования статьи, подготовленное в соответствии с требованиями приложения № 2 к приказу Министра обороны Российской Федерации от 05 июня 2015 г. № 320дсп (для воинских частей и организаций Минобороны России) или в соответствии с требованиями решения Межведомственной комиссии по защите государственной тайны от 30 октября 2014 г. № 293;

- рецензия на статью, подписанная, как правило, доктором наук, подпись которого заверена установленным порядком;
- исходные файлы всех рисунков статьи согласно п. 3 настоящих Правил (только в электронном виде);
- 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, только в электронном виде).

Порядок рецензирования рукописей

1. Рукописи, поступающие в редакцию журнала «Вооружение и экономика» (далее – 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 пункте 2 настоящего положения. 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.

Карточка статьи

	На русском языке	На английском языке
Название статьи		
Инициалы и фамилия автора (авторов)		
Авторская аннотация (не более 1000 знаков, включая пробелы)		
Ключевые слова (разделенные точкой с запятой)		

Карточка автора

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 [сайте Министерства обороны Российской Федерации](http://www.viek.ru) либо на сайте журнала – <http://www.viek.ru>.

Сведения о членах редакционной коллегии

АЛЕКСАНДРОВ Анатолий Александрович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники, премии Правительства Российской Федерации в области образования

АЧАСОВ Олег Борисович – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РАН

БОЧКАРЕВ Олег Иванович – кандидат экономических наук, член-корреспондент РАН

БУРЕНОК Василий Михайлович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, лауреат премии Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации – *главный редактор*

БЫСТРОВ Андрей Владимирович – доктор технических наук, профессор, советник РАН

ВИКУЛОВ Сергей Филиппович – доктор экономических наук, профессор, почётный академик РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации – *заместитель главного редактора*

ГЛАДЫШЕВСКИЙ Владимир Леонидович – кандидат технических наук, доцент, советник РАН

ГОРЧИЦА Геннадий Иванович – доктор военных наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации

ГОРШКОВ Владимир Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

КАШИН Валерий Михайлович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик РАН, Герой Труда Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий, лауреат премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники

КОКОШИН Андрей Афанасьевич – доктор исторических наук, профессор, академик РАН, академик РАН

ЛАВРИНОВ Геннадий Алексеевич – доктор экономических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова – *заместитель главного редактора*

ЛЕОНОВ Александр Васильевич – доктор экономических наук, профессор, советник РАН

МИХАЙЛОВ Юрий Михайлович – доктор химических наук, профессор, академик РАН, академик РАН, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, лауреат премии Российской академии наук имени В.Н. Ипатьева в области технической химии

РАХМАНОВ Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, лауреат премии Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации

ХУДЯКОВ Дмитрий Владимирович – кандидат экономических наук, доцент – *заместитель главного редактора – ученый секретарь.*

ХРУСТАЛЕВ Евгений Юрьевич – доктор экономических наук, профессор

ЦЕЛЫКОВСКИХ Александр Александрович – доктор военных наук, профессор, советник РАН