

2019
№ 3 (49)

**Вооружение
и экономика**

46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации

Российская академия ракетных и артиллерийских наук

Академия проблем военной экономики и финансов

Вооружение и экономика

№ 3 (49) / 2019

Электронный научный журнал

<http://www.viek.ru>

Содержание

Военно-техническая политика

Издается с 2008 года

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

Свидетельство о регистрации СМИ от 7 декабря 2012 г. № ФС77-52083

ISSN 2071-0151

Издатель: Российская академия ракетных и артиллерийских наук:
107564, г. Москва,
1-я Мясниковская ул.,
дом 3, стр. 3

rk@viek.ru

Буренок В.М. Концептуальный тупик **4**

Косенков О.И., Лагунов С.А., Гусев В.И., Артеменко В.Б. К вопросу о построении архитектуры информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск **11**

Брайткрайц С.Г., Евдокимов В.А., Безденежных С.И., Жданов С.С. Проблемные вопросы проектирования бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов большой дальности **19**

Дульнев П.А., Сычев С.А. Совершенствование системы вооружения штурмовых подразделений, оснащенных робототехническими комплексами военного назначения **31**

Зайцев Д.В., Болдырев М.С. Матричный подход к моделированию боевых действий **38**

Антипова С.А., Волков М.Н., Якшин А.С. Применение инструментальных средств имитационного моделирования для анализа процессов перевозки войск (сил) **47**

Воробьев П.С., Лежнев А.В., Толстов Г.С. Актуальность и пути формирования государственной информационной системы прослеживаемости вооружения и военной техники **55**

<p>Главный редактор В.М. Буренок</p> <p>Редакционная коллегия</p> <p>А.А. Александров В.Н. Анищенко О.Б. Ачасов О.И. Бочкарев А.В. Быстров А.А. Венедиктов (зам. гл. ред. – уч. секр.) С.Ф. Викулов (зам. гл. ред.) Г.И. Горчица В.А. Горшков В.М. Кашин М.Н. Козин А.А. Кокошин Г.А. Лавринов (зам. гл. ред.) А.В. Леонов Ю.М. Михайлов Е.Ю. Хрусталеv А.А. Целыковских</p> <p>Оформление, верстка М.М. Венедиктова</p> <p>Редактор Т.М. Молчанова</p> <p>Перевод О.В. Криворучко</p>	<u>Военная экономика</u>	
	<i>Леонов А.В., Пронин А.Ю.</i> Диверсификация предприятий оборонно-промышленного комплекса – актуальная научная проблема	62
	<i>Буравлев А.И.</i> О связи военных расходов с боевым потенциалом вооруженных сил	76
	<i>Бобков С.А., Крамаренко В.Н.</i> Обоснование структуры методики оценки боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов военного назначения	94
	<i>Бывших Д.М., Зеленская С.Г., Ярыгин Ю.Н.</i> Методика сравнительного анализа отечественных и зарубежных технологий создания радиоэлектронной техники военного назначения	102
	<u>Подготовка научных кадров. Дискуссия</u>	
	<i>Венедиктов А.А.</i> Порядок организации работы ВАК как инструмент совершенствования аттестации научных кадров	111
	<i>Сведения об авторах</i>	114
	<i>Аннотации и ключевые слова</i>	120
	<i>Правила представления авторами рукописей</i>	126
	<i>Порядок рецензирования рукописей</i>	128
	<i>Карточка статьи</i>	129
	<i>Карточка автора</i>	129
	<i>Условия подписки на полнотекстовую версию в Интернете</i>	129
	<i>Сведения о членах редакционной коллегии</i>	130

В.М. Буренок, доктор технических наук,
профессор

Концептуальный тупик

Рассмотрены проблемы создания перспективного вооружения в рамках шестого технологического уклада. Показаны наметившиеся концептуальные тупики в развитии традиционных образцов вооружения. Приведены данные о попытках специалистов США создать вооружение, технологически недостижимое для других стран. Указан возможный путь парирования подобных «технологических сюрпризов».

Переход человечества (во всяком случае, наиболее развитых стран мира) к освоению технологий шестого технологического уклада позволяет разработать новые способы переработки материалов и веществ, создать новые образцы техники, существенно повысить эффективность производственной деятельности человека. То же самое можно сказать и о военной области. Здесь потенциально открываются возможности разработки высокоэффективных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), внедрения новых способов их боевого применения.

Однако следует признать тот факт, что пока ничего революционного в области создания принципиально новых типов ВВСТ, которые коренным образом изменили бы ситуацию в структуре систем вооружения армий передовых стран мира и способах ведения военных действий, не произошло. Пожалуй, единственный прорыв произошел в области создания роботизированных комплексов: воздушных, наземных, подводных. Но они пока «встроены» в существующую структуру частей и подразделений вооруженных сил и не стали ни самостоятельным родом войск, ни, тем более, видом вооруженных сил. Одновременно с этим широкое распространение роботизированных комплексов породило другую проблему: обеспечения безопасного одновременного применения больших масс самих роботов и их совместного применения с обычными (традиционными) типами ВВСТ. Причем такого применения, которое обеспечило бы существенный синергетический эффект, а не простое дополнение возможностей друг друга.

При этом насыщенность войск США, расположенных на территории Ирака и Афганистана, роботизированными комплексами (по разным оценкам от 20 до 35 тысяч единиц различного назначения) так и не позволила им справиться с противостоящими силами в этих странах.

Разработан ряд полностью электрических объектов (источник энергии – солнечные батареи либо аккумуляторы + электротрансмиссия):

легкие летательные аппараты (основное предназначение: разведка, целеуказание), учебно-тренировочные самолеты;

необитаемые надводные и подводные аппараты (основное предназначение – разведка), легкие надводные суда;

роботизированные наземные комплексы (основное предназначение: разведка, разведывательно-ударные действия).

Созданы объекты с гибридными источниками энергии (источник энергии – дизель-генератор или турбогенератор + электротрансмиссия). Наиболее известный представитель этого вида объектов – американский эсминец «Зумволт», весьма активно критикуемый за свою дороговизну и ненадежность.

Разработаны образцы гиперзвукового и кинетического оружия, но их массового производства не наблюдается. Более того, горячность в рекламе подобных разработок уступила место

сдержанности и даже скепсису. Основная проблема здесь – обеспечение надежного и эффективного управления гиперзвуковыми объектами на траектории полета.

Активно ведутся работы над внедрением искусственного интеллекта в военное дело, но пока что дело не продвинулось дальше разработки высокофункциональных автоматизированных систем управления, которые все же не являются системами с искусственным интеллектом.

Можно перечислить еще ряд видов, типов и образцов ВВСТ, созданных за последние годы, но они практически никак не повлияли на структуру систем вооружения стран мира. Она осталась той же, какой была и в прошлом веке.

Создается впечатление, что военные до конца не могут оценить возможности, предоставляемые новыми технологиями, и соответственно, определить какие новшества и как реализовать в первую очередь, чтобы получить действительно оружие нового поколения, а не традиционный, хотя и глубоко усовершенствованный образец, к тому же весьма дорогой, не говоря уже о формировании концептуально новой системы вооружения вооруженных сил в целом. А производственники в свою очередь не торопятся выносить на суд военных новые заделы (если они есть), резонно полагая, что пока старые концепции востребованы, работать будет проще. И это характерно не только для России, но и для всего мира. Чтобы не быть голословным, можно привести несколько примеров.

В пилотируемой военной авиации затянувшееся затишье. После создания американцами F-22 и F-35 и нашей попытки догнать их разработкой аналога в виде Су-57 никаких революционных новаций нет. В США продлевается жизненный цикл самолетов тактической авиации типа F-15 и F-16, более того, подлежащий списанию еще в начале 2000 годов штурмовик А-10 «Тандерболт» модернизируется и будет служить до 2040 года. Единственное новшество заключается в намерении США в рамках программы Next Generation Air Dominace создать в ближайшие пять лет истребитель следующего поколения. Но принципы, которые будут заложены в его основу, ничего революционного не несут: гибкость в разработке программного обеспечения, открытая архитектура, цифровая инженерия¹. В стратегической авиации американцы продолжают разработку нового бомбардировщика, но и здесь никакого особенного прорыва не случилось. Известно, что перспективный бомбардировщик В-21 Raider будет дозвуковым и заменит бомбардировщики предыдущих разработок: В-52, В-1В, В-2². Причем особенно сделан упор на то, что, невзирая на схожесть с В-2, он будет существенно дешевле его за счет уменьшения радиуса действия и снижения количества вооружения на борту. То есть В-21 это концептуально тот же В-2, но дешевле в производстве и эксплуатации.

Мы же поступили весьма оригинально – возобновили производство бомбардировщика Ту-160, созданного в 70-х годах прошлого века, причем, как представляется, без ясного понимания его места и роли в будущей войне. Действительно, этот самолет разрабатывался как ударный с возможностью за счет сверхзвукового полета прорывать ПВО и обеспечивать нанесение удара по континентальной территории «вероятного партнера». Но с появлением дальнобойных крылатых ракет прорыв ПВО самим самолетом стал ненужным, а возобновление производства Ту-160 затормозило работы по перспективному авиационному комплексу дальней авиации (ПАК ДА), который потенциально был призван заменить Ту-95, Ту-160, Ту-22М, Ту-142 и другие типы тяжелых авиационных комплексов³ (то, что предполагают сделать американцы за счет В-21). Тем самым мы сохранили многотипность дальней авиации и получили проблему – что делать со стареющим парком самолетов, созданных на базе Ту-95.

1 <https://news.rambler.ru/army/42843008-ssha-reshili-zamenit-f-22-i-f-35>

2 <https://topwar.ru/135545-bombardirovschik-b-21-raider-nadezhdy-vvs-i-problemy-s-finansirovaniem.html>

3 <https://vvs.moscow/aircraft/pak-da-perspektivnyj-aviacionnyj-kompleks-dalnej-aviacii/>

Совсем недавно появилась и активно обсуждается, обрастая новыми подробностями, новость о том, что Россия собирается создавать перспективный авиационный комплекс дальнего перехвата (ПАК ДП) на замену МиГ-31¹. Ничего подобного на Западе нет и не планируется создавать. Более того, одну из модификаций все того же В-21 планируется оснастить радаром дальнего обнаружения и дальнебойными ракетами «воздух-воздух» для перехвата самолетов противника, то есть придать ему функции, похожие на функции ПАК ДП. Но у нас особый путь, и в СМИ обсуждается футуристический облик самолета, способного летать многие часы, забираться в ближний космос, уничтожать своими гиперзвуковыми ракетами самолеты противника – носители крылатых ракет до начала их пуска (?!) и т. п. О стоимости, ресурсоемкости и, соответственно, возможном объеме закупок самолетов этого типа рассуждений почему-то нет.

В бронетанковой технике Запад идет по пути многократной модернизации давно разработанных образцов (США – «Абрамс», Германия – «Леопард», Франция – «Леклерк», Великобритания – «Челленджер»). Причем во главу угла при этом ставится более совершенная командно-информационная система. О новых концепциях танков не слышно. Единственная реакция на российскую «Армату» последовала от Германии и Франции, которые объединились в целях реализации программы «Мобильная наземная боевая система»². Да и то первые два этапа этой программы предполагают все ту же модернизацию существующих бронемашин, и лишь на третьем этапе планируется создание нового танка, который предполагается разработать к 2030 году. Мы же создаем танк нового поколения «Армата», но концептуально он не сильно изменился по сравнению с зарубежными. Более того, те новации, которые применены в «Армате», специалистами оцениваются неоднозначно, о чем свидетельствует ряд публикаций в прессе [1]. При этом стоимость машины существенно выросла и о массовой замене «Арматой» танков типа Т-72, Т-80, Т-90 уже речи нет. Значит, и здесь мы получили рост типажа.

Танк в современном бою стал основной мишенью практически для всех средств вооруженной борьбы (кроме ПВО): РПГ, ПТУР, вертолетов, самолетов, артиллерии, минно-взрывных заграждений и т. д. Возможности по защите танка от этих средств близки к исчерпанию, а эффективность средств поражения растет достаточно интенсивно. Поэтому зачастую стоимость уничтожения этими средствами танка многократно ниже стоимости его самого. Похоже и здесь наметился концептуальный тупик.

Нечто подобное характерно и для развития боевых бронированных машин (БМП и БТР). Попытка защитить экипаж и десант от различных средств поражения (гранатометов, малокалиберных пушек, осколков, противотанковых мин и т. п.) приводит к росту массы машин (она уже сравнима с массой танка); попытка обеспечить поражение столь же защищенных машин противника – к росту калибра вооружения (вместо ранее применявшихся 20-35 мм пушек устанавливаются 40-57 мм и даже более крупнокалиберные орудия, например, 100-мм на БМП-3), а все это вместе приводит к многократному росту стоимости таких машин. Желание конструкторов и военных улучшить командную управляемость подразделениями приводит к установке на БМП и БТР многочисленных приборов наблюдения и прицеливания, антенных устройств, крайне уязвимых даже для пуль и осколков, что крайне отрицательно сказывается на эффективности этих машин в бою с противником, способным оказать сильное огневое противодействие [2].

В технике ПВО Россия продолжает наращивать возможности систем типа С-400, создавая С-500 и даже, как выразился один известный политик, чуть ли не С-1000. Но как эти системы будут справляться с новыми типами воздушных целей, например, с роевым (групповым) налетом беспилотников, – непонятно. А беспилотные системы подобного рода активно создаются за ру-

1 <https://topwar.ru/145824-mig-41-blizitsja-premera.html>

2 <https://topwar.ru/136064-proekt-mobile-ground-combat-system-novye-tanki-dlya-francii-i-germanii>

бежом (в США это система Perdix)¹. Причем концепция их разработки и применения предполагает массовый (более 100 единиц) одновременный выброс из транспортного самолета или истребителя-бомбардировщика малоразмерных (масса до 0,5 кг) беспилотников различного назначения: разведки и ретрансляции, имитации целей, радиоэлектронной борьбы, ударного действия, которые будут способны осуществлять взаимосогласованные действия по обнаружению и уничтожению заданных целей. Не окажутся ли наши дальнобойные комплексы ПВО жертвами этого «москитного» налета, а защищаемые ими объекты – беспомощными перед ударом любых средств поражения? Да и как показал налет десятка ударных беспилотников на нефтеперерабатывающие заводы в Саудовской Аравии в сентябре этого года, применение роя дронов может привести к катастрофическим последствиям в экономике не только одной страны, но и оказать негативное влияние на экономику многих других стран мира.

При этом западные «партнеры» в части средств традиционной (противосамолетно-противоракетной) ПВО не предпринимают радикальных шагов, в основном модернизируя существующие системы (Patriot, THAAD, AEGIS). При модернизации упор делается на повышение разведывательно-информационного обеспечения, скорости цикла управления и точности наведения ракет.

В области боевой экипировки тоже намечается своего рода тупик. В связи с ростом эффективности средств поражения возрастают требования к ее защитным свойствам. Фактически речь уже идет о создании некоего бронескафандра, облачившись (а скорее – войдя) в который боец смог бы защититься на поле боя от многочисленных средств поражения. Но это неизбежно влечет увеличение веса экипировки, что становится препятствием для действий бойца. Основой такого бронескафандра должен стать экзоскелет, который разгрузит солдата. Но экзоскелет сам по себе – дополнительный вес, значит, нужны исполнительные механизмы для приведения его в действие и источники питания для этих механизмов. В этой ситуации возникает некая аналогия со средневековым рыцарем, которого заковывали все в более тяжелые доспехи, из-за чего он в итоге мог сражаться только верхом на коне, куда его сажали помощники. Будучи выбитым из седла он был обречен, поскольку подняться не мог, не говоря уже об оказании нападающим какого-либо сопротивления. С появлением стрелкового оружия доспехи были окончательно отвергнуты. То же может быть и с бронескафандром бойца: при исчерпании энергии он вынужден будет покинуть его и оказаться в роли моллюска, выползшего из раковины. И это не единственная проблема, останутся другие вопросы, например, сколько такая экипировка будет стоить, как доставляться к полю боя, приводиться в боевое положение, обслуживаться, ремонтироваться и настраиваться, как такой бронированный боец сможет перемещаться по пересеченной местности, быстро укрываться за естественными укрытиями, вести бой в городских разрушениях, даже элементарно питаться и совершать известные гигиенические процедуры?

Можно и дальше продолжать приводить примеры, вспомнив, например, обсуждаемый облик нового российского авианосца катамаранного типа, но, представляется, что и этих достаточно. Какие же выводы можно сделать? Очевидно, что в развитии традиционного вооружения и военной техники наметился некий концептуальный тупик. Новые образцы такого вооружения становятся все более дорогостоящими, в силу этого их количество, поступающее на вооружение, все меньше, мобилизационное производство становится практически невозможным (то есть в случае войны придется воевать тем, что произведено на момент ее начала, а далее – самыми простыми образцами, если, конечно, это «дальше» будет возможным). Следовательно, никаких многолетних войн, как в прошлые столетия, быть не может.

В этих условиях нужно не накопление огромного количества вооружения, а потенциал первого удара, способного сокрушить государство-противник в первые часы или дни конфликта. Но

1 <https://habr.com/ru/post/400507/>

тогда, представляется, поведение Запада не слишком логично. Почему там не слишком торопятся создавать технику новых поколений, уделяя внимание модернизации существующих образцов? Причин тут может быть несколько, одна из них, как это ни странно прозвучит, – уверенность в невозможности крупномасштабной войны с Россией (или с Китаем). Американцы прекрасно понимают, что в случае даже безъядерной (что уже кажется невозможным) войны с Россией или Китаем неизбежны разрушения атомных электростанций, химических предприятий, плотин. После чего о цивилизованной жизни (или о жизни вообще) на подвергшейся ударам территории можно забыть на долгие годы или навсегда. Тогда в чем смысл такой войны? Его нет, есть смысл в игре на нервах, попытках напугать оппонента, заставить его отступить, но этим и закончить, не доводя дело до реальной войны. Для этого не нужны совершенные, но чрезвычайно дорогие системы вооружения, достаточно имитации как их наличия, так и упорного труда по совершенствованию. Для этого модернизации вполне достаточно.

Кроме того, развитие событий вокруг России свидетельствует о том, что США утвердились в возможности ее удушения путем создания враждебного окружения (Прибалтика, Украина, Грузия), являющегося своего рода барьером, удавкой, наносящей вред как в экономической, так и в политической областях. А если это (как в случае с Китаем) не удастся – тогда разжигается внутренний конфликт, что и происходит в Гонконге.

А для реально ведущихся западными армиями военных действий в конфликтах низкой интенсивности (Афганистан, Ирак) возможностей существующего и модернизированного вооружения вполне достаточно.

Вторая возможная причина – это ожидаемые или уже реальные успехи в работах по созданию задела по новым видам и типам вооружения. В 2014 году министерством обороны США был инициирован комплекс мероприятий по развитию вооруженных сил, получивший название «Инициатива в области оборонных инноваций – Defense Innovation Initiative (DII)»¹. Основной целью этой инициативы является выявление уникальных путей (направлений) поддержания технологического превосходства вооруженных сил США в 21 веке и формирование системы их устойчивого финансового обеспечения. Инициатива DII предполагает проведение обширного комплекса работ по ряду направлений.

Первое из них – долгосрочные исследования и разработки, ориентированные на выявление перспективных направлений создания новых образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Причем речь идет о направлениях, сулящих радикальное изменение ситуации в области технического оснащения вооруженных сил. То есть новизна технологий и созданных на их основе технических средств должна позволить обнулить (в американской трактовке – компенсировать) те достижения, на которые вероятными противниками потрачены и тратятся огромные средства. Таковыми определены: космические технологии; подводные технологии; технологии проведения ударных операций и обеспечения превосходства в воздухе; технологии противовоздушной и противоракетной обороны (ПВО и ПРО).

Второе направление – совершенствование комплексного (межвидового) планирования прикладных исследований и технологических разработок.

Третье направление – обеспечение мирового лидерства в инновациях для оборонных нужд. Комплекс мероприятий по этому направлению предполагает содействие развитию научного сообщества, занимающегося работами в интересах обороны, подготовку квалифицированных кадров для оборонной системы планирования, приобретения и управления жизненным циклом ВВСТ, а также стимулирование притока молодых специалистов.

1 <http://periscope2.ru/2017/07/31/8699>

Четвертое – развитие подходов к проведению военных учений и командно-штабных тренировок, обеспечивающих сокращение сроков апробации инновационных технологий.

Пятое направление – выявление, адаптация и внедрение эффективных бизнес-моделей в процессы программно-целевого планирования, разработок и закупок ВВСТ. Работа по этому направлению объясняется тем, что быстрота насыщения войск новшествами иногда тормозится неповоротливостью существующих систем управления разработкой и реализацией программ развития вооруженных сил и вооружений.

Все пять направлений жестко увязаны, нацелены на интенсивную техническую и технологическую гонку, призванную резко повысить эффективность своей системы вооружения, парировать возможности чужой, уйти в отрыв, заставить противника выдохнуться экономически, догоняя или изыскивая способы ликвидации новых угроз, и т. д.

Итак, основная цель реализации этой стратегии – безоговорочное достижение военного успеха во всех сферах вооруженной борьбы (в космосе, в воздухе, на суше, на море и в киберпространстве). Не исключено, что в США сформированы существенные научно-технические заделы в указанных областях, которые способны обеспечить в ближайшей перспективе создание принципиально новых видов вооружений. По этой причине не происходит финансовых вливаний в создание традиционных образцов новых поколений. Ставка делается на создание кардинально обновленной системы вооружения вооруженных сил США.

Не следует, однако, забывать, что зачастую американцы умеют выдавать желаемое за действительное, а мы реагируем на это со всей серьезностью. Вот и бьемся заочно с этим «вероятным партнером» уже многие десятилетия, растрачивая огромные ресурсы на противодействие мифической СОИ (и переводя потом в разряд музейных экспонатов многомиллиардные системы типа «Бурана» и «Энергии»), ракетам «Першинг» сомнительных способностей (уничтожая затем сверхсовременные и эффективные собственные типа «Оки»), формируя танковые армады, а потом по итогам договоров вывозя танки из европейской части десятками тысяч за Урал ржаветь и т. д.

Следовало бы уже научиться не повторять подобные ошибки, реагируя немедленно на разного рода сообщения о западных военно-технических достижениях, а спокойно разобраться, наконец, с кем (с террористами, слабо организованными комбатантами в войнах малой интенсивности или с высокотехнологичным противником), как (уничтожая вооруженные формирования, или нанося удары по критическим объектам инфраструктуры) и чем (с применением только обычного традиционного оружия или всеми имеющимися видами вооружения) будем воевать. И тогда может оказаться, что многие сверхусилия, которые мы предпринимаем для развития некоторых видов и типов вооружения, не совсем оправданны.

К сожалению, совершение ошибок в развитии отечественной системы вооружения во многом определено нашей ролью догоняющего, когда решения о перспективах развития вооружения принимаются, исходя из необходимости противодействия новому вооружению, появившемуся у нашего оппонента. Поэтому у нас невозможна та ситуация, которая сложилась в США в начале 80-х годов прошлого века, когда облик перспективной системы вооружения и прогноз способов ее применения был сформирован американскими специалистами под влиянием научных разработок философа Элвина Тоффлера, которые были изложены им в книге «Третья волна» (у нас она вышла в 2004 г. [3]). Причем это было сделано без оглядки на перспективы развития вооружения возможного противника, а с целью создания превосходящей по вооружению и способам его применения новой системы вооружения. Как итог – концепции бесконтактной, сетцентрической, информационной войн, подкрепленные разработкой соответствующих технических средств. Наши военные теоретики долго и тщательно анализировали концепции этих

войн, делали соответствующие выводы, но это было уже потом. Не исключено, что и в основу упомянутой выше DII также положено какое-нибудь целостное философское учение.

Однако и наше реактивное поведение все же не должно быть спонтанным. Необходимы исследования, позволяющие определить перспективы развития и возможные достижения в различных областях знаний, выявить наиболее опасные достижения в смысле влияния их на эффективность перспективных типов и видов вооружений и выработать систему контрмер, позволяющих парировать такого рода технические сюрпризы. То есть нужна работа, похожая по своему содержанию первому направлению деятельности американской DII. Исследования подобного рода в Минобороны России были проведены всего один раз сравнительно недавно, однако их результаты никакого интереса в органах управления не вызвали. Возможно по той причине, что представляли собой широкое поле вариантов, реализация которых и, соответственно, эффективность внедрения в образцы ВВСТ, во-первых, зависела от объемов финансирования, а во-вторых, требовала значительных аналитических усилий по оптимизации решений, принимаемых по всему этому полю вариантов. То есть требовалось выявление ключевых направлений развития в области механики, оптики, гидро- и аэродинамики, информатики и т. д., которые в своей совокупности могли коренным образом повлиять на эффективность перспективной системы вооружения. Эта проблема, безусловно, сложная, высокорисковая, однако решаемая. Но, очевидно, в силу своей рисковости оказалась малоинтересна для руководящих органов, поскольку явно проще принимать отдельные очевидные решения, риск реализации которых незначителен (опять напрашивается сравнение с пятым направлением DII, которое как раз и предполагает устранение подобных препон). На небольшом отрезке времени ошибочность такого поведения может быть незаметна, но в отдаленной перспективе грозит серьезными просчетами, опасными для обороноспособности страны. Поэтому поиск выхода из тупиков и определение эффективных направлений развития отечественной системы вооружения невозможны без формирования выверенной и обоснованной системы взглядов на пути развития отечественной науки и техники с ориентацией на внедрение их достижений в образцы перспективного вооружения, а также создания системы механизмов, позволяющих реализовать эти взгляды.

А для этого необходимо создание, либо назначение из числа существующих организационно-штатной структуры, отвечающей за решение следующих задач:

1. Выявление тенденций развития фундаментальной науки и определение возможностей применения ее достижений (новых фундаментальных научных знаний) в интересах создания отдельных систем вооружения и системы вооружения Российской Федерации в целом.

2. Экспертная оценка перспективности выявленных тенденций, определение их реализуемости и ожидаемой эффективности вооружения, созданного на базе новых научных знаний.

3. Формирование целостных концептуальных взглядов на облик отдельных систем вооружения и системы вооружения Российской Федерации будущего.

4. Подготовка предложений для принятия руководством страны решений по проведению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание научно-технического и технологического заделов по системе вооружения Российской Федерации будущего.

Список использованных источников

1. Васильев С.В. Новинка после яркой презентации // Независимое военное обозрение. – 2016. – № 3.

2. Мухарев А. Боевой модуль для стрельбы по воробьям // Военно-промышленный курьер. – 2019. – № 35 (798).

3. Тоффлер Э. Третья волна. – М.: Издательство «АСТ», 2004.

О.И. Косенков
С.А. Лагунов, кандидат технических наук
В.И. Гусев, кандидат технических наук
В.Б. Артеменко, кандидат технических наук

К вопросу о построении архитектуры информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск

В статье предложена архитектура информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск, построенная на принципах анализа логистической поддержки. Информационная система направлена на снижение стоимости технической эксплуатации с учетом выполнения требований по готовности парка техники.

Одним из важных проблемных вопросов эксплуатации техники Железнодорожных войск (ЖДВ) на сегодня остаются достаточно высокие затраты на обеспечение требуемого уровня готовности парка техники. Снижение затрат на эксплуатацию может быть достигнуто за счет повышения обоснованности управленческих решений на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ):

на этапе исследований – за счет повышения обоснованности требований к эксплуатационно-техническим характеристикам;

на этапах разработки – за счет более глубокой проработки решений по построению системы технической эксплуатации, оценки соответствия конструкции изделия требованиям к эксплуатационно-техническим характеристикам;

на стадии эксплуатации – за счет более рационального накопления и расходования запасных частей и материалов, эффективной организации технического обслуживания и ремонта (ТОиР) изделий.

Реализация перечисленных способов повышения обоснованности решений по управлению ЖЦ техники ЖДВ возможна посредством обеспечения сбора и анализа более подробной и полной информации о конструкции изделия, его техническом состоянии, запасах и движении материальных средств, планах ТОиР и т. д., что и обуславливает необходимость создания автоматизированной информационной системы управления ЖЦ техники ЖДВ (ИСУ ЖДВ). При этом весьма важной задачей является обоснование архитектуры информационной системы, обеспечивающей достижение поставленных целей, в нашем случае – снижение затрат на поддержание готовности парка техники. Разработке предложений по архитектуре информационной системы управления ЖЦ техники ЖДВ в контексте снижения затрат на поддержание ее готовности и посвящена настоящая статья.

Архитектура информационной системы управления жизненным циклом техники ЖДВ

Отталкиваясь от принципа декомпозиции и иерархии управления в кибернетике, определены следующие основные уровни в системе управления ЖЦ техники ЖДВ:

Главное управление начальника Железнодорожных войск (ГУН ЖДВ), научно-исследовательский испытательный центр специальной техники ЖДВ (НИИЦ СТ ЖДВ);

воинские части, войсковые ремонтные органы, склады запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП);

головные исполнители опытно-конструкторских работ, заводы-изготовители.

Выбранная декомпозиция представляется достаточно полной и не перегруженной деталями. По-видимому, данная структура может быть рекомендована в качестве типового решения для построения начального варианта архитектур ИСУ ЖЦ.

Объектом управления является ЖЦ техники ЖДВ – совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий военной техники: от формирования исходных требований к ним до снятия их с эксплуатации, списания (окончания применения или хранения). Здесь следует отметить, что процесс управления ЖЦ техники вообще и ЖДВ в частности не является непрерывным. Он осуществляется в определенных моментах ЖЦ, названными контрольными рубежами (КР) [1]. В этих точках проводится анализ состояния ЖЦ техники и принимаются решения по дальнейшей реализации ЖЦ (приемка этапов ОКР, принятие на вооружение (снабжение), начало производства, ремонт, доработка, модернизация, списание, утилизация).

Повышение обоснованности принимаемых решений в КР и должна обеспечивать создаваемая ИСУ ЖЦ.

Очевидно, для этого потребуется реализация в ИСУ ЖЦ определенного методического аппарата, позволяющего оценить состояние техники, спрогнозировать, как изменится это состояние при принятии того или иного решения, какие для этого необходимы ресурсы (финансовые, временные, кадровые и т. д.). Для решения этих задач целесообразно использовать методологию и технологии интегрированной логистической поддержки (ИЛП), под которой понимается совокупность видов деятельности, осуществляемых головным разработчиком изделия совместно с другими участниками жизненного цикла изделия и направленных на формирование системы технической эксплуатации изделия, обеспечивающей эффективное использование изделия при приемлемой стоимости его жизненного цикла¹.

Системообразующим элементом ИЛП является анализ логистической поддержки (АЛП) – инженерная дисциплина, связанная с моделированием системы технической эксплуатации изделия, расчетом ее параметров, включая планирование технического обслуживания (ремонта) и материально-технического обеспечения, выбор и оценку эксплуатационно-технических характеристик изделия². В общем случае при выполнении АЛП предусматривают:

- рассмотрение вариантов конструкции изделия;

- моделирование технической эксплуатации по каждому варианту конструкции изделия с учетом необходимых элементов инфраструктуры, средств ТОиР, кадровых ресурсов (трудозатрат), запасных частей, материалов и т. д.;

- оценивание (прогноз) стоимости каждого варианта конструкции и стоимости его эксплуатации, а также уровня эксплуатационно-экономической эффективности изделия;

- контроль эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) изделия при его испытаниях и использовании по назначению для выявления факторов, оказывающих негативное влияние на уровень эксплуатационно-экономической эффективности изделия.

АЛП должен выполняться с началом проектирования изделия и до снятия его с эксплуатации. Результаты АЛП, расчетные оценки эксплуатационных и технико-экономических показателей в виде базы данных (БД) АЛП используются для управления ЖЦ эксплуатируемых изделий и проектирования образца следующего поколения.

С учетом выполняемых работ по АЛП предлагается следующая модель ЖЦ техники ЖДВ, представленная на рисунке 1.

Последовательное применение процедур ЛСИ → ЛСФ → АВПКО → АООН предоставляет исходные данные для последующих шагов АЛП: разработки регламента и технологии техническо-

1 ГОСТ Р 53394-2017 «Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения».

2 ГОСТ Р 53392-2017 «Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки».

го обслуживания; расчета параметров МТО; подготовки данных для интерактивных электронных руководств; расчета затрат, связанных с обслуживанием, а также предоставляет исходные данные для оценки и расчета запасов в комплектах ЗИП¹. АЛП является одним из важнейших процессов поддержки изделия: «это основной инструмент для разработки изделий с учетом требований к технологичности, надежности, контролепригодности и для снижения стоимости ЖЦ, определения всех необходимых ресурсов для поддержки изделия при его использовании во время эксплуатации»².

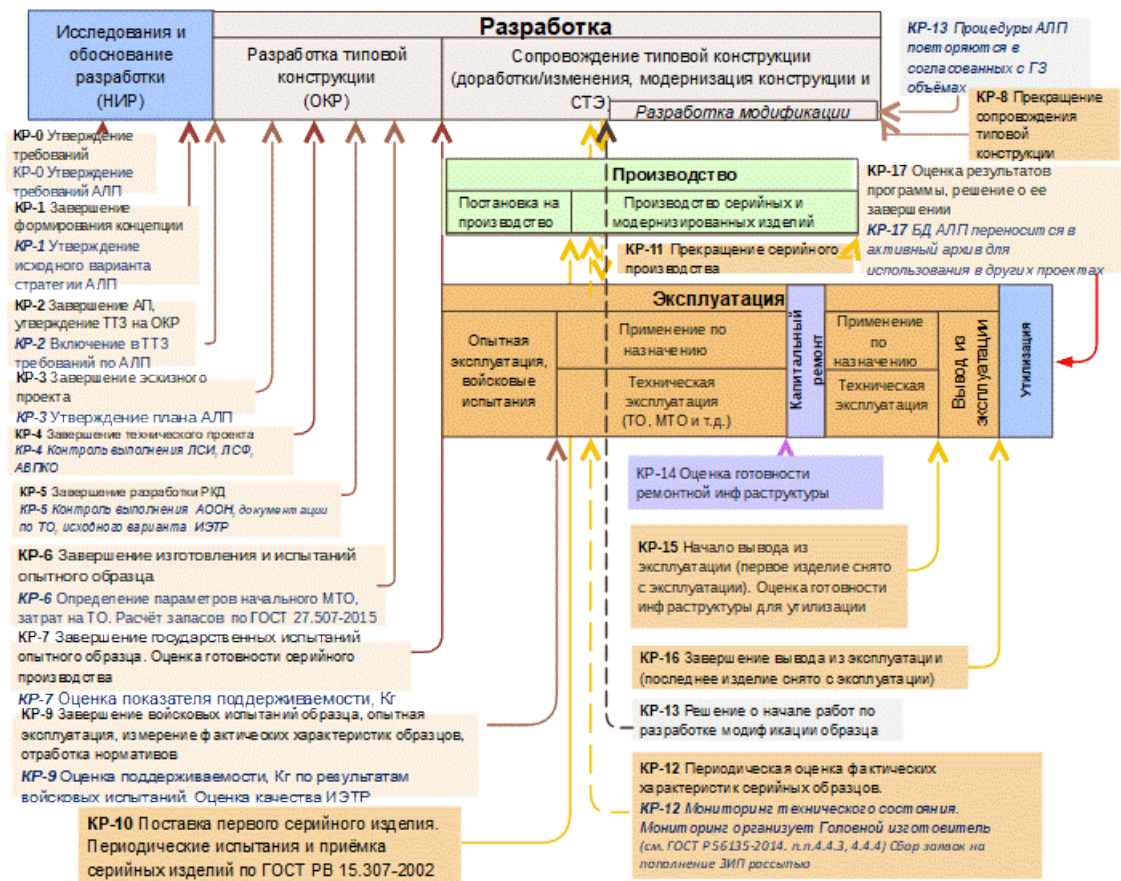


Рисунок 1 – Модель жизненного цикла с набором контрольных рубежей (синим цветом обозначен контекст АЛП)

КР – контрольный рубеж; ТТЗ – тактико-техническое задание; ОКР – опытно-конструкторская работа; ЛСИ – логическая структура изделия; ЛСФ – логистическая структура функций; АВПКО – анализ видов, последствий и критичности отказов; АООН – анализ обслуживания, обеспечивающий надежность; ЗИП – запасные части, инструменты и принадлежности; ИЭТР – интерактивные электронные технические руководства; МТО – материально-техническое обеспечение; Кг – коэффициент готовности; БД – база данных

Исходя из уровней системы управления ЖЦ техники ЖДВ и модели ЖЦ техники ЖДВ, рассматриваемой в контексте АЛП, предлагается следующая обобщенная архитектура ИСУ ЖДВ, схема которой приведена на рисунке 2.

В соответствии с определенными выше уровнями системы управления ЖЦ техники ЖДВ в состав ИСУ ЖДВ предлагается включить следующие элементы:

- 1) программно-технический комплекс (ПТК) ГУН ЖДВ, НИИЦ СТ ЖДВ;

1 ГОСТ 27.507-2015 «Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов».
 2 ГОСТ Р 53392-2017 «Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки».

- 2) ПТК батальона ЖДВ;
- 3) автоматизированная система (АС) разработчика техники ЖДВ;
- 4) автоматизированная система изготовителя техники ЖДВ.

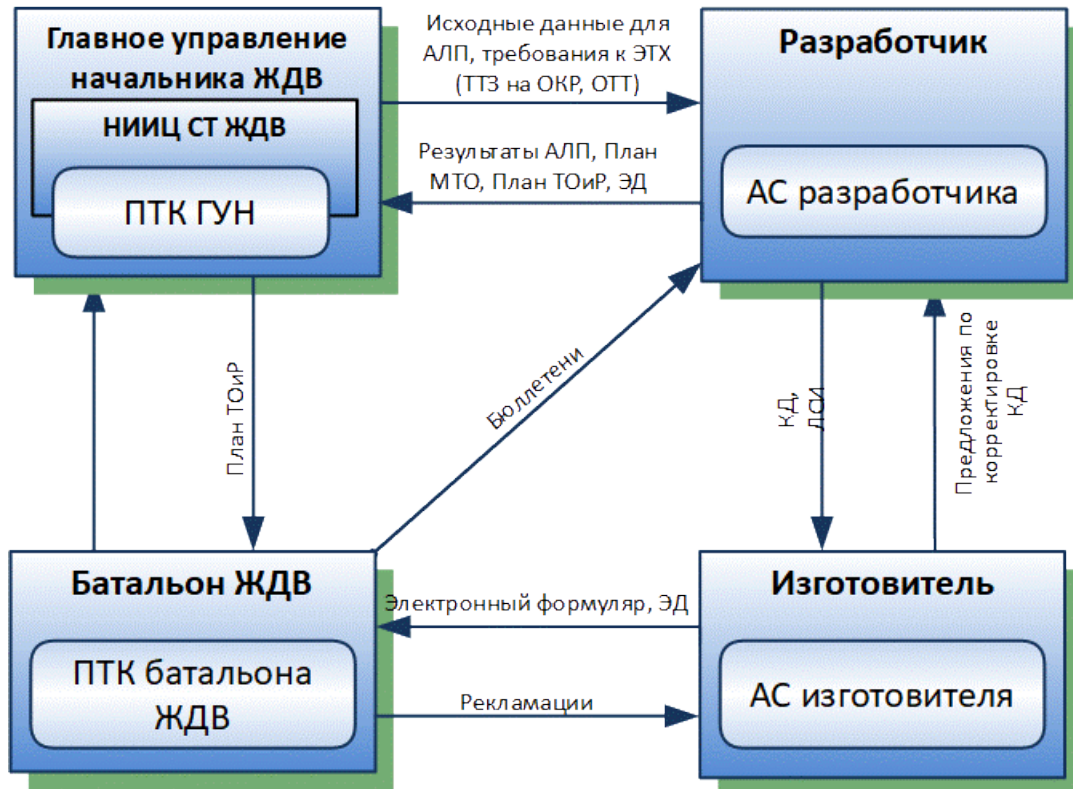


Рисунок 2 – Архитектура ИСУ ЖДВ в контексте АЛП

Автоматизированная система разработчика техники ЖДВ обеспечивает решение следующих основных задач:

- 1) проведение анализа логистической поддержки, в том числе формирование логистической структуры изделия на основе конструкторской структуры изделия;
- 2) функциональный анализ и построение логистической структуры функций изделия;
- 3) описание сценариев использования изделия;
- 4) проведение АВПКО;
- 5) расчет периодичности проведения профилактических работ;
- 6) определение перечня задач технического обслуживания, разработка технологий и регламентов обслуживания в форме плана ТОиР;
- 7) расчет объемов и периодичности поставок запасных частей (виды и состав комплектов ЗИП, номенклатурных перечней предметов снабжения ВС РФ);
- 8) расчет стоимости эксплуатации изделия;
- 9) подготовку эксплуатационной документации, в том числе интерактивных электронных технических руководств;
- 10) анализ данных о надежности эксплуатируемых изделий, поступающих от потребителя, и разработка предложений по снижению стоимости эксплуатации и повышению надежности (технической готовности) изделий;
- 11) прием исходных данных для проведения АЛП (состав техники, требования к готовности, условия и интенсивность эксплуатации и др.), а также требования к изделию в форме тактико-технического задания на ОКР, нормативных документов, поступающих из ГУН ЖДВ;

12) поставку результатов АЛП в ГУН ЖДВ, частично предприятию-изготовителю.

АС изготовителя предназначена для решения следующих задач:

- 1) подготовка электронных каталогов и интерактивной ремонтной документации;
 - 2) формирование БД о составе изделия (электронного формуляра изделия) для каждого экземпляра изделия и их передачи в эксплуатирующую организацию;
 - 3) получение данных о результатах эксплуатации, анализ данных об отказах в виде рекламаций и подготовка отчетов о надежности эксплуатируемых изделий;
 - 4) техническое сопровождение (в рамках гарантийного обслуживания) производимой техники.
- Электронная эксплуатационная документация вместе с изделием поступает в воинские части, осуществляющие эксплуатацию техники ЖДВ.

ПТК батальона ЖДВ предназначен для автоматизации деятельности технических служб, лиц, эксплуатирующих технику ЖДВ на уровне батальона, роты, взвода ЖДВ, персонала складов, баз хранения и обеспечивает автоматизированное решение следующих задач:

- 1) хранение и ведение электронной эксплуатационной документации, в том числе электронных каталогов запчастей, ведение электронного формуляра изделий ЖДВ;
- 2) учет наличия, движения и технического состояния материальных средств, находящихся в эксплуатации, на хранении;
- 3) формирование планов ТОиР;
- 4) учет выполняемых работ по ТОиР;
- 5) формирование и подача заявок на пополнение ЗИП;
- 6) подготовка донесений о техническом состоянии, выполнении мероприятий ТОиР;
- 7) формирование рекламаций и доведение их до предприятий – изготовителей;
- 8) учет доработок по бюллетеням.

Основные формируемые сведения о техническом состоянии техники, заявки на выполнение работ и пополнение ЗИП передаются в ПТК ГУН ЖДВ.

ПТК ГУН ЖДВ предназначен для функционирования в ГУН ЖДВ и НИИЦ СТ ЖДВ и обеспечивает автоматизированное решение следующих задач:

- 1) анализ и обобщение заявок (донесений) воинских частей, эксплуатирующих технику ЖДВ;
- 2) мониторинг ЭТХ и затрат на эксплуатацию ЖДВ;
- 3) формирование планов снабжения соединений ЖДВ;
- 4) планирование работ по поддержанию и восстановлению техники, в том числе с привлечением предприятий промышленности в рамках сервисного обслуживания, авторского, технического надзора;
- 5) планирование закупок материальных средств для пополнения ЗИП;
- 6) подготовка предложений в государственный оборонный заказ в части закупки техники, ЗИП, ремонта, сервисного обслуживания техники;
- 7) учет расходования запасов материальных средств;
- 8) уточнение норм расхода запчастей, нормативов трудозатрат на выполнение ТОиР;
- 9) обоснование предложений по совершенствованию системы эксплуатации техники ЖДВ.

Следует отметить, что предлагаемая обобщенная архитектура ИСУ ЖДВ и состав задач, решаемых ее основными элементами, достаточно очевидны и во многом подходят для построения аналогичных информационных систем в других родах войск.

Задача обоснования архитектуры ИСУ ЖДВ усложняется при переходе к ее более детальному проектированию, когда необходимо ответить на вопросы о конкретном размещении в воинских частях программно-технических средств, каналах связи, составе информации, хранимой на каждом уровне, способах взаимодействия с АС предприятий, решениях по обеспечению безопасности информации и т. д.

Данная задача взаимосвязана с инфраструктурой воинских частей, складов, баз хранения, ремонтно-восстановительных органов, составом эксплуатируемой техники, протекающими логистическими процессами. Поэтому при обосновании архитектуры ИСУ ЖДВ необходимо учитывать упомянутые факторы, что является отличительной особенностью автоматизированных систем управления ЖЦ образцов ВВТ.

Методический подход к оценке технико-экономической эффективности ИСУ ЖДВ

Автоматизация процессов управления ЖЦ изделий, и техники ЖДВ в частности, требует значительных затрат на разработку проекта автоматизированной системы, закупку, развертывание и монтаж средств автоматизации. Поэтому разработка ИСУ ЖДВ нуждается в научно обоснованной оценке эффективности.

Эффективность ИСУ ЖДВ предлагается оценивать как отношение разности затрат на техническую эксплуатацию до автоматизации и после автоматизации к затратам на создание ИСУ ЖДВ.

Каким же образом возможно снижение затрат на техническую эксплуатацию изделий за счет создания ИСУ ЖДВ? Ведь автоматизация существующих процессов управления ЖЦ, если и позволит повысить их оперативность и снизить трудоемкость, то это будет весьма незначительная экономия, которая теряется на фоне длительного ожидания нужных комплектующих, не оптимального формирования складских запасов, перерасхода ресурсов на транспортировку, обслуживание и ремонт техники. Поэтому автоматизация процессов управления без их оптимизации с учетом возможностей компьютерных технологий не только не повышает эффективность функционирования системы технической эксплуатации, а напротив, зачастую приводит к ее ухудшению.

Преимуществом автоматизации является наличие более полной и актуальной информации об объекте управления, что позволяет принимать более рациональные решения и тем самым достигать существенного эффекта. Применительно к ИСУ ЖДВ в качестве такого объекта может быть выбрано распределение мест хранения, номенклатура и объемы запасных частей для техники ЖДВ, поскольку запасные части составляют основную долю затрат на техническую эксплуатацию, а полнота и готовность ЗИП оказывают решающее влияние на готовность парка машин ИСУ ЖДВ, охватывающая ПТК батальонов ЖДВ и ПТК ГУН ЖДВ, как было изложено выше, должна обеспечивать ведение информации по учету и движению запасных частей в местах их хранения, наличию и ресурсах эксплуатируемой техники и обладать возможностями по оперативному обмену информацией между всеми участниками управления. В этом случае открывается возможность построения более совершенной системы обеспечения запчастями, которая позволит сократить запасы и обеспечить требуемую готовность техники. Рассмотрим это на следующем примере (рисунок 3).

Пусть имеется два батальона ЖДВ и m машин одного типа в каждом батальоне ЖДВ. При этом $m = 3$ ед. Среднегодовая наработкамашины составляет $\mu = 600$ часов. Имеется запчасть i для данного типа машины с наработкой на отказ $T_i^{omk} = 9000$ часов.

Рассматриваемый период времени равен $T = 1$ год. Тогда в среднем на периоде времени T потребность в запчасти i составит:

$$y_i = \frac{T m \mu}{T_i^{omk}} = 0,2 .$$

Это означает, что запасная часть i используется редко, т. е. расходуется 0,2 ед. в год на три машины.

Существующая структура системы обеспечения запчастями основана на хранении ЗИП в батальоне ЖДВ (ЗИП-О и ЗИП-Г) и центральной базе. Центральную базу будем считать неисчерпаемым источником пополнения¹.

1 ГОСТ 27.507-2015 «Надежность в технике. Запасные части, инструменты и принадлежности. Оценка и расчет запасов».

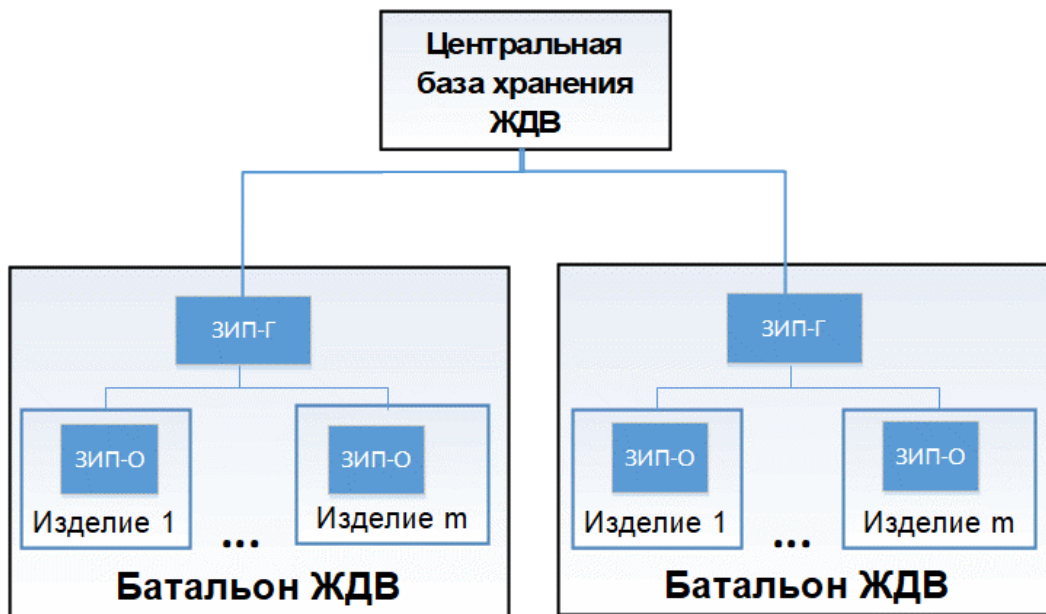


Рисунок 3 – Существующая система управления запасами

Можно показать, что для поддержания готовности техники, при котором вероятность наличия i -й запасной части в ЗИП на периоде времени T составляет $P_i(T)=0,9$; требует запаса i -й запасной части в батальоне при малом количестве техники, примерно равного числу машин m . Соответственно стоимость запаса i -й запасной части в одном батальоне ЖДВ составит:

$$S_i \approx mc_i,$$

где C_i – стоимость i -й запасной части;

m – количество машин.

В системе обеспечения запасными частями, функционирование которой происходит на основе ИСУ ЖДВ (в новой системе, рисунок 4), можно определить некоторое место хранения запасной части i общее для нескольких батальонов ЖДВ – общий склад, такой, который с учетом географической удаленности позволит поддерживать заданную готовность техники $P_i^{Общ}(T)=0,9$, а из состава ЗИП батальонов запасную часть i исключить. При этом ИСУ ЖДВ будет обеспечивать оперативный заказ запасной части с общего склада.

Тогда затраты на i -ю запасную часть в новой системе на два батальона ЖДВ составят:

$$S_i^{Новая} = nc_i,$$

где n – объем запасов запасной части i , $n < m$.

Сокращение затрат на формирование запаса для запасной части i составит:

$$S_i^{Существующая} - S_i^{Новая} = (m - n)c_i.$$

Принимая во внимание, что количество таких редко используемых запасных частей достаточно большое, получаем существенный выигрыш в затратах на пополнение ЗИП. При этом решение задачи выбора оптимальной структуры системы обеспечения запасными частями может быть произведено с помощью технологий АЛП и моделирования системы технической эксплуатации.

Оптимизация снабжения запчастями – это только лишь один из способов повышения эффективности технической эксплуатации. Комплексное решение задачи построения системы технической эксплуатации на основе методов и технологий ИЛП и автоматизации процессов управления ЖЦ позволит добиться еще большего сокращения затрат на эксплуатацию изделия и обеспечить требуемую готовность парка техники.

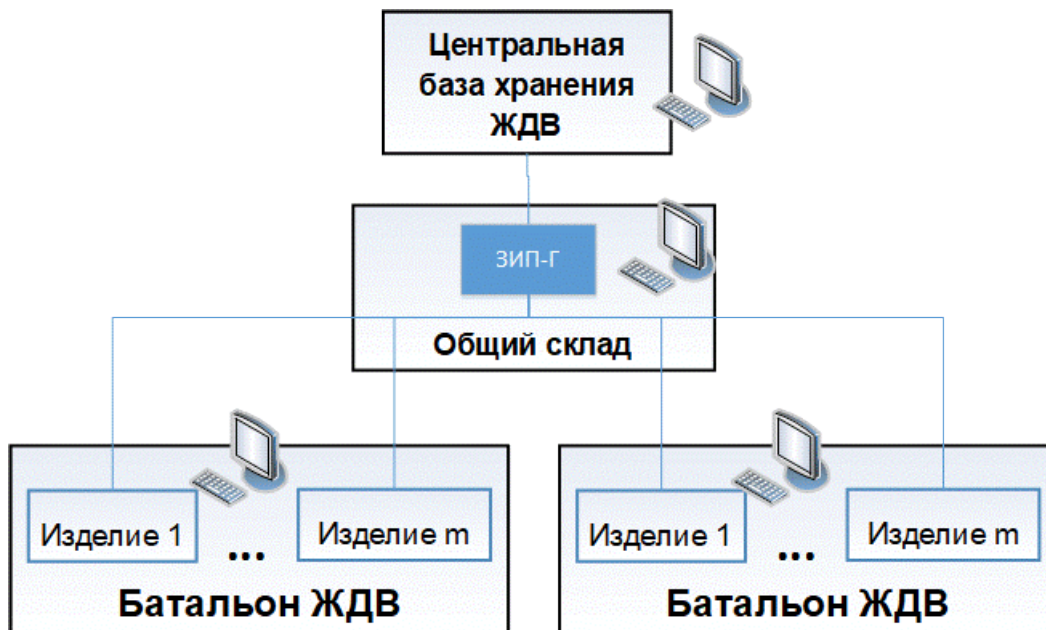


Рисунок 4 – Новая система управления запасами на основе ИСУ ЖДВ

В частности, необходимо сформировать полную ЛСИ, а также перечень ожидаемых отказов функциональной структуры (ФС) и элементов ФС. Для рассматриваемых видов отказов необходимо выбрать методы восстановления и распределить их между уровнями системы ТОиР. Перечисленные задачи также подлежат автоматизации в рамках ИСУ ЖДВ.

В целях проверки достоверности расчетов параметров системы технической эксплуатации и уточнения ее моделей, необходимо проведение мониторинга эксплуатации изделий с оценкой получаемых фактических эксплуатационных показателей. Это целесообразно осуществлять эксплуатирующими организациями совместно с разработчиками, изготовителями изделий и ОВУ на основе ИСУ ЖДВ на принципах анализа логистической поддержки.

Таким образом, задача оценки эффективности и выбора оптимального варианта структуры ИСУ ЖДВ должна решаться совместно с оптимизационной задачей построения системы технической эксплуатации изделий ЖДВ. Последняя является весьма сложной и ее решение целесообразно осуществлять на основе применения ИЛП и моделирования процессов технической эксплуатации, что позволит детализировать предложенную обобщенную архитектуру ИСУ ЖДВ: построить обоснованную, рассмотренную со всех точек зрения, не только в контексте АЛП, структуру системы, гарантирующую эффективность ее функционирования на всех этапах управления жизненным циклом техники ЖДВ.

Список использованных источников

1. Судов Е.В., Кондрашина С.К. О концепции управления жизненным циклом изделий // Машиностроение и смежные отрасли. – 2015. – № 8 (100). – С. 17-21.

С.Г. Брайткрайц, доктор технических наук, старший научный сотрудник
В.А. Евдокимов, кандидат технических наук
С.И. Безденежных
С.С. Жданов

Проблемные вопросы проектирования бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов большой дальности

В статье рассмотрены технологические, методические и организационные вопросы проектирования бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов большой дальности. Предложены пути разрешения проблемных вопросов, включающие предложения по применению адаптивной технологии проектирования бортовых систем управления, алгоритмические подходы по распределению требований к компонентам бортовых систем управления, предложения по изменению нормативной базы в области проектирования бортовых систем управления. Предлагаемые решения могут быть использованы при разработке бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов средней и большой дальности различного назначения.

Системообразующим ядром беспилотных летательных аппаратов большой дальности (БЛА БД), определяющим эффективность их применения, является бортовая система управления (БСУ), под которой понимается сложная техническая система, обеспечивающая в автоматическом режиме навигацию, управление и стабилизацию движения по заданному маршруту БЛА в соответствии с пространственно-временным графиком полета, выведение его в заданный район (зону) применения целевой нагрузки и ее использование по назначению [1].

Разработчики бортовых систем управления перспективных БЛА БД в процессе проектирования сталкиваются с целым рядом проблем, начиная от формирования требований, предъявляемых как к бортовой системе управления в целом, так и к ее отдельным компонентам, и заканчивая вопросами реализуемости тактико-технических требований технического задания на разработку бортовой системы управления БЛА БД.

Тактические требования к бортовой системе управления БЛА БД (ее подсистемам) задаются в виде требований по точности полета по маршруту, точности выхода в зоны коррекции, точности выхода в районы (зоны применения целевой нагрузки), точности определения местоположения (координат) наблюдаемых (обнаруживаемых) объектов, вероятности выполнения целевой функции и др., то есть в виде конкретных формализованных характеристик. Таким образом, объективно существует основа для построения математически строго формализованного аппарата для формирования требований ко всем компонентам и подсистемам БСУ перспективных БЛА БД, а также выявления технических и технологических решений, получаемых в НИОКР, которые потенциально могут удовлетворить этим требованиям. Однако следуя существующей СРПП ВТ (система разработки и постановки продукции на производство), разработчику крайне сложно найти сбалансированное рациональное решение, поскольку в настоящее время вопросы разработки компонентов бортовой системы управления и элементов системы информационного обеспечения (СИО) БЛА БД рассматриваются в рамках отдельных опытно-конструкторских работ (ОКР), выполняемых различными исполнителями. Как правило, вопросы распределения требований, предъяв-

ляемых к различным компонентам, решаются итерационно, по существу эмпирически, путем наращивания возможностей базовой инерциальной системы управления (БИСУ) за счет введения в состав бортовой системы управления разного рода корректирующих устройств. Координация между разработчиками базовой БИСУ и разработчиками корректирующих систем и устройств, а также разработчиками элементов СИО до последнего времени слабая, а методические вопросы распределения финансовых ресурсов, необходимых для разработки и создания новых компонентов бортовых систем управления, за редким исключением не рассматриваются вовсе.

Кроме того, новые тенденции в бортовых радиоэлектронных технологиях, направленные на создание максимально интегрированных систем и комплексов с отказом от применения функционально полных систем, требуют обновления и нормативной базы. Существующая нормативная база, регламентирующая разработку бортовых систем и комплексов, в значительной степени устарела и не отвечает требованиям создания интегрированных систем и комплексов с минимизацией рисков невыполнения тактико-технических требований.

В статье на основе научно-технического задела по формированию рационального типажа различных видов вооружения, созданного в 46 ЦНИИ МО РФ в рамках подготовки проектов ГПВ и ГОЗ, предложен ряд решений по распределению требований к компонентам БСУ БЛА БД, применению адаптивной технологии проектирования, разработаны предложения по модернизации существующей нормативной базы.

Выполнение автономного полета БЛА БД от момента старта при выполнении взлета и до посадки и пробега непосредственно обеспечивает бортовая система управления. Обобщенная структурно-функциональная схема бортовой системы управления, выполненная по существующей традиционной технологии проектирования, приведена на рисунке 1.

Бортовые системы управления характеризуются следующими основными чертами [2]:

объединением в единую систему (комплекс) подсистем, основанных на различных физических принципах, создаваемых различными отраслями промышленности;

многочисленными взаимными связями между подсистемами, от функционирования которых зависит работоспособность всего комплекса;

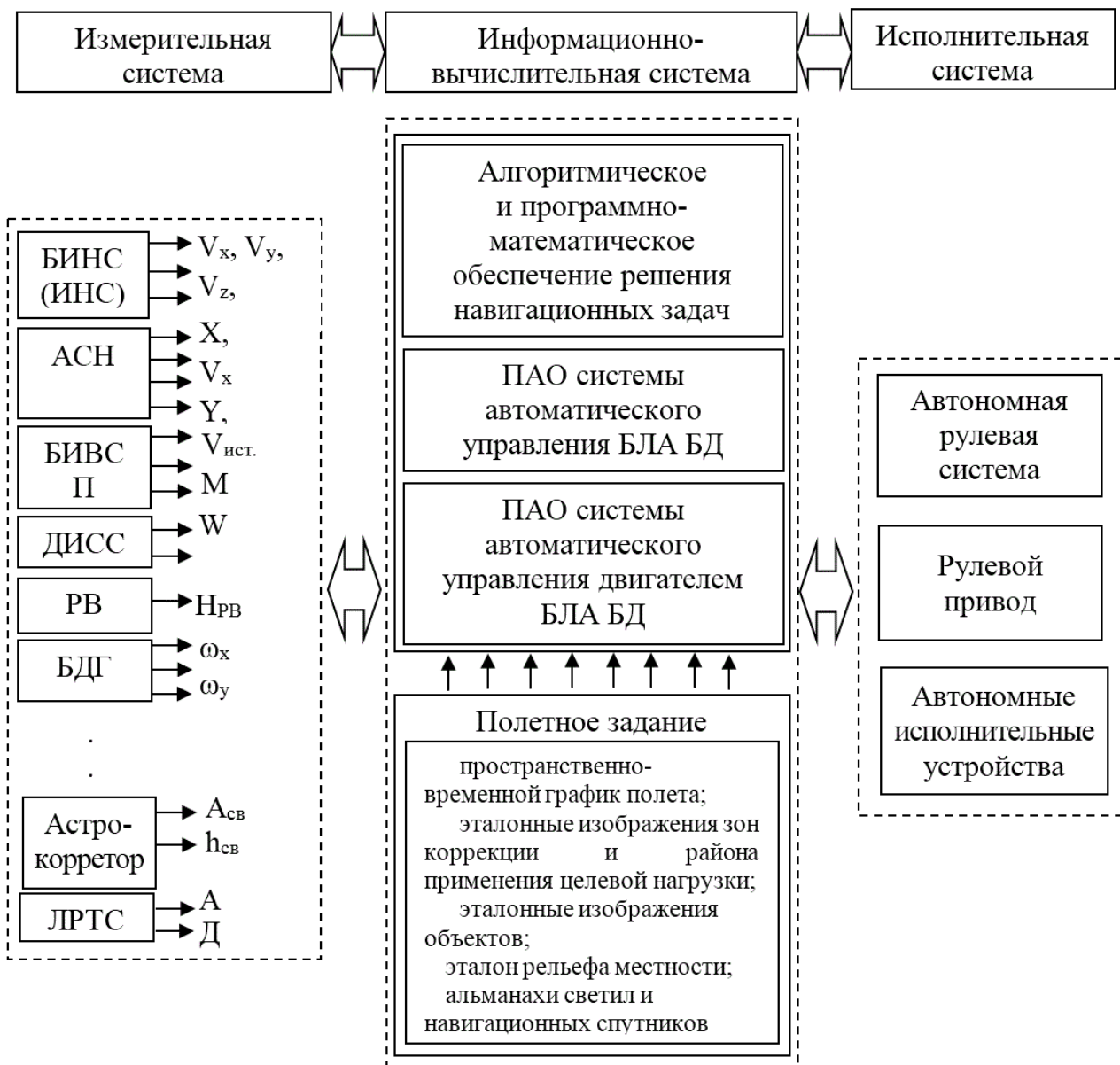
разнообразием и интенсивностью потоков информации, замыкающихся через бортовую цифровую вычислительную машину (БЦВМ) или бортовую цифровую вычислительную систему (БЦВС);

существующей на современном уровне сложностью математического обеспечения комплекса.

В своем развитии БСУ летательных аппаратов прошли последовательно стадии централизованных, федеративных и интегрированных систем. Приведенная на рисунке 1 структура относится к классу федеративных. Несмотря на определенные преимущества федеративной системы по сравнению с централизованной, достижимые за счет более рационального распределения потоков информации и возросшей производительности БЦВМ, реализация оптимальной обработки информации и оптимизации управления в реальном масштабе времени затруднена сложностью математических моделей подсистем.

Это предопределило переход от систем с федеративной структурой к интегрированным системам и комплексам, обеспечивающим глубокую комплексную автоматизацию и оптимизацию на основе распределенной интегрированной структуры и соответствующих баз данных, а также реконфигурацию системы при отказах или повреждениях.

В настоящее время ведущие мировые производители авионики завершили переход к производству бортовых систем и комплексов с открытой архитектурой на базе интегрированной модульной авионики (ИМА) [3]. Такие комплексы (рисунок 2) [4] создаются на основе единой вычислительной платформы, а функции систем и подсистем выполняют унифицированные модули с соответствующими программными приложениями, разделяющими общие вычислительные ресурсы.



БИНС – бесплатформенная инерциальная навигационная система
 АСН – аппаратура спутниковой навигации
 БИВСП – бортовой измеритель высотно-скоростных параметров
 ДИСС – доплеровский измеритель скорости и угла сноса
 РВ – радиовысотомер
 БДГ – блок демфирующих гироскопов
 ЛРТС – приемная аппаратура локальных радиотехнических систем
 ПАО – программно-алгоритмическое обеспечение

Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема БСУ БЛА БД

В РФ аналогичные работы проводятся в рамках концепции интегрированного комплекса бортового оборудования [2, 5], разработанной в конце прошлого столетия в ВВИА имени Н.Е. Жуковского, а в настоящее время успешно развиваются и реализованы в концепции интегрированной модульной авионики в интересах создания бортовых комплексов гражданской авиации, головным разработчиком и координатором которой является ФГУП «ГосНИИАС».

В РФ аналогичные работы проводятся в рамках концепции интегрированного комплекса бортового оборудования [2, 5], разработанной в конце прошлого столетия в ВВИА имени Н.Е. Жуковского, а в настоящее время успешно развиваются и реализованы в концепции инте-

грированной модульной авионики в интересах создания бортовых комплексов гражданской авиации, головным разработчиком и координатором которой является ФГУП «ГосНИИАС».

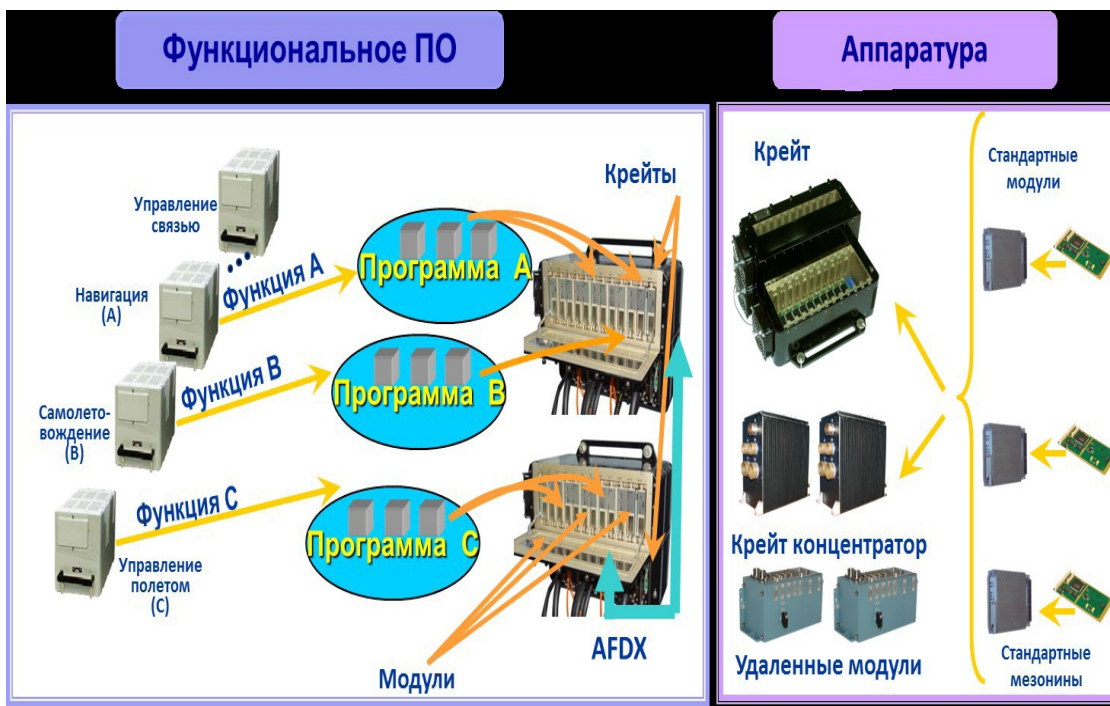


Рисунок 2 – Концепция интегрированной модульной авионики

Несмотря на ожидаемый выигрыш в затратах на разработку бортового оборудования, сокращение сроков разработки, сокращение массогабаритных параметров авионики и более высокую степень надежности, открытым остается целый ряд вопросов как методического, так и организационно-нормативного характера, необходимость решения которых очевидна для специалистов, занимающихся разработкой и созданием бортовых систем и комплексов перспективных БЛА.

С.Г. Брайткрайцем и В.А. Евдокимовым был предложен методический подход к проектированию БСУ БЛА БД, который заключается в следующем:

1) имеется множество вариантов A_m^i, K_r^i, S_k^i (A_m^i – параметры автономных систем в составе БСУ, S_k^i – параметры корректирующих систем в составе БСУ, K_r^i – параметры соответствующей системы информационного обеспечения (СИО)) построения системы управления БЛА БД, каждый из которых оценивается совокупностью показателей и имеется моделирующий комплекс, позволяющий для набора типовых задач применения комплекса БЛА БД (удаленности до заданного объекта, траектории маршрута полета средства БЛА, информационного обеспечения каждого участка траектории, помеховой обстановки и выбранного варианта программно-алгоритмического обеспечения бортового вычислителя) оценить эффективность, характеризующую точностью вывода БЛА в заданную зону;

2) для каждого из сформированных вариантов построения бортовой системы управления выполняется моделирование применения комплекса БЛА БД, результатом которого является оценка точности наведения;

3) полученные сочетания элементов системы управления разбиваются на группы в соответствии с обеспечиваемым уровнем точности;

4) производится упорядочение сформированных вариантов (сочетаний элементов) системы по критерию стоимости для каждого уровня точности.

Такой поход можно считать идеализированным, на практике он может привести к существенным трудностям, которые обусловлены следующими факторами:

сложностью структуры множества вариантов A_m^i , K_r^i , S_k^i построения системы управления БЛА БД и размерностью требований к ним;

отсутствием единых методик либо моделирующих комплексов, позволяющих для совокупности типовых задач применения комплекса БЛА БД оценить эффективность БСУ.

Сложившееся положение вещей нельзя признать удовлетворительным, поскольку, как показывает опыт, оно приводит к двум крайним ситуациям.

В первом случае, головной исполнитель, основываясь на понятном стремлении сохранить сложившуюся ранее кооперацию соисполнителей – разработчиков компонентов БСУ, будет использовать уже имеющиеся (готовые) научно-технические и технологические решения. Естественно, что при таком подходе трудно ожидать появления новых решений, отвечающих требованиям создания перспективных БСУ.

Во втором случае, при формировании ТТЗ на ОКР по разработке БСУ Заказчиком или уполномоченной НИО Заказчика (в соответствии с ГОСТ РВ 15.203-2003) требования, предъявляемые к компонентам БСУ и к системе в целом, могут оказаться недостаточно обоснованными или неактуальными в смысле создания системы управления конкретного образца БЛА БД. Сказанное характерно и для тактико-технических заданий на разработку других видов ВВСТ, учитывая существенное сокращение численности штата научно-исследовательских учреждений, органов военного управления, заказывающих управлений и военных представительств и, как следствие, снижение уровня обоснованности заявляемых в ТТЗ требований.

В обоих случаях сроки выполнения ОКР неоправданно затягиваются, требования технического задания выполняются не полностью, а в ряде случаев заказчиком принимается решение о приостановке ОКР. По имеющимся данным [6] реальная продолжительность ОКР сегодня составляет почти 7 лет. При этом выполнение около половины ОКР не укладывается в сроки, указанные в первоначальном контракте. Почти 10% ОКР за последние десять лет были отменены на этапе проведения государственных испытаний в связи с потерей ими своей актуальности.

Разработка перспективных бортовых систем и комплексов связана с поиском рационального баланса между автономными (инерциальными) системами и различными корректирующими системами (средствами). При этом поиск такого рационального решения включает не только и не столько научно-технические и технологические решения, но и решение целого ряда нормативно-правовых вопросов, а также связана с решением вопросов стоимостных оценок разрабатываемых систем в частности и с оценкой военно-экономической эффективности БСУ в целом.

Существующая нормативная база ориентирована на каскадную модель разработки технических средств [4, 6] с жестко зафиксированной последовательностью этапов и не отвечает требованиям создания интегрированных систем и комплексов для БЛА БД. Необходимо учитывать и то, что конкретный исполнитель ОКР определяется по результатам конкурса, а создание интегрированной распределенной системы управления предполагает участие широкой кооперации разработчиков. В последнее время появился целый ряд публикаций отечественных и зарубежных разработчиков, посвященных проблеме единой, «сквозной» технологии проектирования [4...6]. Так, за рубежом проектирование комплекса БРЭО гражданского судна осуществляется в соответствии с руководствами ARP-4754A и P-4754. Процесс разработки состоит из следующих процедур:

- разработка и распределение требований;
- разработка программного обеспечения и аппаратуры;
- интеграция и испытания.

Из приведенных процедур ключевой является процедура формирования и распределения требований, предъявляемых к комплексу БРЭО в целом и ко всем его компонентам. Необходимо отметить, что вопросам распределения требований к разрабатываемым комплексам и системам БРЭО за рубежом посвящен целый ряд руководящих документов:

Инструкция МО США 3170.01Н «Объединенная система разработки и интеграции характеристик» (The Joint Capabilities and Development System);

Порядок рассмотрения программного обеспечения бортовых систем и Сертификация оборудования (DO-178C, Software Consideration in Airborne Systems and Equipment Certification, 2011);

Развитие на основе моделирования и Приложения по Сертификации стандартам DO-178C и DO-278A (DO-331, Model Based Development and Certification Supplement to DO-178C and DO-278A, 2011).

В Российской Федерации проектирование комплекса бортового радиоэлектронного оборудования БРЭО и БСУ боевых ЛА осуществляется в соответствии нормативной базой по ГОСТ РВ 15.203-2003 – для образцов ВВТ, и по ГОСТ РВ 15.205 – для комплектующих изделий, научно-методическая база которых основана на реализации каскадной схемы разработки и создания сложных технических систем (рисунок 3):

- разработка тактико-технического задания на опытно-конструкторскую работу;
- разработка эскизного проекта (ЭП);
- разработка технического проекта (ТП);
- разработка рабочей конструкторской документации (РКД);
- изготовление опытного образца (опытной партии);
- предварительные испытания;
- государственные испытания;
- корректировка и утверждение рабочей конструкторской документации для организации серийного производства образца ВВСТ или его составной части.

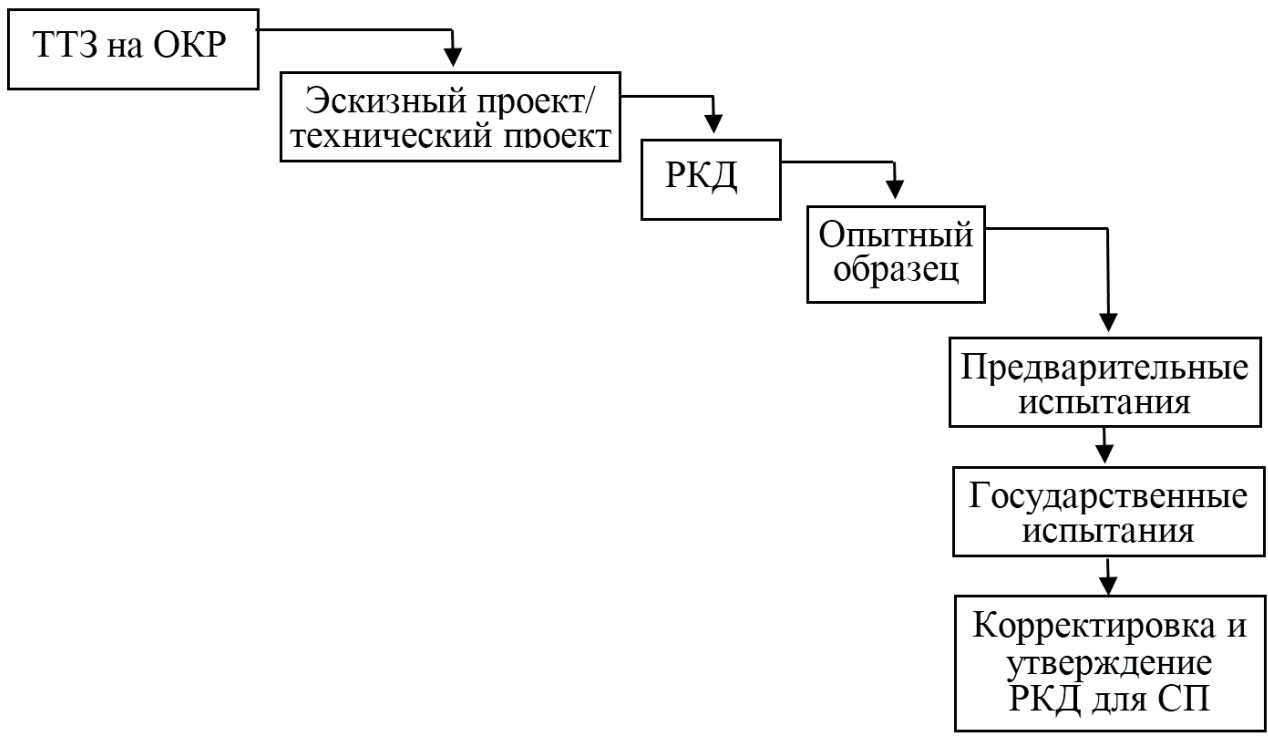


Рисунок 3 – Каскадная схема создания сложных технических систем

В рамках такой схемы разработка технических средств и подсистем БСУ, программного обеспечения осуществляется только на основе требований верхнего уровня, определенных в ТТЗ и частично уточненных в эскизном или техническом проекте. Кроме того, формирование требований осуществляется, как правило, в ходе выполнения отдельной НИР, в разделе, посвященном разработке проекта ТТЗ на выполнение ОКР. При этом исполнитель данной НИР, то есть разработчик требований ТТЗ на ОКР, чаще всего в выполнении ОКР непосредственного участия не принимает, а отчетные материалы с обоснованием требований к опытному образцу и подтверждением их реализуемости до головного исполнителя ОКР и исполнителей ее составных частей не доходят, поскольку головной исполнитель определяется по результатам конкурса и временной интервал между выполнением НИР с обоснованием и распределением требований может занять существенный отрезок времени – до нескольких лет.

Традиционно вопросы распределения требований между компонентами разрабатываемых бортовых систем управления решались либо методами теории чувствительности [7, 8], либо эмпирическими методами итерационного совершенствования основных характеристик бортовых систем управления, в первую очередь, точности, автономности и помехоустойчивости.

Методы теории чувствительности не потеряли своей актуальности и к настоящему времени. Однако их применимость в настоящее время ограничена областью разработки отдельных чувствительных элементов, датчиков и их узлов.

Итерационные эмпирические методы особенно характерны для конца прошлого века, когда, с одной стороны, сложилось представление, что инерциальная техника достигла определенного технологического предела, а с другой – часть разработчиков была убеждена в возможности создания универсального навигационного средства, каким тогда представлялись спутниковые радионавигационные системы. Вместе с тем очевидно, что и в области разработки новых чувствительных элементов, и в области новых применений информации о геофизических и искусственных навигационных полях, и в области концептуальных проблем построения бортовых интегрированных систем и комплексов будут появляться новые разработки. Поэтому полагаться даже на такую современную концепцию, какой является концепция ИМА, как на основной путь в развитии бортовых систем и комплексов управления БЛА, по нашему мнению, вряд ли оправданно.

Поскольку процесс формирования облика БСУ по существу является процессом реализации определенных алгоритмов управления, где объектом управления являются структура, состав БСУ, алгоритмическое обеспечение, характеристики компонентов БСУ, а управлением – соответствующие изменения в указанных элементах облика БСУ, то и к процессу формирования облика логично применить методы и подходы адаптивного управления [5, 9]. Причем эти подходы связаны как с решением технологических вопросов, так и нормативных вопросов, регламентирующих разработку новой техники.

Облик бортовой системы управления БЛА БД, как и облик любой другой сложной технической системы во многом определяется состоянием нормативной базы, устанавливающей требования к оборонной продукции, в том числе научно-технической. Качество оборонной продукции обуславливается не только соответствием ее характеристик требованиям стандартов, но и соответствием самих стандартов современному уровню достижений науки и техники (рисунок 4) [4].

На рисунке 4 показано, что если в области гражданской авиации РФ существует достаточно полный и современный перечень нормативной документации, то в области разработки образцов военной техники нормативная база в значительной части либо устарела, либо отсутствует вовсе. Это касается в первую очередь нормативной базы, регламентирующей разработку сложных систем, формирование и распределение требований к сложным системам, оценку реализуемости этих требований.

	Гражданская авиация			Военная авиация
	США	ЕС	Россия	
Разработка и сертификация сложных систем	ARP 4754 1996 г. ARP 4754A 2010 г.	ED-79 1996 г. ED-79A 2010 г.	Р 4754 2011 г. Р 4754А 2011 г. ДП 05 2010 г.	- отсутствует
Оценка безопасности оборудования	ARP 4761 1996 г. ARP4761A 2014 г.	ED-135 1996 г. ED-135A 2014 г.	Р 4761 2011 г. ДП 05 2010 г.	- отсутствует
Оценка воздействия внешних факторов	DO-160E 2004 г. DO-160F 2007 г.	ED-14E 2005 г. ED-14F 2008 г.	КТ-160D 2005 г.	ГОСТ РВ 20.39.30Х-98 ГОСТ РВ 6601-002- 2008 превосходит
Разработка и сертификация ИМА	TSO C-153 2002 г. DO-297 2005 г. AC 20-170 2011 г.	ETSO 2С153 2014 г. ED-124 2007 г.	КТ 297 (проект) Р 297 (проект)	- отсутствует
Разработка программного обеспечения	DO-178B 1992 г. DO-178C 2011 г.	ED-12B 1992 г. ED-12C 2015 г.	КТ 178B КТ 178С 2015 (+ 4 Приложения)	ГОСТ РВ 51904- 2002 ГОСТ РВ 0019-001- 2006 соответствует
Разработка аппаратуры	DO-254 2000 г.	ED-80 2000 г.	КТ 254 2011 г.	ГОСТ 15.203-2001 не соответствует
ARP 4754 – руководство по процессам сертификации высокоинтегрированных сложных бортовых систем гражданских воздушных судов			DO-297 – руководство по вопросам разработки и сертификации интегрированного модульного авиационного радиоэлектронного оборудования (ИМА)	
ARP 4754А – руководство по процессам разработки гражданских воздушных судов и систем			DO-178С – требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники (+ 4 приложения)	
ARP4761А – руководство по методам оценки безопасности систем и бортового оборудования самолетов			DO-160F – условия окружающей среды и тестовые процедуры для бортового авиационного оборудования	
DO-254 – руководство по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры				

Рисунок 4 – Сравнение нормативной базы проектирования комплексов бортового оборудования

Очевидно, что глубокая переработка существующей системы документов и принятие новой системы, аналогичной СРПП ВТ, КС ОТТ (общие технические требования), КС КК (контроль качества) и др. потребуют значительного времени и финансовых затрат, связанных с модернизацией системы государственного оборонного заказа в области НИОКР, что является предметом отдель-

ного серьезного обсуждения. Вместе с тем с учетом рассматриваемой в статье конкретной проблемной области – области формирования (проектирования) облика БСУ БЛА, некоторые первоочередные шаги могут быть предложены уже сейчас.

Предлагается несколько путей решения проблемных вопросов проектирования систем управления беспилотных летательных аппаратов большой дальности.

Предложения по учету и корректировке недостатков тактико-технических заданий на опытно-конструкторские работы

Одним из основных недостатков каскадной модели является невозможность возврата к предыдущим этапам и уточнения или пересмотра ранее принятых решений. Это выражается, например, в том, что недоработки, допущенные при формировании ТТЗ, существенно усложняют выполнение этапов ОКР и в ряде случаев не позволяют Заказчику получить требуемый образец.

Одним из решений этого проблемного вопроса может быть возврат к опыту проведения исследований в Советском Союзе, когда при формировании технического задания на ОКР в качестве приложения представлялся отчет с примерным названием «Обоснование технического задания». Отчет содержал более полные сведения по анализу экспериментальных данных о воздействующих факторах, оценке возможных вариантов построения системы и ее основных элементов, экономическим расчетам, а также предложения по организации разработки и срокам выполнения работ.

Выделение этапа эскизно-технического проекта из общего содержания опытно-конструкторской работы и его параллельное выполнение несколькими исполнителями

В качестве первого шага решения проблемных вопросов разработки БСУ БЛА БД может быть рассмотрено обеспечение устойчивой связи между этапами НИР, предшествующей ОКР и обосновывающей требования к разрабатываемой в ОКР системе и самой ОКР. Для разрешения данного проблемного вопроса необходимо ответить, по крайней мере, на два вопроса, связанных с существующим порядком проведения опытно-конструкторских работ по созданию изделий ВВСТ и их составных частей:

1) Возможно ли в рамках существующего порядка выполнения ОКР предусмотреть проработку нескольких вариантов технических и технологических решений?

2) Кем и на каком этапе разработки будут формироваться варианты такой сложной технической системы как БСУ БЛА БД?

Следуя закономерностям адаптивного управления [9], в рамках существующей СРПП можно предложить следующие варианты ответов.

1) Выполнение этапов эскизного и технического проектирования параллельно с головным исполнителем ОКР целесообразно поручить нескольким соисполнителям. Этапы эскизного и технического проектирования проводить по предварительному техническому заданию, в котором указываются только требования назначения (основные функции) и условия применения образца. Из технического задания на ОКР целесообразно исключить требования к составу разрабатываемого образца. Остальные характеристики и состав БСУ не являются догмой и могут уточняться и корректироваться. Это обеспечит получение нескольких вариантов проектирования БСУ БЛА БД. При этом каждый исполнитель (соисполнитель) обязан предоставлять Заказчику соответствующий отчет с оценкой реализуемости предлагаемых решений. Такой порядок выполнения ОКР не противоречит существующему, поскольку ГОСТ РВ.15.203 предусматривает проработку нескольких технических решений на этапе проектирования. Однако на практике это выполняется крайне редко, поскольку исполнитель ОКР (СЧ ОКР) ориентируется в первую очередь на собственный научно-технический задел. Таким образом, необходимо обеспечить распараллеле-

ливание этапа эскизно-технического проектирования между несколькими исполнителями с последующим выбором оптимального варианта комиссией, включающей представителей заказывающей организации, НИУ МО, представителей организаций исполнителя (соисполнителей) ОКР.

2) Формирование вариантов (опорных вариантов) БСУ БЛА БД может осуществляться в рамках отдельной системной научно-исследовательской работы либо аванпроекта. Целью этой НИР (аванпроекта) является разработка проекта технического задания на ОКР по разработке опытного образца БСУ. Исполнители такой НИР (аванпроекта), как и организации, осуществляющие в дальнейшем военно-научное сопровождение ОКР, должны быть определены из числа НИО МО РФ. Головной исполнитель выполняет этапы разработки РКД, изготовления опытного образца и проведения испытаний в соответствии с существующей системой СРПП.

Создание адаптивной «сквозной» технологии проектирования БСУ БЛА БД

Формирование требований должно представлять поток параллельных нисходящих процессов проектирования (рисунок 5) БСУ БЛА БД, поскольку распределение требований производится как по вертикали – от верхнего уровня (требования к БСУ в соответствии с концепцией применения БЛА БД) до самого нижнего (требования к системам, средствам, ПО), так и по горизонтали – между системами и средствами, выполняющими сходные задачи.

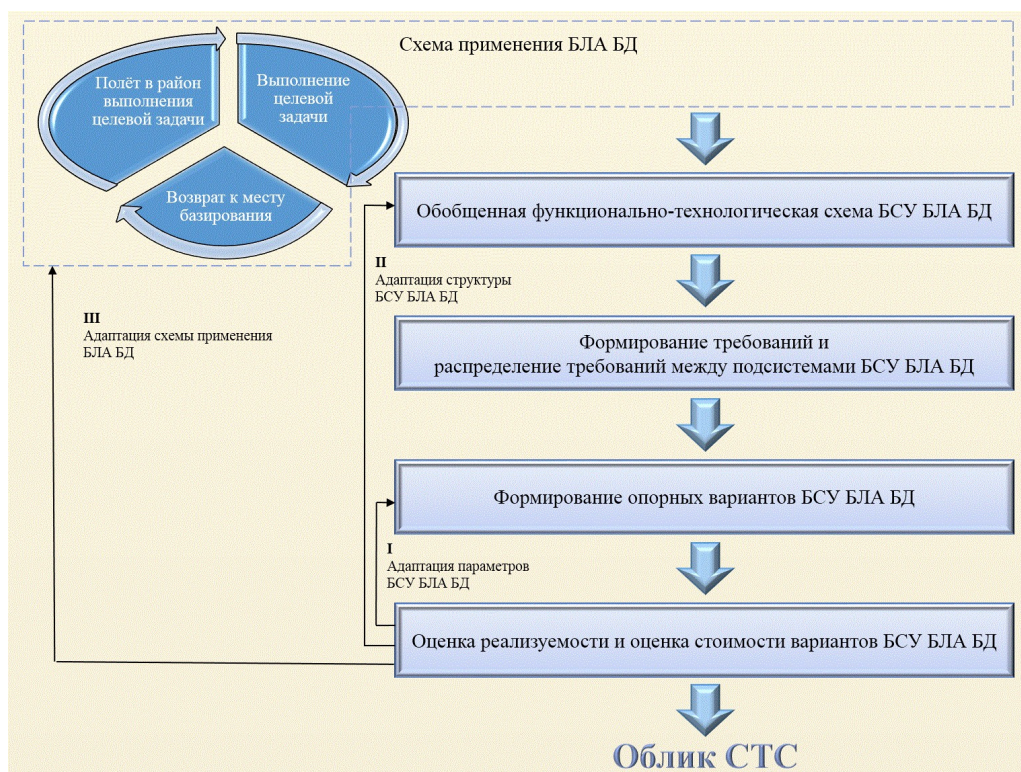


Рисунок 5 – Адаптивная схема формирования требований к БСУ

Поясним применение термина «адаптивность» в задаче распределения требований. Представленный подход позволяет связать все уровни требований – требований к применению БЛА, требований к БСУ, требований к компонентам БСУ, требований к ПО и требований к чувствительным элементам. При этом необходимо обеспечить оценку реализуемости требований для каждого уровня. Адаптивность здесь предполагает (по результатам оценки реализуемости) возможность гибко изменять технические характеристики компонентов БСУ БЛА (1-й контур адаптации), состав и структуру БСУ БЛА (2-й контур адаптации), и даже требования к режимам функционирования БСУ БЛА (3-й контур адаптации) (рисунок 6). Это позволит оперативно и с мини-

мальными затратами корректировать и распределять требования, предъявляемые ко всем компонентам БСУ с безусловным выполнением требований назначения (основные функции) и условий применения образца БСУ БЛА БД.

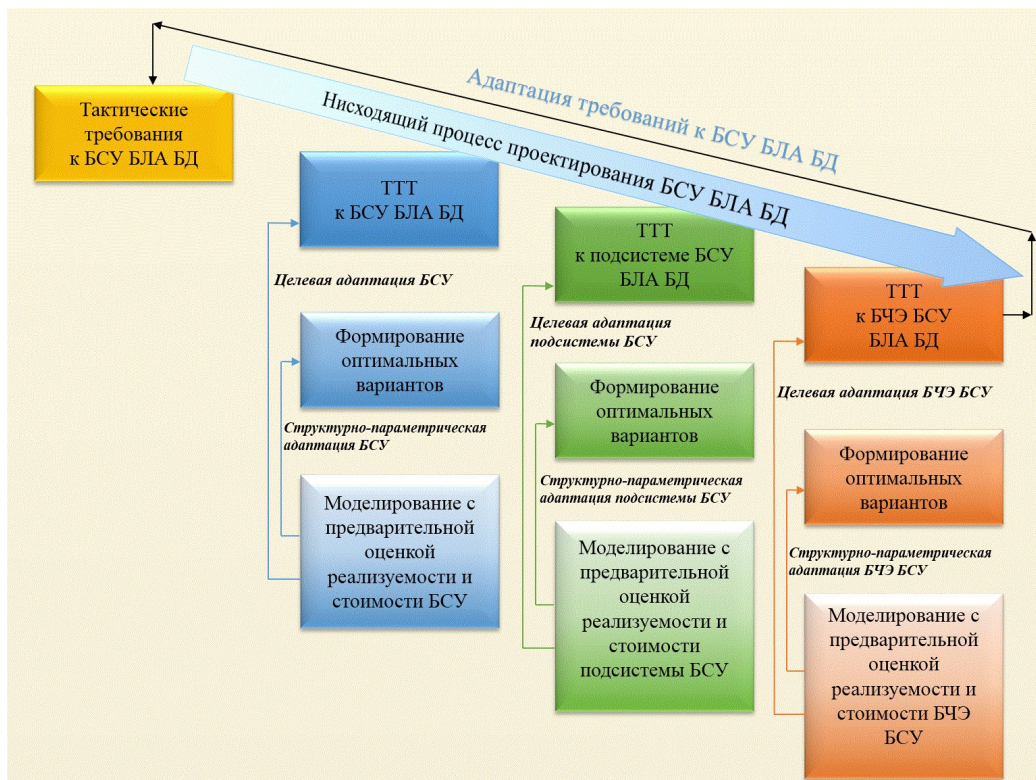


Рисунок 6 – Адаптивная сквозная технология проектирования и распределения требований

Таким образом, весь процесс оптимального проектирования БСУ БЛА БД может осуществляться на трех уровнях (рисунок 6).

На первом уровне Заказчиком на основе концепции разрабатываемого образца БЛА БД разрабатывается техническое задание, в котором формируются требования по дальности применения и точности навигации БЛА БД.

На втором уровне происходит формирование облика бортовой системы управления – A_m^i , K_r^i , S_k^i , с конкретизацией (распределением) точностных характеристик ее подсистем $\Delta R(A_m^i)$, $\Delta R(K_r^i)$, $\Delta R(S_k^i)$.

На третьем уровне формируются требования к точностным характеристикам основных чувствительных элементов и электронных узлов компонентов БСУ БЛА БД – $\Delta r(A_m^i)$, $\Delta r(K_r^i)$, $\Delta r(S_k^i)$.

Полученные решения позволяют:

- а) получать оптимальные сочетания параметров основных подсистем, входящих в состав БСУ для конкретной решаемой задачи с известными финансовыми ограничениями;
- б) при включении в состав БСУ заведомо «грубой» в смысле точностных параметров системы компенсировать ее погрешности свойствами более точных систем, включаемых на основании строго обоснованных требований;
- в) формировать предложения по способам применения БЛА на основе решения обратной оптимизационной задачи: то есть, исходя из известных параметров подсистем БСУ, определять достижимые расстояния до вскрываемого объекта, продолжительность автономного полета и точность навигации и наведения БСУ БЛА в целом.

Список использованных источников

1. Панов В.В., Горчица Г.И., Балыко Ю.П. Формирование рационального облика перспективных авиационных систем и комплексов. – М.: Машиностроение, 2010.
2. Эргатические интегрированные комплексы летательных аппаратов / Под ред. М.М. Сильвестрова. – М.: Филиал Воениздата, 2007.
3. Чуянов Г.А., Косьянчук В.В., Сельвесюк Н.И. Перспективы развития комплексов бортового оборудования на базе интегрированной модульной авионики // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (128).
4. Косьянчук В.В., Сельвесюк Н.И., Чуянов Г.А. Проблемные вопросы развития технологий создания бортового оборудования летательных аппаратов военного назначения // Вооружение и экономика. – 2013. – № 4 (25).
5. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Главная редакция физико-математической литературы «Наука», 1987.
6. Брайткрайц С.Г., Небелов Е.В., Безденежных С.И. Совершенствование порядка формирования требований при подготовке тактико-технических заданий на создание комплексов с беспилотными летательными аппаратами / Сборник докладов и статей научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». – Коломна, 2017.
7. Липчин Л.Ц. Проектирование сложных навигационных систем. – М.: Машиностроение, 1976.
8. Гехер К. Теория чувствительности и допусков электронных цепей. – М.: Советское радио, 1973.
9. Растрингин Л.А. Адаптация сложных систем. – Рига: Зинатие, 1981.
10. Красовский А.А. Избранные труды: Теоретическая и прикладная теория управления. Последние проекты и открытия. – М.: Мысль, 2001.
11. Проектирование систем наведения / Под ред. Е.А. Федосова. – М.: Машиностроение, 1975.
12. Мубаракшин Р.В. Комплексное наведение летательных аппаратов и отделяемых средств. – М.: Машиностроение, 1990.

П.А. Дульнев, доктор военных наук,
профессор

С.А. Сычев, кандидат военных наук,
доцент

Совершенствование системы вооружения штурмовых подразделений, оснащенных робототехническими комплексами военного назначения

Рассматриваются направления совершенствования системы вооружения штурмовых подразделений при оснащении их робототехническими комплексами военного назначения с применением функционального подхода.

Тенденция обострения борьбы за овладение населенными пунктами явно проявилась в войнах и вооруженных конфликтах современности и обозначила проблему необходимости сокращения потерь личного состава общевойсковых формирований, привлекаемых к их штурму. Практика показала, что ни абсолютное превосходство в воздухе, ни применение современных высокоточных средств поражения и технологий управления войсками не обеспечивают существенного снижения потерь наступающих войск при штурме населенных пунктов, даже при значительном превосходстве в силах и средствах.

Так, штурм г. Мосул формированиями вооруженных сил Ирака при поддержке международной коалиции затянулся на девять месяцев. Массирование ударов авиации и огня артиллерии не привело к повышению темпов наступления штурмовых групп и снижению уровня потерь, которые на отдельных этапах операции достигали 120-150 человек в сутки, а в целом за операцию составили около 30 тысяч военнослужащих. В результате освобождения города в его различных районах оказались разрушены от 30 до 70% зданий и сооружений, а количество жертв среди мирных жителей по различным источникам может составлять несколько десятков тысяч человек [1].

Ведение боевых действий преимущественно на коротких дистанциях и одновременно на нескольких уровнях, включая подземные сооружения и объекты, при отсутствии сплошного фронта и повышенной, относительно обычных условий, плотности сил и средств, позволяет обороняющейся стороне эффективно противостоять в населенных пунктах противнику, оснащенному современными образцами вооружения и военной техники.

Прогресс в разрешении проблемы по снижению потерь личного состава при ведении штурмовых действий наметился в связи с активизацией процесса создания принципиально новых высокотехнологичных видов оружия, созданных на базе технологий военной робототехники.

Однако применение [2, 3] ряда образцов наземной робототехники в боевых условиях показало, что эффективность создаваемых робототехнических комплексов значительно ниже эффективности экипажного вооружения и военной техники, а их сравнительно высокая стоимость не позволяет надеяться на массовое оснащение ими войск. Низкая защищенность, незначительная дальность и высокая сложность управления, а также уязвимость каналов связи от воздействия средств радиоэлектронной борьбы резко ограничили спектр задач, к выполнению которых могут привлекаться существующие в настоящее время робототехнические комплексы.

Необходимость пересмотра подходов к определению номенклатуры наземных робототехнических комплексов и создания на их основе специализированных штурмовых комплектов, обеспечивающих выполнение задач в населенных пунктах, неоднократно поднималась в ряде публи-

каций [4-7]. Учитывая особую актуальность данной проблематики в открытой печати развернулась активная дискуссия по составу и структуре перспективных подразделений робототехнических комплексов, а также возможным способам их самостоятельного и совместного, с общевойсковыми формированиями, применения. В настоящей статье в развитие этой темы сделана попытка определения направлений совершенствования системы вооружения штурмовых подразделений при оснащении их робототехническими комплексами на основе анализа системы вооружения штурмовых отрядов, создаваемых на базе мотострелковых и танковых подразделений.

В руководящих документах, регламентирующих порядок действий общевойсковых формирований в населенных пунктах, основным способом их овладения рассматривается захват с ходу. В то же время опыт вооруженных конфликтов современности свидетельствует, что применить данный способ удается крайне редко. В большинстве случаев войска вынуждены готовить и проводить штурм населенных пунктов, что связано с существенными отличиями наступления от обычных условий:

- высокая защищенность стрелков, гранатометчиков, расчетов огневых средств позволяет обороняющимся сохранять необходимые для успешной обороны плотности сил и средств длительное время;

- дальность ведения огня из стрелкового оружия в городских условиях редко превышает 300 м, а как правило, составляет около 100 м, что обеспечивает высокую точность стрельбы обороняющихся;

- размещение огневых средств на верхних этажах позволяет поражать бронеемкие объекты наступающих с верхней полусферы, имеющей слабое бронирование;

- многоярусное расположение огневых средств в обороняемых зданиях обеспечивает высокую плотность огня;

- подготовленные пути маневра на поверхности, а также использование подземных коммуникаций обеспечивают своевременное наращивание усилий на угрожаемых направлениях;

- незначительное пространство для осуществления маневра вынуждает наступающих продвигаться вдоль улиц, которые при образовании разрушений, завалов и создании минно-взрывных заграждений становятся труднопроходимыми даже для гусеничной техники.

Практика показала, что наиболее эффективно цели штурма достигаются при применении специальных элементов боевого порядка – штурмовых отрядов или групп. В состав штурмового отряда (группы), создаваемого, как правило, на основе мотострелкового батальона (роты), рекомендуется включать танковые и артиллерийские подразделения, подразделения ПВО и противотанковых управляемых комплексов, гранатометные и огнеметные подразделения, а также подразделения инженерных войск и войск радиационной, химической и биологической защиты [8, 9].

В то же время опыт штурма населенных пунктов в войнах и вооруженных конфликтах последних десятилетий показал, что ряд функциональных подсистем системы вооружения не отвечает предъявляемым требованиям по ряду показателей, в результате чего даже при наличии значительного боевого опыта потери личного состава штурмовых отрядов составляли от 15 до 35%. С учетом высоких потерь действия штурмовых отрядов, как правило, превращались в постепенное выдавливание противника с занимаемых позиций после полного разрушения занимаемых опорных пунктов. Применение нестандартных тактических приемов, заключавшихся в возведении насыпей для сближения с противником, использование для разрушения опорных пунктов удлиненных зарядов разминирования и реактивных снарядов повышенного могущества, изготовленных кустарным способом, усиление защищенности танков и боевых машин пехоты установкой дополнительных экранов, не приводило к изменению тактики штурмовых отрядов и давало лишь временный эффект исходя из условий обстановки [10].

Анализ опыта применения штурмовых отрядов в современных условиях позволил выявить основные проблемные вопросы их существующей системы вооружения, которую целесообразно рассматривать по функциональным составляющим [11].

Возможности функциональной подсистемы поражения ограничиваются небольшими углами склонения и возвышения пушек танков, избыточной «дальнозоркостью» систем управления огнем при слабой панорамной обзорности, особенно в верхней полусфере. Кроме того, большая длина ствола существенно затрудняет маневр на городских улицах, а ограниченная номенклатура боеприпасов не позволяет применять боеприпасы, обладающие повышенным могуществом.

Применение противотанковых ракетных комплексов ограничивается малыми дальностями стрельбы, что не всегда обеспечивает выход ракет на управляемый участок траектории.

Возможности функциональной подсистемы управления ограничиваются экранирующими свойствами высотных зданий и низким качеством связи, обусловленным высоким уровнем помех. Несмотря на положительный опыт интеграции средств разведки и поражения в ближнем огневом бою, распределение задач разведки и поражения объекта противника между различными средствами зачастую приводит к снижению оперативности его поражения и, как результат, к утрате инициативы в бою.

Возможности функциональной подсистемы информационного обеспечения ограничиваются низкой эффективностью имеющихся средств разведки. Высокая задымленность и запыленность значительно снижают возможности оптических средств разведки, а плотная застройка населенных пунктов не позволяет применять радиолокационные станции разведки движущихся целей. В результате выявление огневых точек противника осуществляется только после открытия ими огня. Практическое отсутствие средств ведения разведки при бое внутри зданий и сооружений, особенно в подземных коммуникациях, ведет к высокому расходу боеприпасов или неоправданным потерям штурмовых групп.

Возможности функциональной подсистемы защиты ограничиваются слабым бронированием бортовых, тыльных и верхних проекций танков, а также их слабой противоминной защитой, что обуславливает высокий уровень их потерь от воздействия противотанковых средств, мин и фугасов противника.

Слабое бронирование боевых машин пехоты и бронетранспортеров вообще ставят вопрос о целесообразности их применения в ходе штурма при наличии у противника дальнобойных противотанковых средств. В результате для выхода к объектам атаки личный состав штурмовых групп вынужден выдвигаться в пешем порядке.

Широкое применение противником различных минно-взрывных заграждений, в том числе противобортовых и противокрышевых мин, а также управляемых фугасов вызывает необходимость оснащения штурмовых отрядов средствами обнаружения мин или воздействия на них с целью преждевременного срабатывания (блокирования линий управления фугасами).

Возможности функциональной подсистемы мобильности ограничиваются недостаточным количеством бронированной инженерной техники, способной проделывать проходы под огнем противника, что вынуждает применять в этих целях бронированные подручными средствами бульдозеры. Кроме того, специфика боевых действий в населенных пунктах показала, что наиболее значимыми характеристиками мобильности становятся не высокая скорость движения, а способность образцов вооружения и военной техники преодолевать заграждения и разрушения, а также совершать маневры в ограниченном пространстве и быстрые ускорения для смены позиций.

Возможности функциональной подсистемы обеспечения ограничиваются повышенным расходом боеприпасов у штурмовых групп, пополнение которых должно осуществляться без сни-

жения темпов наступления или перерывов в воздействии на противника, что вызывает необходимость их пополнения практически в боевых порядках подразделений. Это, в свою очередь, требует внедрения специализированных транспортных средств, обладающих соответствующей бронезащитой. Кроме того, необходимость эвакуации раненых, находящихся в зоне воздействия огня противника, также вызывает необходимость применения специализированных средств их транспортировки.

Как свидетельствует боевой опыт, наибольшие потери штурмовые отряды (группы) несут при выдвижении к объекту штурма (выход с исходных позиций, преодоление проходов в заграждениях противника, проникновение на объект атаки), при ведении боя за овладение объектами атаки (внутри зданий) и отражении контратак противника. В это время личный состав и бронетехника штурмовых групп подвергается интенсивному воздействию огневых средств противника и его инженерных боеприпасов.

Снижение потерь личного состава в этих условиях возможно за счет внедрения в состав системы вооружения штурмовых отрядов и групп специализированных робототехнических комплексов, обеспечивающих сокращение количества личного состава, выполняющего задачи в зоне наиболее интенсивного воздействия противника, или повышение эффективности применения других средств штурмового отряда.

Так, возможности функциональной подсистемы поражения штурмового отряда (группы) могут быть повышены за счет включения в состав групп огневой поддержки тяжелых (на танковой базе) ударных робототехнических комплексов, оснащенных комплексом вооружения, позволяющим поражать огневые средства противника как на верхних этажах зданий, так и в полуподвальных помещениях, а также применять осколочно-фугасные, бронебойно-фугасные и термобарические боеприпасы, обеспечивающие разрушение долговременных огневых сооружений, проделывание проходов в стенах зданий, а при необходимости и борьбу с бронеобъектами противника.

Для повышения живучести тяжелых робототехнических комплексов и наращивания возможностей функциональной подсистемы поражения штурмового отряда (группы) могут применяться средние (на базе БМП, МТЛБ и т. п.) робототехнические комплексы, оснащенные комплексом вооружения, включающим автоматическую пушку, пулемет, реактивные огнеметы, что позволит создавать высокую плотность огня при подавлении противотанковых средств противника и его огневых точек, препятствующих продвижению групп захвата, а при необходимости создавать очаги пожаров в его опорных пунктах.

Ударные наземные робототехнические комплексы, на которые возлагается задача по обеспечению выдвижения групп захвата к объектам атаки, блокирование противника в соседних опорных пунктах и отражение контратак должны обладать повышенной защищенностью с использованием комплексов активной и динамической защиты, аэрозольного противодействия и оптико-электронного подавления. Для непосредственной поддержки групп захвата при ведении боя внутри зданий и сооружений, а также в подземных коммуникациях необходимы носимые мини РТК, оснащенные комплексом вооружения на основе стрелкового оружия и гранатометных комплексов, что позволит уничтожить живую силу противника с минимальным привлечением личного состава. Для поражения важных объектов противника, находящихся в тактической глубине обороны противника, таких как кочующие танки, расчеты зенитно-ракетных комплексов, минометы, радиолокационные станции и командно-штабные машины, целесообразно включение в систему вооружения штурмового отряда ударных беспилотных летательных аппаратов, из которых может создаваться самостоятельный элемент боевого порядка штурмового отряда.

Возможности функциональной подсистемы управления штурмового отряда могут быть существенно расширены за счет интеграции систем технического зрения всех наземных робототех-

нических комплексов и беспилотных летательных аппаратов в единое информационное пространство, что позволит повысить оперативность принимаемых решений и ситуационную осведомленность всех элементов боевого порядка до отдельного военнослужащего или огневого средства. При наличии алгоритмов самоорганизации в режиме разведывательно-огневых контуров (комплексов) могут действовать не отдельные огневые средства, сопряженные со средствами разведки и управления, а группы робототехнических комплексов, способных в процессе выполнения задачи оптимизировать процесс поражения целей исходя из возможностей комплексов вооружения.

Применение беспилотных летательных аппаратов – ретрансляторов позволит повысить качество связи в сложных условиях городского пространства и обеспечить устойчивое управление силами и средствами штурмового отряда, без наращивания мощности, а соответственно, и веса средств связи.

Наращивание возможностей функциональной подсистемы информационного обеспечения возможно за счет включения в систему вооружения штурмового отряда наземных разведывательных робототехнических комплексов и беспилотных летательных аппаратов. Они будут востребованы для ведения разведки противника и местности в условиях высокой угрозы для жизни личного состава или там, где традиционные средства не обеспечивают добытие необходимой информации.

В первую очередь они необходимы для оснащения групп захвата при овладении объектами атаки. Это могут быть малогабаритные забрасываемые и самоходные робототехнические комплексы для обследования помещений, подземных коммуникаций и труднопроходимых мест.

Во вторую – для создания сети подвижных наблюдательных постов для формирования информационного пространства, на которые могут возлагаться задачи вскрытия огневых точек противника, участия в контрснайперской борьбе, ведения РХБ разведки, видеофиксации штурмовых действий, а также целеуказания средствам поражения. Возможности наземных разведывательных робототехнических комплексов должны наращиваться беспилотными летательными аппаратами воздушной разведки, на которые могут возлагаться задачи по выявлению минно-взрывных заграждений противника, его огневых средств, действующих в глубине обороны, ведения радио и радио-технической разведки, целеуказания для высокоточных артиллерийских боеприпасов, обеспечения применения армейской и оперативно-тактической авиации, контроля эффективности применения различных средств поражения.

Возможности функциональной подсистемы мобильности могут наращиваться за счет оснащения групп разграждения штурмового отряда инженерными робототехническими комплексами, предназначенными для проделывания проходов в заграждениях и разрушениях под огнем противника. Задачи по проделыванию проходов в стенах зданий для проникновения в них групп захвата, а также разрушения особо защищенных огневых точек противника могут выполняться роботизированными платформами с зарядами взрывчатых веществ различной мощности.

Для повышения мобильности все тяжелые робототехнические комплексы целесообразно оснащать бульдозерными отвалами и средствами подавления радиолиний управляемых фугасов, что позволит им самостоятельно проделывать проходы в минно-взрывных заграждениях противника и завалах.

Носимые робототехнические комплексы должны оснащаться движителями, позволяющими передвигаться по лестничным маршам и в ограниченном пространстве, взбираться на препятствия, самостоятельно восстанавливать рабочее положение после падения.

Совершенствование функциональной подсистемы обеспечения может осуществляться за счет внедрения в систему вооружения штурмового отряда универсальных транспортных плат-

форм, предназначенных для доставки боеприпасов и других необходимых материальных средств подразделениям, действующим в зоне активного воздействия противника, а также эвакуации раненых.

Для снабжения отдельных групп штурмового отряда, не имеющих связи с главными силами по земле, могут применяться беспилотные летательные аппараты коптерного типа.

Как показывает проведенный выше анализ системы вооружения штурмового отряда, наиболее характерным будет включение робототехнических комплексов в состав штурмовых групп (подгрупп) захвата, групп разграбления и разрушения, а также групп огневой поддержки. Основными задачами, возлагаемыми на робототехнические комплексы, при этом будут: ведение разведки противника и местности; проделывание проходов в заграждениях; подрыв стен зданий и долговременных огневых точек противника; разминирование местности и объектов; огневое поражение противника в объектах атаки и прилегающих зданиях; уничтожение бронированных объектов противника; обследование труднодоступных мест, подземных сооружений; обеспечение действий групп захвата в зданиях и сооружениях; корректировка огня артиллерии; обеспечение стрельбы высокоточными боеприпасами; подавление линий радиосвязи противника.

В то же время определенную целесообразность имеет включение робототехнических комплексов в состав групп управления, прикрытия и закрепления, а также подразделений тылового обеспечения штурмового отряда. Наиболее характерными задачами робототехнических комплексов при этом будут: ретрансляция сигналов радиосвязи; участие в поисково-спасательных операциях; РХБ разведка; охрана пунктов управления; борьба со снайперами противника; доставка боеприпасов и других материальных средств; эвакуация раненых и больных.

Кроме того, появление перспективных разведывательно-ударных беспилотных летательных аппаратов малой дальности вызывает необходимость создания новых элементов боевого порядка штурмовых отрядов – групп разведывательно-ударных БЛА, на которые могут возлагаться задачи по поражению важных объектов противника, препятствующих проведению штурму, с воздуха.

Таким образом, совершенствование системы вооружения штурмовых подразделений наиболее вероятно за счет комплексирования возможностей экипажных образцов вооружения и военной техники и робототехнических комплексов военного назначения.

Применение функционального подхода при анализе системы вооружения штурмовых подразделений позволяет выявить наиболее значимые подсистемы, эффективность которых может быть повышена внедрением в их состав робототехнических комплексов, а также определить основные тактико-технические требования к перспективным образцам военной робототехники.

Формирование целостной и сбалансированной системы вооружения штурмовых подразделений создает реальные предпосылки для сокращения потерь личного состава при штурме населенных пунктов и качественно нового уровня выполнения задач по информационному обеспечению, управлению, поражению противника, защите войск и их всестороннему обеспечению.

Список использованных источников

1. Киселев В.А., Костенко А.Н. Борьба за Мосул в Ираке как зеркало тактики американцев по овладению городами // Военная мысль. – 2018. – № 2. – С. 33-42.
2. Сизов В.Ю. Боевые роботы в будущих войнах: выводы экспертов. [сайт] URL: http://nvo.ng.ru/armament/2016-03-04/1_robots.html (дата обращения 12.10.2018).
3. Антонов Н. Изменяют ли роботы парадигму наземного боя? [сайт] URL: <https://topwar.ru/150863-izmenjat-li-roboty-nazemnyj-boj.html> (дата обращения 09.11.2018).
4. Дульнев П.А. Применение робототехнических комплексов при штурме города (укрепленного района) // Вестник Академии военных наук. – 2017. – № 3 (60). – С. 26-32.

5. Селиванов А.А. Урбанизация как фактор, обуславливающий необходимость оснащения штурмовых формирований робототехникой // Вестник Сибирского отделения Академии военных наук. – 2017. – № 45. – С. 91-105.
6. Шеремет И.Б., Рудианов Н.А., Рябов А.В., Хрущов В.С., Комченков В.И. Обоснование семейства боевых и обеспечивающих роботов для боя в городе // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 3 (128). – С.37-41.
7. Чварков С.В., Чагрин А.С. Перспективы применения робототехнических комплексов в вооруженной борьбе / Труды Первой военно-научной конференции «Роботизация Вооруженных Сил Российской Федерации». – М.: ГНИИЦ РТ ВС РФ, 2016. – С. 26-31.
8. Рунов В.А. Штурмы Великой Отечественной. Городской бой, он трудный самый. – М.: Яуза: Эксмо, 2011. – 320 с.
9. Боевой устав Сухопутных войск ч. II Батальон, рота. – Саратов: Типография Регион, 2014. – 800 с.
10. Киселев В.А. Война за города в борьбе с террористами // Армейский сборник. – 2016. – № 12. – С. 5-13.
11. Дульнев П.А., Ильин Л.Н. Некоторые подходы к развитию системы вооружения соединений нового облика Сухопутных войск // Вестник Академии военных наук. – 2012. – № 1 (38). – С. 126-134.

Д.В. Зайцев, кандидат технических наук,
доцент
М.С. Болдырев

Матричный подход к моделированию боевых действий

Представлен подход к моделированию боевых действий для войскового отделения, имеющего все возможные состояния потерь в ходе выполнения им поставленных боевых задач, основанный на реализации метода параллельного вычисления. Предложены базовые матрицы и операторы, позволяющие получить оценки распределений вероятностей потерь противоборствующих сторон в ходе боевых действий. В качестве примера представлены результаты моделирования конкретного сценария боевых действий. Полученные результаты представляют интерес для проведения оценок боевой эффективности подразделений.

В настоящее время все большую актуальность приобретают математические модели и программно-моделирующие комплексы, с помощью которых возможно получить оценки эффективности новых видов оружия, спрогнозировать исход боя, апробировать новые технологии организации и ведения боевых действий. Адекватная оценка эффективности существующих и перспективных образцов вооружения и военной техники требует знания распределений вероятностей потерь противоборствующих сторон в ходе боестолкновений с их применением. Данная работа является логическим продолжением и развитием подхода к моделированию боевых действий, изложенного в [1] и позволяющего получать оценки распределений вероятностей потерь противоборствующих сторон.

Рассмотрим первичное (нижнее) тактическое войсковое формирование – отделение, которое является основной структурной единицей взводов вооруженных сил многих государств [2, с. 181]. В Вооруженных Силах Российской Федерации численность отделения варьируется от 6 до 12 человек в зависимости от решаемых задач¹. В данной работе примем, что численность отделения составляет 9 человек.

Обозначим символом $|p_k\rangle = (0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 1 \ \dots \ 0)$ (единица находится в k -й позиции, $k=0, \dots, 9$) состояние отделения, имеющего k потерь. Предположим, что рассматриваемое войсковое отделение в ходе боевых действий может нести потери с известной вероятностью c_k (например, вероятностью перехода отделения в состояние $|p_k\rangle$ после выполнения им некоторой боевой задачи).

В условиях математического моделирования рассматриваемой ситуации представляется логичным разыграть возможные исходы боевых действий, используя при этом, например, методы имитационного моделирования. При этом для повышения адекватности модели следует реализовывать многочисленные повторные расчеты для получения статистически значимых результатов, что приводит к увеличению времени моделирования и требует значительных аппаратных вычислительных мощностей.

Для решения указанных выше проблем в данной работе предлагается применить метод параллельного вычисления вектора состояния $|X\rangle$, являющегося суперпозицией состояний $|p_k\rangle$:

$$|X\rangle = \sum_{k=0}^9 c_k |p_k\rangle, \quad (1)$$

1 Командир мотострелкового отделения Сухопутных войск: [сайт]. URL: <https://recrut.mil.ru/career/conscription/post/position/info.htm?id=575%40BasePost> (дата обращения: 01.02.2019).

где c_k – вероятность нахождения отделения в состоянии $|p_k\rangle$, из чего следует, что $\sum_{k=0}^9 c_k = 1$.

Для реализации предлагаемого метода параллельного вычисления воспользуемся математическим аппаратом матричной алгебры.

Начальным состоянием вектора $|X\rangle$ является $|p_0\rangle$. В процессе боевых действий состояние отделения будет изменяться от $|p_0\rangle$ до $|X'\rangle$. Математически это изменение можно записать как результат воздействия на вектор-столбец $|X\rangle$ некоторого оператора, выражаемого матрицей A :

$$|X'\rangle = A \cdot |X\rangle. \tag{2}$$

Описание боевых действий требует в явном виде определения базовых матриц, что позволит корректно описывать эволюцию отделения и тем самым формализовывать боевые действия.

Если потери в отделении отсутствуют (например, отделение совершает марш в пешем порядке или на машинах), то матрица должна сохранять любой вектор $|X\rangle$ без изменений. В аппарате матричной алгебры такой матрицей является единичная матрица E , по диагонали которой расположены 1, а остальные элементы нули.

Можно также построить матрицу, которая переводит вектор $|X\rangle$ в состояние, соответствующее потере l бойцов: $|p_{k+l}\rangle = \Pi_l \cdot |p_k\rangle$. При этом если $k+l > 9$, то итогом такой операции должен быть вектор $|p_9\rangle$.

В матрице Π_l единицы расположены параллельно главной диагонали начиная с элемента $\Pi_{l0} = 1$ до пересечения с последней строкой и в последней строке после пересечения, а остальные элементы равны нулю. На рисунке 1 представлен пример матрицы Π_6 .

$$\Pi_6 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Рисунок 1 – Пример матрицы Π_6

Матрица Π_9 , которая переводит любой вектор в состояние $|p_9\rangle$ (полных потерь), представляет собой матрицу из нулевых элементов, кроме последней строки, элементы которой равны 1.

Далее найдем явный вид матрицы D , описывающей десантирование отделения парашютным способом из самолета, причем будем считать, что для каждого военнослужащего отделения вероятность успешного приземления p . Тогда вероятность перехода вектора $|X\rangle$ после десантирования в состояние $|p_k\rangle$:

$$p(|X\rangle = |p_k\rangle) = C_9^k p^{9-k} (1-p)^k. \tag{3}$$

где $C_9^k = \frac{9!}{k!(9-k)!}$ – биномиальный коэффициент.

Тогда матрица D принимает вид, изображенный на рисунке 2.

$$D = \begin{pmatrix} p^9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^1 p^8 (1-p) & p^8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^2 p^7 (1-p)^2 & C_8^1 p^7 (1-p) & p^7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^3 p^6 (1-p)^3 & C_8^2 p^6 (1-p)^2 & C_7^1 p^6 (1-p) & p^6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^4 p^5 (1-p)^4 & C_8^3 p^5 (1-p)^3 & C_7^2 p^5 (1-p)^2 & C_6^1 p^5 (1-p) & p^5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^5 p^4 (1-p)^5 & C_8^4 p^4 (1-p)^4 & C_7^3 p^4 (1-p)^3 & C_6^2 p^4 (1-p)^2 & C_5^1 p^4 (1-p) & p^4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^6 p^3 (1-p)^6 & C_8^5 p^3 (1-p)^5 & C_7^4 p^3 (1-p)^4 & C_6^3 p^3 (1-p)^3 & C_5^2 p^3 (1-p)^2 & C_4^1 p^3 (1-p) & p^3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^7 p^2 (1-p)^7 & C_8^6 p^2 (1-p)^6 & C_7^5 p^2 (1-p)^5 & C_6^4 p^2 (1-p)^4 & C_5^3 p^2 (1-p)^3 & C_4^2 p^2 (1-p)^2 & C_3^1 p^2 (1-p) & p^2 & 0 & 0 & 0 \\ C_9^8 p (1-p)^8 & C_8^7 p (1-p)^7 & C_7^6 p (1-p)^6 & C_6^5 p (1-p)^5 & C_5^4 p (1-p)^4 & C_4^3 p (1-p)^3 & C_3^2 p (1-p)^2 & C_2^1 p (1-p) & p & 0 & 0 \\ (1-p)^9 & (1-p)^8 & (1-p)^7 & (1-p)^6 & (1-p)^5 & (1-p)^4 & (1-p)^3 & (1-p)^2 & 1-p & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2 – Матрица, описывающая десантирование отделения парашютным способом

При умножении такой матрицы на любой вектор состояния $|p_k\rangle$ будет получено новое состояние отделения в соответствии с (2).

Предлагаемый метод параллельного вычисления позволяет моделировать, например, распределение потерь отделения после n десантирований парашютным способом. Для нахождения конечного состояния отделения необходимо n раз умножить матрицу D на вектор начального состояния $|p_0\rangle$:

$$|X'\rangle = D \cdot D \cdot \dots \cdot D |p_0\rangle = D^n |p_0\rangle. \tag{4}$$

Отметим, что в ходе практического применения формулы (4) нет необходимости выполнять $n-1$ операций умножения матриц. Переведем число n в двоичную форму и обозначим d – количество цифр в его двоичной записи, z – количество нулей в двоичном представлении числа n . Тогда для вычисления D^n достаточно произвести всего $2(d-1)-z$ вычислений, сначала найдя степени матрицы D , представляющие собой степени числа 2 (D^2, D^4, D^8, \dots), а затем перемножив нужные значения. Даже в «худшем», с точки зрения вычислительной сложности, случае, когда $z=0$ (т. е. $n=2^d-1$), вместо $n-1=2^d-2$ операций умножения матриц нам нужно будет произвести лишь $2d-2$ таких операций. Учитывая, что $d \sim \log_2 n$, при реализации такого подхода количество производимых операций умножения матриц снизится логарифмически.

Например, для вычисления распределения потерь отделения после 10 ($10=1010_2, d=4, z=2$) десантирований парашютным способом для нахождения матрицы D^{10} можно вместо 9 операций в соответствии с (4) ограничиться четырьмя ($2 \cdot (4-1) - 2$), последовательно перемножив две матрицы $D^2 = D \cdot D$, затем их квадраты и четвертые степени ($D^4 = D^2 \cdot D^2, D^8 = D^4 \cdot D^4$) и, наконец, применив соотношение: $D^{10} = D^8 \cdot D^2$. Результаты расчетов распределения потерь после 10 десантирований парашютным способом при вероятности успешного приземления $p=0,85$ представлены на рисунке 3.

Далее найдем матрицу M , описывающую прохождение отделения через минное поле. Пусть отделению необходимо пройти через минное поле, содержащее N мин на траектории движения отделения. Перед отделением через минное поле прошла группа (или машина) разминирования, причем будем считать, что в результате разминирования остается ненулевая вероятность q срабатывания каждой мины. Будем также считать, что отделение проходит через минное поле тактически грамотно: при случайном подрыве мины погибает только один военнослужащий.

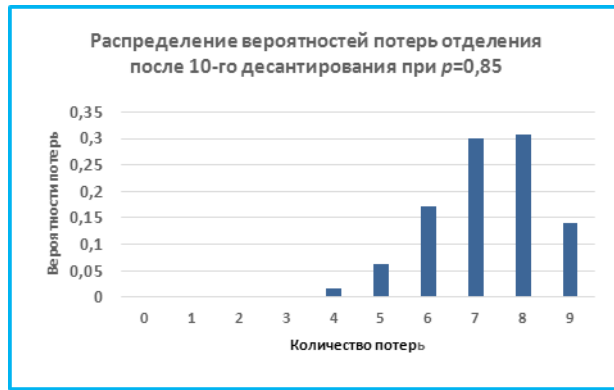


Рисунок 3 – Распределения вероятностей потерь отделения при многократном десантировании парашютным способом

Заметим, что рассматриваемая ситуация подпадает под условие применимости Пуассоновского распределения:

$$p(k) = \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN}.$$

Исходя из этого матрица M будет иметь вид, изображенный на рисунке 4. Отметим, что M и D представляют собой нижние треугольные матрицы.

$$M = \begin{pmatrix} e^{-qN} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^3}{3!} e^{-qN} & \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^4}{4!} e^{-qN} & \frac{(qN)^3}{3!} e^{-qN} & \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^5}{5!} e^{-qN} & \frac{(qN)^4}{4!} e^{-qN} & \frac{(qN)^3}{3!} e^{-qN} & \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^6}{6!} e^{-qN} & \frac{(qN)^5}{5!} e^{-qN} & \frac{(qN)^4}{4!} e^{-qN} & \frac{(qN)^3}{3!} e^{-qN} & \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^7}{7!} e^{-qN} & \frac{(qN)^6}{6!} e^{-qN} & \frac{(qN)^5}{5!} e^{-qN} & \frac{(qN)^4}{4!} e^{-qN} & \frac{(qN)^3}{3!} e^{-qN} & \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 & 0 \\ \frac{(qN)^8}{8!} e^{-qN} & \frac{(qN)^7}{7!} e^{-qN} & \frac{(qN)^6}{6!} e^{-qN} & \frac{(qN)^5}{5!} e^{-qN} & \frac{(qN)^4}{4!} e^{-qN} & \frac{(qN)^3}{3!} e^{-qN} & \frac{(qN)^2}{2!} e^{-qN} & qNe^{-qN} & e^{-qN} & 0 \\ 1 - \sum_{k=0}^9 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^7 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^6 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^5 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^4 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^3 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^2 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - \sum_{k=0}^1 \frac{(qN)^k}{k!} e^{-qN} & 1 - e^{-qN} & 1 \end{pmatrix}$$

Рисунок 4 – Матрица, описывающая проход отделения через минное поле

Далее найдем матрицу C , описывающую обстрел отделения. В этом примере необходимо рассмотреть два различных случая.

Первый случай, когда противник обстреливает, например, с помощью миномета участок местности, на котором расположено отделение. На рассматриваемый участок местности падают мины с интенсивностью потока Λ за время обстрела $t_{обс}$. Предположим, что отделение расположено на обстреливаемом участке тактически грамотно: каждый взрыв мины может поразить только одного (ближайшего к эпицентру взрыва мины) бойца с вероятностью σ .

Рассматриваемая ситуация также подпадает под условие применимости Пуассоновского распределения:

$$p(k) = \frac{(\sigma \Lambda t_{обс})^k}{k!} e^{-\sigma \Lambda t_{обс}}.$$

Тогда матрица C_1 имеет тот же вид, что и рассмотренная выше матрица M , но вместо qN следует подставить $\sigma \Lambda t_{обс}$.

Второй случай, когда противник обстреливает каждого бойца отделения потоком выстрелов Λ за время обстрела $t_{обс}$, причем каждый выстрел может поразить бойца с вероятностью σ . В этом случае вероятность непоражения бойца за время обстрела в соответствии с Пуассоновским распределением равна $p(0) = e^{-\sigma \Lambda t_{обс}}$, а вероятность поражения хотя бы одним выстрелом $1 - p(0)$.

В этом случае матрица C_2 имеет тот же вид, что и рассмотренная выше матрица D , где вместо p следует подставить $e^{-\sigma \Lambda t_{обс}}$.

Рассмотренные выше случаи применения матриц Π_k, D, M, C_1 и C_2 отвечали ситуациям, когда отделение не могло влиять на внешнее воздействие – параметры p, q, N, σ, Λ являются внешними по отношению к отделению параметрами, которые рассматриваемая система не может изменять. Между тем более интересным и наиболее часто встречающимся случаем является ситуация, когда рассматриваемое отделение ведет активное противодействие противнику, тем самым снижает параметры внешнего воздействия с его стороны.

Такая ситуация авторами уже была подробно рассмотрена в работах [1, 3]. Ввиду того, что представленная статья является продолжением и развитием исследований [1, 3], ниже приведем полученные в них основные результаты.

Рассмотрим боевые действия двух противоборствующих сторон $A = \{1, \dots, N_A^0\}$ и $B = \{1, \dots, N_B^0\}$, которые до начала боя включают в свой состав N_A^0 и N_B^0 боевых единиц соответственно. Каждая сторона формирует потоки выстрелов в направлении друг друга, $\sum_i q_i \mu_i$ – поток выстрелов стороны А и $\sum_j p_j \nu_j$ – поток выстрелов стороны В (суммирование ведется по боеспособным боевым единицам сторон), μ_i, ν_j и q_i, p_j – скорострельности оружия и вероятности поражения противником i -й боевой единицы стороны А и j -й боевой единицы стороны В, соответственно. Одним выстрелом уничтожается не более одной боевой единицы противника.

Бой описывается графом дискретных состояний и непрерывного времени (рисунок 5). Начальному моменту времени боя соответствует состояние S_{00} графа (рисунок 5), которое является исходным. Вероятность нахождения рассматриваемой системы в каждом состоянии S_{ij} обозначается P_{ij} . Интенсивность перехода из состояния S_{ij} в состояние S_{i+1j} (поражение одной единицы стороны А) происходит под действием потока выстрелов стороны В $\sum_{l=1}^{N_B^0-j} p_l \nu_l$, соответственно интенсивность перехода из состояния S_{ij} в состояние S_{i+1j} (поражение одной единицы стороны В) происходит под действием потока выстрелов стороны А $\sum_{k=1}^{N_A^0-i} q_k \mu_k$. Вероятность p_{ij} перехода из состояния S_{ij} в состояние S_{ij+1} равна отношению интенсивности перехода из состояния S_{ij} в состояние S_{ij+1} к суммарной интенсивности переходов из состояния S_{ij} :

$$p_{ij} = \frac{\sum_{l=1}^{N_B^0-j} p_l v_l}{\sum_{k=1}^{N_A^0-i} q_k \mu_k + \sum_{l=1}^{N_B^0-j} p_l v_l}$$

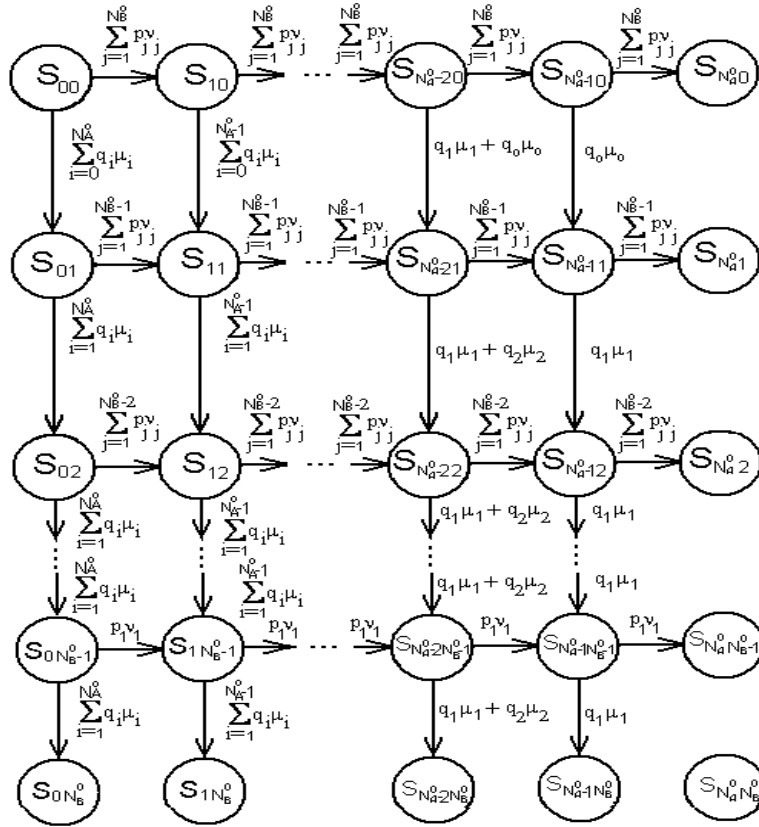


Рисунок 5 – Граф модели боевых действий в условиях военного конфликта низкой интенсивности (дискретные состояния и непрерывное время)

Вероятность перехода из состояния S_{ij} в состояние S_{ij+1} равна $1 - p_{ij}$.

В работах [1, 3] предложен метод «волны вероятности» (по аналогии с расчетом оптического излучения на основе метода Гюйгенса-Френеля), показывающий что для расчета вероятности P_{ij} необходимо просуммировать вероятности переходов P_{i-1j} и $1 - P_{ij-1}$ из соседних состояний S_{i-1j} и S_{ij-1} с соответствующими весами p_{i-1j} и p_{ij-1} :

$$P_{ij} = p_{i-1j} P_{i-1j} + (1 - p_{ij-1}) P_{ij-1} \tag{5}$$

Применение метода «волны вероятности» требует четкого описания сценариев для каждой из сторон, строго устанавливающих последовательность ведения огня по боевым единицам противника. Если предположить, что боевые действия ведутся организованным образом, когда противоборствующие стороны стремятся в первую очередь уничтожить приоритетные цели, например, головную и замыкающую машины колонны, гранатометчиков, пулеметчиков и т. п., тогда конечные распределения потерь наполняются конкретным содержанием. Например, конечное состояние $S_{1N_b^0}$ соответствует ситуации, когда все боевые единицы стороны В уничтожены, при этом сторона А потеряла первую приоритетную боевую единицу, состояние $S_{2N_b^0}$ соответствует уничтожению

всех боевых единиц стороны В, при этом сторона А потеряла первую и вторую приоритетные боевые единицы. Аналогичным образом – для остальных конечных состояний графа.

Учет нестационарности хода боя, то есть изменения параметров боевых единиц в ходе конфликта, также возможно осуществить в рамках рассматриваемой модели боя. Заметим, что переходы между состояниями определяются интенсивностями потоков прицельных выстрелов противоборствующих сторон, единицей измерения которых являются $\frac{1}{\text{сек}}$. То есть граф модели боя

(рисунок 5) фактически содержит шкалу времени. Тогда имеется принципиальная возможность каждому состоянию графа рисунка 5 поставить в соответствие конкретный момент времени хода боевых действий и оценивать количество, расположение и боеспособность боевых единиц сторон на этот момент времени, а затем в графе рисунка 5 между каждыми соседними состояниями записывать суммарную интенсивность потоков выстрелов боеспособных единиц сторон, исходя из полученной оценки расположения боевых единиц сторон на данный момент времени боя.

Учет начального распределения вероятностей потерь может понадобиться в задачах, когда необходимо оценить потери подразделения, которое последовательно выполняет боевые задачи по уничтожению различных групп противника. В случае наличия начального распределения вероятностей потерь стороны А – P_{0i} и стороны В – P_{0j} , где $i=0, \dots, N_A^0$, $j=0, \dots, N_B^0$ метод «волны вероятности» (5) следует модифицировать следующим образом.

В предположении независимости начальных потерь противоборствующих сторон (например, из-за ведения предварительных боев не друг с другом, а с другими подразделениями противника) необходимо осуществить «запуск волны вероятности» из каждого состояния S_{ij} с соответствующим весом $P_{0i}P_{0j}$, а затем сложить эти волны, что эквивалентно следующему итерационному выражению:

$$P_{ij} = P_{0i}P_{0j} + p_{i-1j}P_{i-1j} + (1 - p_{ij-1})P_{ij-1}. \quad (6)$$

Матричный подход к моделированию боевых действий заключается в следующем. Для каждого отделения $|p_{j0}\rangle$ (которые объединяются во взвода, взвода в роты и т. д.) прописывается последовательность матриц и графов в соответствии с возлагаемыми на отделение задачами. В этом случае за один проход алгоритма возможно реализовать расчет распределений вероятностей потерь противоборствующих сторон.

Возможности предлагаемого матричного подхода к моделированию боевых действий можно продемонстрировать на сценарии захвата диверсионной разведывательной группой (ДРГ) охраняемого объекта в ходе рейдовых действий [4, 5]. Данный сценарий разработан на основе тактической задачи № 3 из Армейского сборника [6]. Сценарий представляет собой последовательность элементов (эпизодов):

1. ДРГ в количестве 11 человек осуществила десантирование парашютным способом и сбор на площадке приземления № 1 (рисунок 6). Вероятность успешного приземления для каждого диверсанта $p=0,95$.

2. ДРГ выдвигается к заданному рубежу развертывания без потерь.

3. На подходе к заданному рубежу перед фронтом обнаружено минное поле, на котором гарантированно погибает один диверсанта.

4. ДРГ проходит минное поле со средним числом 20 мин на траектории движения с вероятностью обнаружения и разминирования 0,95 (вероятность подрыва каждого бойца 0,05).

5. На рубеже атаки ДРГ вступает в бой с силами охраны объекта в количестве 8 бойцов. Боевые скорострельности бойцов сил охраны и десантников составляют 1 выстрел за 10 с. Вероятность поражения целей бойцами ДРГ и силами охраны объекта составляет 0,7 и 0,6 соответственно.

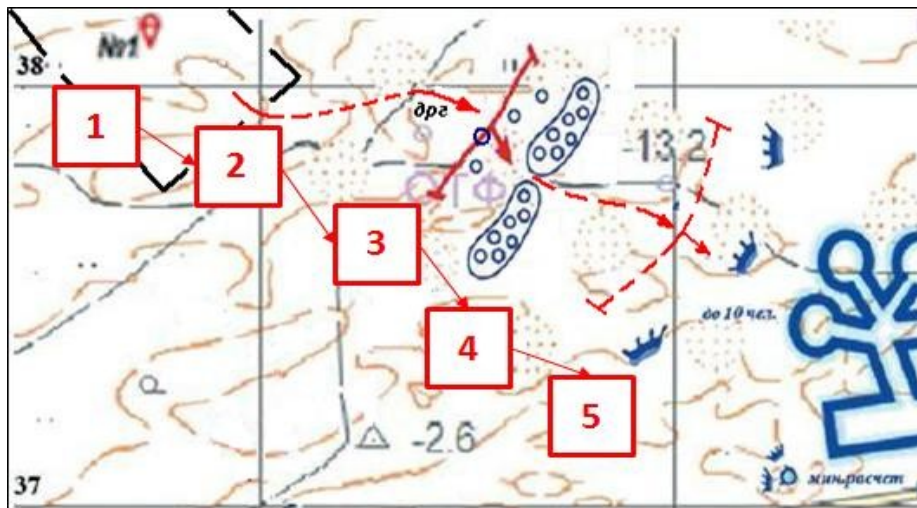


Рисунок 6 – Схема сценария захвата объекта силами ДРГ

Распределение потерь ДРГ после выполнения каждого элемента сценария представлено на рисунке 7.

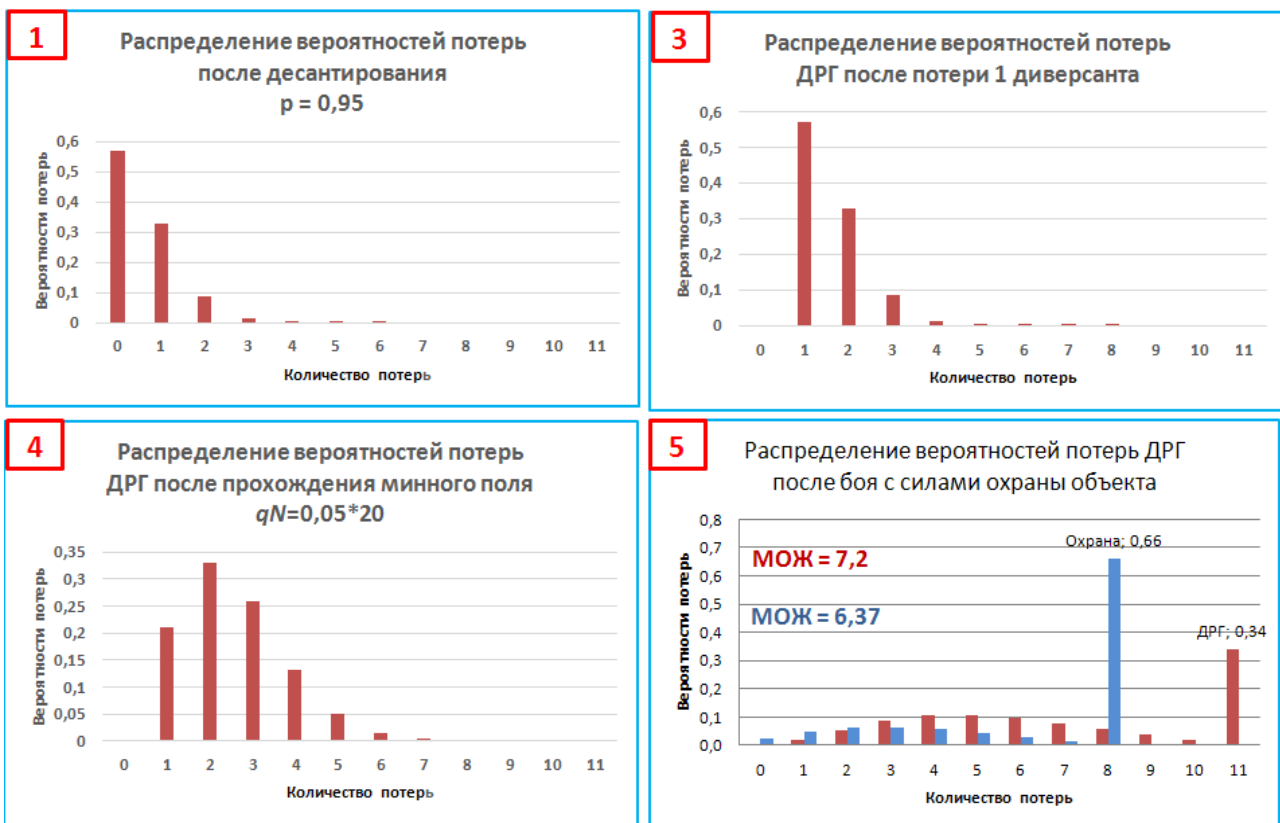


Рисунок 7 – Распределения вероятностей потерь сторон на элементах заданного сценария

Анализ полученных распределений потерь сторон позволяет получить оценки вероятностей выполнения поставленной боевой задачи для каждой из противоборствующих сторон, а также оценки среднего числа потерь сторон при условии выполнения боевой задачи. В представленном сценарии вероятность гибели всей ДРГ составляет $p=0,34$, вероятность уничтожения сил охраны составляет $p=0,66$; математическое ожидание потерь составляет для ДРГ – 7,2, т. е. выживет 3,8 (≈ 4) из 11 человек, для сил охраны – 6,37 (выживет 1,63 (≈ 2) из 8 человек).

Таким образом, анализ результатов моделирования показывает, что при заданных исходных параметрах вероятность уничтожения сил охраны (т. е. вероятность успешного выполнения задачи захвата объекта) ДРГ выше, чем вероятность уничтожения ДРГ силами охраны.

На основе анализа результатов моделирования различных боевых ситуаций может приниматься решение о формировании групп нападения или защиты объектов, а также для планирования, организации и прогнозирования операций.

При данном подходе к моделированию боевых действий вопрос об адекватности модели переносится на адекватность исходных данных и конкретизацию последовательности выполнения боевых задач.

Заключение

На полученные в данной работе результаты возможно посмотреть и с другой точки зрения. В работе [1] были изложены аргументы, позволяющие обосновать некоторые сходства в подходах к анализу физических систем и макросистем, в том числе боевых действий. С таких позиций предлагаемый матричный подход к моделированию боевых действий вызывает ассоциации с матричной квантовой механикой Гейзенберга. Вектор $|X\rangle$ (1) с определенной долей условности может рассматриваться как аналог квантово-механического вектора состояний, а его координаты – как вероятности всевозможных состояний отделения. При попытке измерения вектора $|X\rangle$ происходит его редукция в одно из них. При этом, как в известном парадоксе «кота Шрёдингера», допускается нахождение макрообъекта в суперпозиции его состояний.

Список использованных источников

1. Зайцев Д.В., Сосков Д.Ю., Салов В.Е. Принципы построения математических моделей боя в условиях военных конфликтов низкой интенсивности // Вооружение и экономика. – 2016. – № 3 (36).
2. Военная энциклопедия: В 8 томах / Пред. гл. ред. комис. С.Б. Иванов. – Т. 6. – М.: Воениздат, 2002. – 639 с.
3. Зайцев Д.В. Моделирование боя на основе теории сетей массового обслуживания // Стратегическая стабильность. – 2007. – № 4 (41).
4. Боевой устав воздушно-десантных войск. Часть 3. Взвод, отделение. – М., 1983.
5. Боевой устав воздушно-десантных войск. Часть 2. Батальон, рота. – М., 1984.
6. Конкурсное задание на лучшее решение тактических задач среди офицеров воздушно-десантных войск ВС РФ // Армейский сборник. – 2018. – № 4.

С.А. Антипова, кандидат физико-математических наук

М.Н. Волков, кандидат технических наук

А.С. Якшин, кандидат технических наук

Применение инструментальных средств имитационного моделирования для анализа процессов перевозки войск (сил)

В статье рассматривается задача поиска наилучшего варианта организации перевозки войск (сил) железнодорожным транспортом с использованием среды моделирования AnyLogic. Имитационная модель оперативной перевозки соединений (частей) объединения при перегруппировке предназначена для сокращения времени планирования перевозок войск железнодорожным транспортом при подготовке и в ходе проведения операций (боевых действий). Разработанная имитационная модель позволяет оптимизировать количественные временные показатели перевозки, используемые при осуществлении планирования.

В настоящее время роль железнодорожного транспорта в обеспечении стратегической мобильности Вооруженных Сил, учитывая огромную территорию нашей страны, низкую плотность автомобильных дорог и недостаточное развитие других видов транспорта, следует признать ключевой [1, 2]. Особую актуальность при этом приобретает задача поиска наилучшего варианта организации перевозочного процесса войск (сил), что возможно на основе оптимизационного подхода, который базируется на математическом (имитационном) моделировании.

Под моделированием традиционно понимается способ, при котором исследование объекта (оригинала) проводится через опосредующее звено-посредник (модель) [3]. Модель при этом – мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает нам новую информацию об этом объекте [4].

В настоящее время широкое распространение получили методы математического моделирования. Их можно условно разделить на две основные группы – аналитические и имитационные. При использовании аналитических методов построение модели производится в виде символов и отношений, при этом вывод необходимых зависимостей происходит последовательным применением математических правил [5]. Имитационное моделирование [6, 7] представляет собой процесс создания и исследования модели, направленный на изучение поведения системы, либо на получение оценки различных стратегий, обеспечивающих функционирование системы. Оно является частным случаем математического моделирования и в нем присутствует возможность достаточно точно описывать большое число объектов, для которых затруднена или невозможна разработка аналитических моделей.

В настоящее время большинство из этапов имитационного исследования являются в разной степени автоматизированными, а результаты исследования во многом зависят от выбранной среды имитационного моделирования. Чтобы проанализировать основные требования к программным средствам разработки имитационных моделей, необходимо сформулировать критерии, согласно которым они оцениваются.

Критерии сравнения программных средств разработки имитационных моделей для применения в интересах перевозки войск (сил) можно разделить на три категории:

- функциональные требования;

- требования совместимости;
- требования к сертификации и лицензированию.

К функциональным требованиям относится универсальность применения, под которой понимается способность программной среды использовать все основные направления имитационного моделирования – системную динамику, дискретно-событийный и агентный подходы. Кроме того, сюда же следует отнести возможность использования комбинации этих технологий. Требования, предъявляемые к совместимости, сертификации и лицензированию, продиктованы спецификой технического и программного обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации.

Наиболее предпочтительной для решения задачи перевозки войск железнодорожным транспортом с точки зрения функциональных возможностей выглядит среда моделирования AnyLogic [8].

Имитационная модель оперативной перевозки соединений (частей) при перегруппировке предназначена для сокращения времени планирования перевозок войск железнодорожным транспортом при подготовке и в ходе проведения операций (боевых действий). Рассматриваемая имитационная модель позволяет получить количественные показатели времени перевозки, используемые при осуществлении планирования.

Предпосылкой для проведения моделирования является необходимость планирования стратегической перегруппировки войск (сил) из Центрального военного округа в состав Восточного военного округа железнодорожным транспортом по двум маршрутам: Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожным магистралям. Обязательным условием является необходимость учесть при планировании возможное воздействие на инфраструктурные объекты в процессе перевозки. В рамках рассматриваемой модели после вероятного воздействия на инфраструктурные объекты, приводящего к невозможности их дальнейшего использования (образование барьерного рубежа), производится перенаправление эшелонов на обходной маршрут.

Методика расчета временных характеристик процесса перевозки войск представляет собой совокупность последовательных взаимосвязанных расчетных операций, основу которой составляет выражение (1).

$$T_{расч} = \frac{t^n}{24} + \frac{L}{V} + \frac{t^g}{24} + \frac{N-1}{n}, \quad (1)$$

где $T_{расч}$ – расчетная суммарная продолжительность перевозки, сут.;

L – протяженность маршрута перевозки, км;

V – маршрутная скорость перевозки, км/сут.;

t_n, t_g – среднее время погрузки и выгрузки эшелона, ч.;

N – общее количество перевозимых эшелонов, эшел.;

n – темп перевозки эшелонов, эшел./сут.

Описанная методика не позволяет рассчитать влияние разрушений инфраструктурных объектов на общую длительность процесса перевозки. Кроме того, следует отметить отсутствие в ней возможности учета случайных параметров рассматриваемого процесса. Учитывая описанные выше недостатки методики, а также сложность разработки комплексного аналитического описания, использование имитационного моделирования становится приоритетным методом исследования.

Целью проводимого имитационного моделирования является определение временных характеристик процесса перевозки железнодорожным транспортом при перегруппировке войск, что позволит сформировать рациональные варианты организации перевозочного процесса в заданных условиях оперативной обстановки.

К статическим элементам разрабатываемой модели следует отнести железнодорожную сеть, с учетом разрушений инфраструктурных элементов, а также железнодорожные станции выгруз-

ки (погрузки). В качестве динамического элемента моделирования рассматривается оперативный эшелон. Детализация ниже уровня эшелона не производится.

Исходными данными для проведения моделирования служат директивные параметры перевозочного процесса и параметры железнодорожных станций, которые подготавливаются оператором и представляются перед началом моделирования в виде файла.

Моделирование процесса перевозки должно включать в себя следующие этапы:

1. Распределение эшелонов по станциям погрузки.
2. Отправление с учетом погрузочной способности станций.
3. Движение по маршрутам следования с учетом темпа перевозки и пропускной способности железнодорожной магистрали.
4. При возникновении разрушений на маршруте следования (момент воздействия задается оператором в процессе моделирования) перенаправление эшелонов на обходной маршрут.
5. Ожидание выхода на обходной маршрут с учетом пропускной способности железнодорожной магистрали.
6. Движение по обходному маршруту следования с учетом пропускной способности железнодорожной магистрали.
7. Распределение эшелонов по станциям выгрузки.
8. Получение временных характеристик процесса перевозки по каждому эшелону.

Разработанная в графическом редакторе логическая схема модели представлена на рисунке 1 и содержит: области задания внешних данных, переменных, параметров и агентов; участок схемы, реализующий нанесение условных обозначений на карту с использованием геоинформационной системы (ГИС) OpenStreetMap. Динамические объекты, проходя по элементам структурной схемы, реализуют заданные алгоритмом действия: погрузку и отправление эшелонов; выбор маршрута следования; движение по маршрутам и перенаправление эшелонов в случае воздействия по инфраструктурным объектам противником.

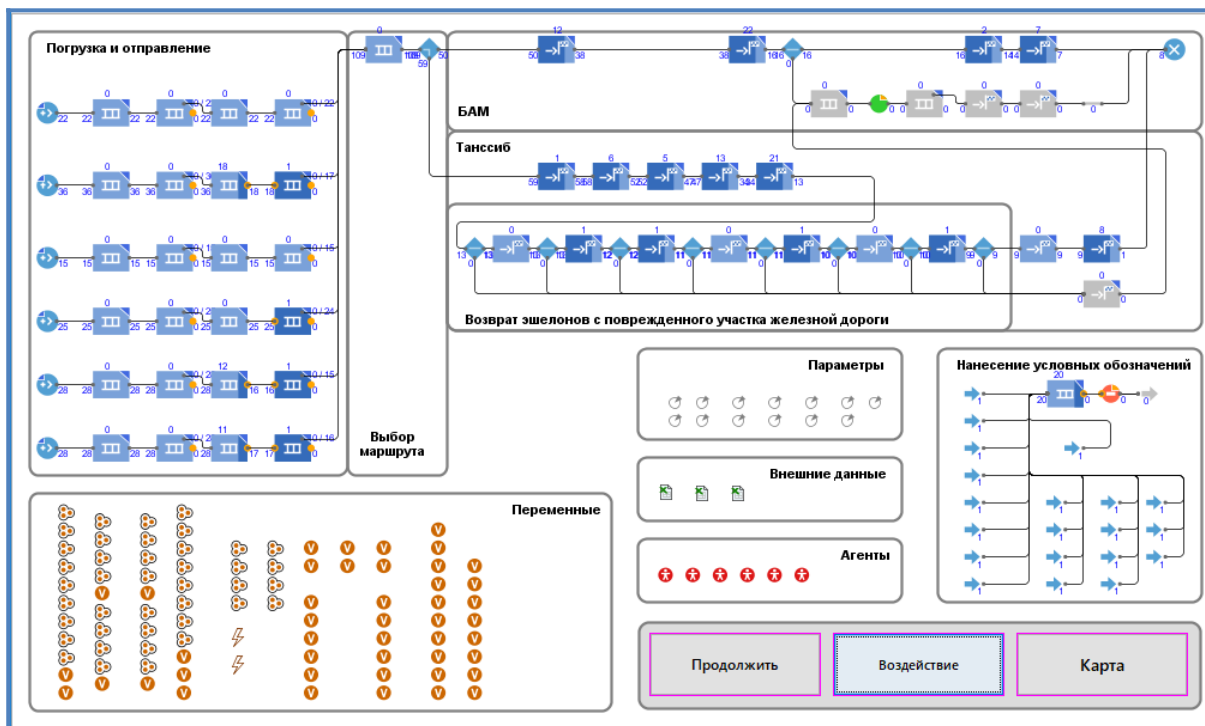


Рисунок 1 – Логическая схема процесса перевозки общевоинского объединения железнодорожным транспортом при перегруппировке

Центральную часть экрана (рисунок 2) занимает ГИС-карта, которая является источником маршрутов при движении динамических объектов. В поле ГИС-карты размещены стрелочные и цифровые часы оперативного времени. Цифровые часы предназначены для индикации оперативного времени в сутках.

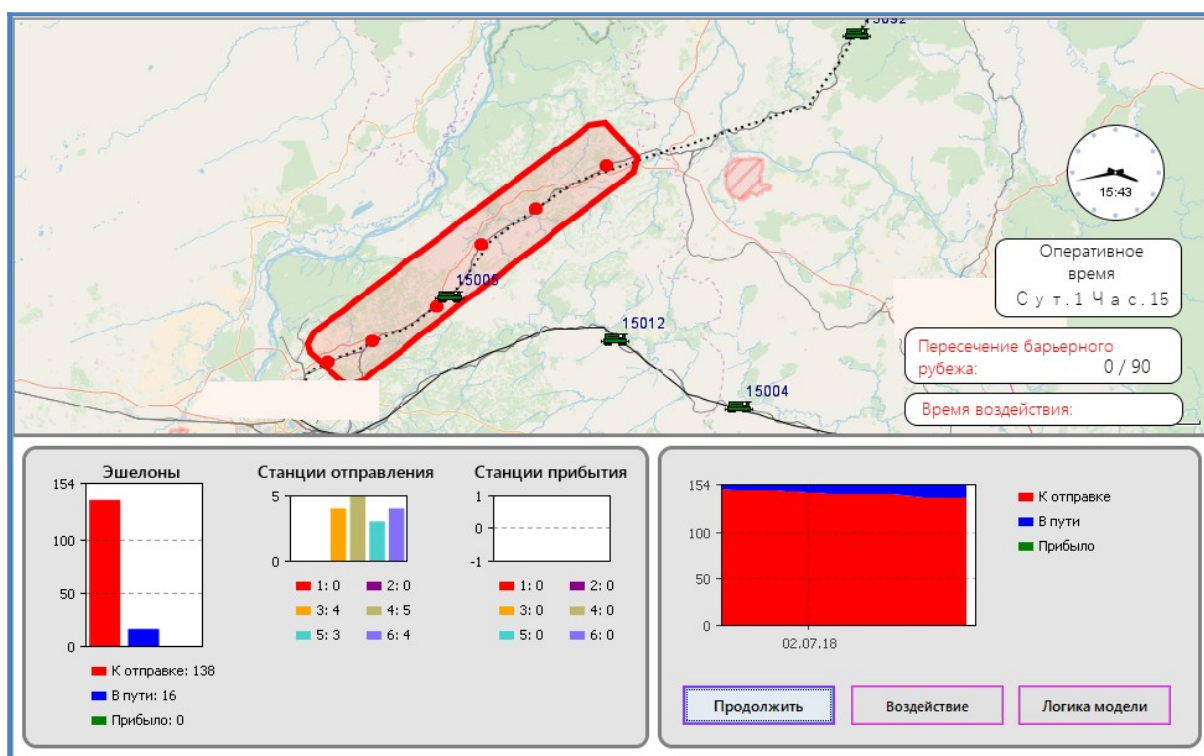







Рисунок 2 – Рабочий интерфейс модели

Логическая схема содержит: области задания внешних данных, переменных, параметров и агентов; участок схемы, реализующий нанесение условных обозначений на карту с использованием геоинформационной системы (ГИС) OpenStreetMap. Динамические объекты, проходя по элементам структурной схемы, реализуют заданные алгоритмом действия: погрузку и отправку эшелонов; выбор маршрута следования; движение по маршрутам и перенаправление эшелонов в случае воздействия по инфраструктурным объектам противником.

Центральную часть экрана (рисунок 2) занимает ГИС-карта, которая является источником маршрутов при движении динамических объектов. В поле ГИС-карты размещены стрелочные и цифровые часы оперативного времени. Цифровые часы предназначены для индикации оперативного времени в сутках. Поле «Пересечение барьерного рубежа» отражает количество эшелонов, прошедших барьерный рубеж из числа направленных по Транссибирской магистрали. В поле «Время воздействия» фиксируется момент времени, когда оператор производит имитацию воздействия по инфраструктурным объектам. Ниже области ГИС-карты размещены три столбчатые диаграммы. Левая диаграмма отражает общее количество эшелонов, готовых к отправке, находящихся в пути и прибывших на станции выгрузки. Центральная и правая диаграммы показывают динамику процессов погрузки и выгрузки эшелонов по станциям. Правую нижнюю часть экрана занимает область, содержащая кнопочные органы управления моделью и временную диаграмму с накоплением, отражающую общую динамику процесса перевозки. После постановки процесса моделирования на паузу рядом с графическим обозначением эшелона отображается его номер, что позволяет более детально представить динамику процесса перевозки.

Условные обозначения, нанесенные на ГИС-карту, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условные обозначения

Обозначение	Наименование
	Транссибирская железнодорожная магистраль
	Байкало-Амурская железнодорожная магистраль
	Станция погрузки (выгрузки) войск
	Разрушенный участок железной дороги
	Оперативный эшелон

Возможность гибкого масштабирования визуализации на ГИС-карте позволяет как рассмотреть весь процесс целиком, так и детально увидеть процедуры погрузки и выгрузки. В произвольный момент времени может быть произведено моделирование разрушения инфраструктурных объектов на маршрутах перевозки. После нажатия на кнопку «Воздействие» модель переходит в режим паузы, на экране фиксируется время разрушения и количество эшелонов успевших пересечь барьерный рубеж. После повторного запуска процесса моделирования (кнопка «Продолжить») эшелоны, прошедшие барьерный рубеж, продолжают движение на станции выгрузки. Эшелоны, не прошедшие барьерный рубеж, перенаправляются на обходной маршрут (рисунок 3).

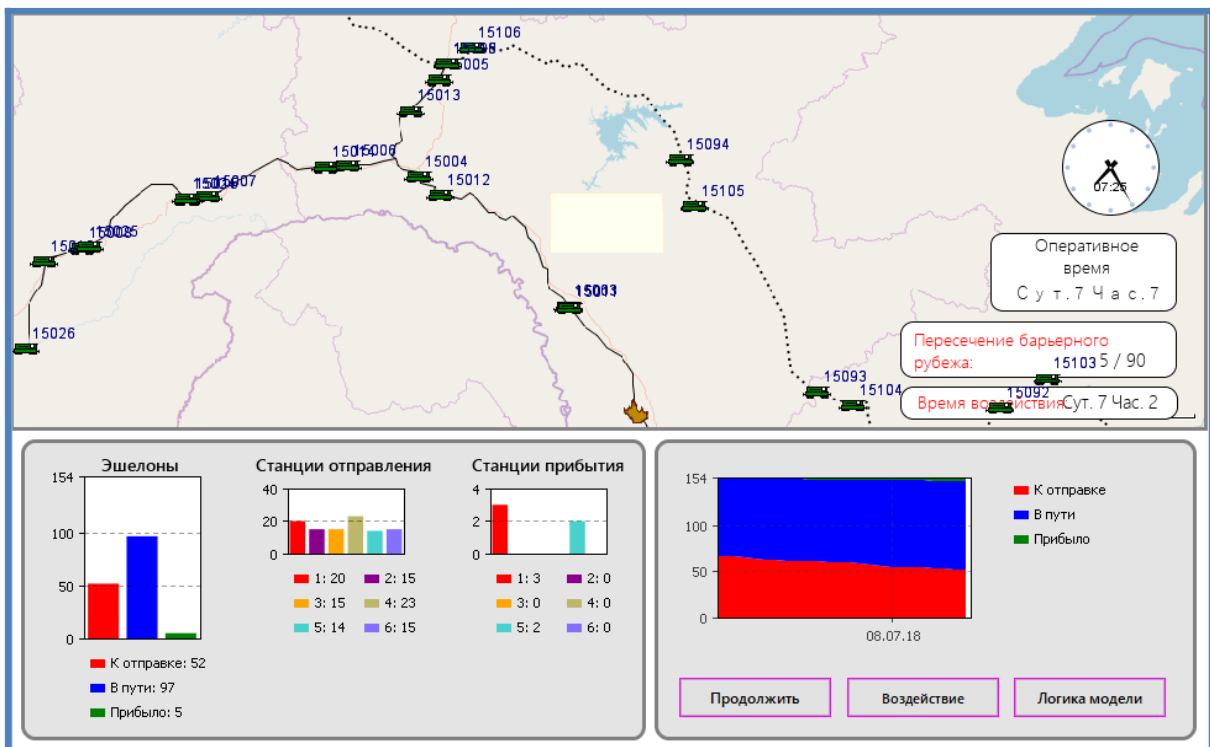


Рисунок 3 – Возврат эшелонов с разрушенного участка и перенаправление на обходной маршрут

Результатом работы описанной имитационной модели является численное значение прогнозируемого времени перевозки по каждому эшелону. Использование модели позволяет сформировать рациональные варианты организации перевозочного процесса в заданных усло-

виях оперативной обстановки. Разработанная логическая схема модели может быть применена при планировании оперативной перевозки войск различных по составу объединений, на любых операционных и стратегических направлениях.

Значительный интерес представляет исследование разработанной модели для определения влияния времени возникновения барьерного рубежа на общее время перевозки войск. В рамках поставленной задачи было проведено два эксперимента варьирования параметров. Цель проводимого исследования – определение оптимального времени прохождения эшелонами маршрута при условии возникновения барьерного рубежа.

Оптимизируемым параметром при проведении первого эксперимента является общее время перегруппировки войск (сил). В эксперименте исследуется влияние входного параметра модели – «время воздействия». Диапазон возможных значений данного параметра определяется продолжительностью периода перевозки и ограничивается нормативными значениями. На рисунке 4 представлен график результатов первого эксперимента.

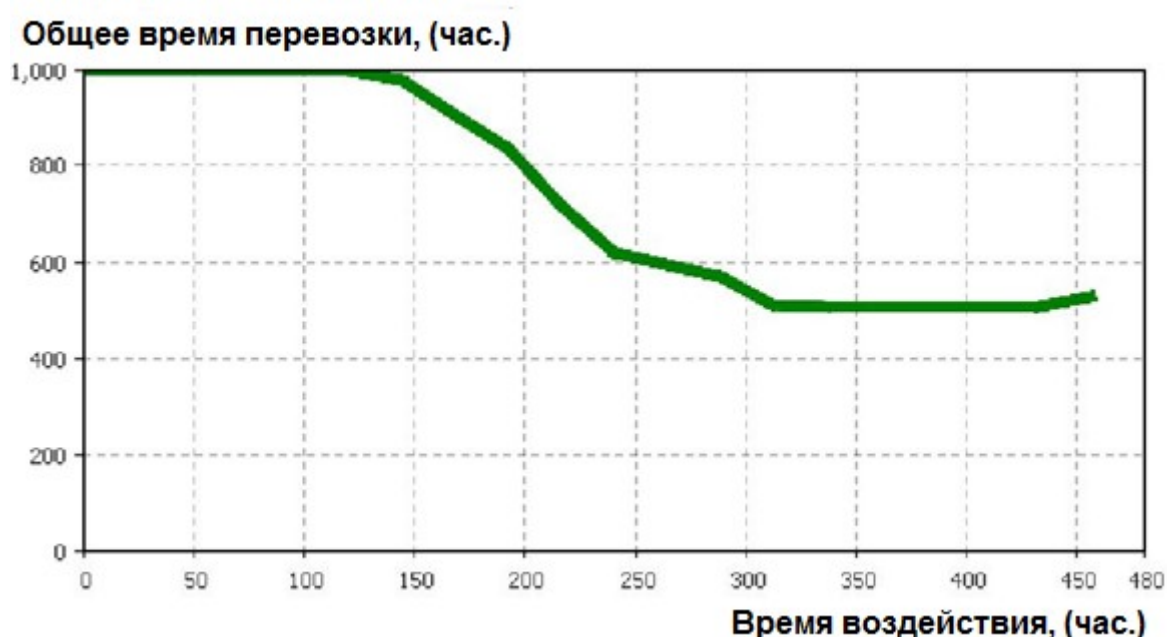


Рисунок 4 – График влияния времени воздействия на общее время перевозки

Анализ графика показывает наиболее критичный период процесса перегруппировки войск (сил), когда воздействие на барьерный рубеж существенно влияет на общее время перегруппировки. На основании чего можно сделать вывод о необходимости принятия дополнительных мер обеспечения безопасности уязвимого участка пути в течение данного промежутка времени. Длительность использования усиленных мер безопасности определяется оперативной необходимостью и располагаемыми силами и средствами.

Показателем, требующим минимизации, для второго эксперимента, как и в случае первого, является общее время перегруппировки войск (сил), но в этом случае также исследуется влияние параметра «скорость поездов» на значение целевой функции. Диапазон возможных значений изменяемого параметра ограничивается задаваемой минимальной и максимальной скоростями эшелонов по железнодорожному пути. Шаг изменения параметра в каждой итерации составляет 5 км/ч.

Анализ следующего графика, представленного на рисунке 5, показывает, что увеличение скорости движения эшелонов практически линейно влияет на уменьшение времени перегруппировки вплоть до достижения скоростного режима в 53-58 км/ч. В этом случае увеличение скорости поезда на 5 км/ч сокращает общее время перегруппировки в среднем на сутки. После

достижения скорости поездов в 60 км/ч эффект от дальнейшего увеличения их скорости уменьшается в 4 раза. Это объясняется недостатком пропускной способности станции отправления.



Рисунок 5 – График влияния скорости поездов на общее время перевозки

Таким образом, дальнейшее сокращение времени перегруппировки потребует не только изменения скоростного режима движения эшелонов, но и корректировки параметров станций отправления.

Подводя итог вышеизложенному, необходимо отметить, что наиболее эффективным способом решения задачи поиска оптимального варианта организации перевозочного процесса войск (сил) следует признать использование имитационного моделирования. Решение поставленной задачи потребовало систематизации методов разработки имитационных моделей и проведения оценки возможностей современных инструментальных средств имитационного моделирования в интересах материально-технического обеспечения войск (сил).

В практической части работы представлена имитационная модель перевозки общевойскового объединения железнодорожным транспортом при перегруппировке войск, выполненная в среде AnyLogic. Проведенное исследование имитационной модели позволило сформулировать ряд дополнительных рекомендаций для повышения эффективности поддержки принятия решений в интересах должностных лиц органов военного управления.

Список использованных источников

1. Калугин Ю.Б., Тупицын Р.Ю. Влияние дестабилизирующих факторов на технологические процессы сооружения мостовых железнодорожных переходов // Наука и военная безопасность. – 2017. – № 1 (8). – С. 123-128.
2. Ложечников Г.А. О научно-методическом аппарате оптимизации решений по применению воинских частей железнодорожных войск в операциях // Военная мысль. – 2007. – № 9. – С. 33-35.
3. Штофф В.А. Моделирование и философия. – М.: Наука, 1966. – С. 299-302.
4. Данков А.А. Моделирование как важнейшая составная часть процесса разработки и модернизации перспективного вооружения. – СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 76 с.
5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 212 с.

6. Замятина О.М. Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.
7. Мицель А.А. Математическое и имитационное моделирование экономических процессов. – Томск: Изд-во ТГУ, 2016. – 193 с.
8. Антипова С.А. Применение имитационно-игровых алгоритмов при моделировании процессов материально-технического обеспечения войск (сил) / Труды X Общероссийской молодежной научно-технической конфер. «Молодежь. Техника. Космос». Сер. «Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ» № 50», 2018. – СПб.: Балтийский государственный технический университет «Военмех», 2018. – С. 14-17.

П.С. Воробьев

А.В. Лежнев

Г.С. Толстов, кандидат технических наук

Актуальность и пути формирования государственной информационной системы прослеживаемости вооружения и военной техники

В статье изложены подходы к формированию и применению автоматизированной системы прослеживаемости вооружения и военной техники, закупаемых по государственному оборонному заказу. Прослеживаемость продукции является одним из важнейших элементов обеспечения качества, безопасности, снижения стоимости реализации жизненного цикла вооружения и военной техники. Она заключается в создании условий, при которых существенная информация о характеристиках и истории изделий в процессах разработки, производства, эксплуатации, капитального ремонта и утилизации последовательно документируется, хранится, предоставляется всем заинтересованным пользователям с необходимым уровнем полноты, актуальности и достоверности. Изложенные в статье подходы являются предметом обсуждения сформированной Минпромторгом России межведомственной рабочей группы по созданию нормативной правовой базы внедрения обязательной идентификации, маркировки и прослеживаемости вооружения и военной техники.

Прослеживаемость продукции является одним из важнейших элементов обеспечения качества, безопасности и снижения стоимости реализации жизненного цикла вооружения и военной техники (ВВТ). Для обеспечения сквозной прослеживаемости продукции на этапах жизненного цикла должен быть реализован комплекс мероприятий, в рамках которого существенная и юридически значимая информация о характеристиках и истории изделий в процессах разработки, производства, эксплуатации, капитального ремонта и утилизации последовательно документируется, хранится, предоставляется всем заинтересованным пользователям с необходимым уровнем полноты, актуальности и достоверности.

На этапе разработки продукции должна обеспечиваться прослеживаемость требований к продукции и связанных с ними результатов разработки в виде конструктивных характеристик и результатов испытаний, что необходимо для подтверждения соответствия продукции установленным обязательным и дополнительным требованиям.

На этапе производства обеспечение прослеживаемости материалов, заготовок, полуфабрикатов, бракованной и товарной продукции, тары, документации, инструмента, приборов и оборудования является необходимым условием эффективного менеджмента качества и сокращения издержек производства.

На послепроизводственных стадиях прослеживаемость продукции обеспечивает получение достоверных данных о происхождении изделий, материалов и комплектующих, законном местонахождении изделий после поставки, данных о наработке, обслуживании, ремонтах, изменениях конфигурации и комплектности, отказах и доработках, что является ключевым условием эффективного управления цепями поставок, эксплуатацией, жизненным циклом изделия и предоставляет исходные данные для мероприятий по повышению надежности, безопасности, технологичности и ремонтпригодности, минимизации стоимости жизненного цикла продукции, противодействию обороту фальсифицированных, контрафактных, сомнительных изделий с неявным жизненным циклом.

На всех стадиях жизненного цикла продукции должна обеспечиваться метрологическая прослеживаемость, которая заключается в документировании условий, средств, методик измерений характеристик продукции.

Переход к цифровым технологиям информационного обеспечения жизненного цикла продукции предполагает революционные изменения в подходах к организации прослеживаемости изделий. Возможность мгновенного и безошибочного распознавания уникальных идентификаторов изделий на основе машинночитываемой маркировки, создание распределенных вычислительных сетей сделало возможным прослеживание индивидуальной истории каждого экземпляра из миллионов массовых однородных изделий, находящихся в территориально разнесенных точках, для которых ранее такая прослеживаемость была невозможна.

В настоящее время Правительством Российской Федерации приняты решения об организации системы прослеживаемости группы товаров народного потребления, к которым относятся алкогольная и спиртосодержащая, табачная продукция, лекарства, ювелирные украшения, обувь, автомобильные шины, белье и одежда, фотокамеры. Планируется введение обязательной идентификации, маркировки и прослеживаемости трубной продукции, составных частей дорожных транспортных средств, компонентов воздушных судов, а в перспективе – и другой продукции металлургии, машиностроения и приборостроения. Каждой единице продукции присваивается уникальный идентификатор, наносится машинночитываемая маркировка, данные заносятся изготовителем в информационную систему прослеживаемости, сведения о движении продукции обновляются в установленный срок при ее прохождении по цепи поставки от изготовителя до конечного потребителя и доступны всем заинтересованным пользователям. Минпромторгом России сформирована межведомственная рабочая группа по созданию нормативной правовой базы внедрения обязательной идентификации, маркировки и прослеживаемости ВВТ, закупаемых по государственному оборонному заказу.

В мировой практике прослеживаемость требований к продукции и связанных результатов разработки продукции осуществляется в рамках автоматизированных систем управления конструкторскими данными (PDM) [1]. Производственная прослеживаемость реализуется на основе автоматизированных систем, включающих системы планирования (ERP), управления ресурсами (MRP), управления технологическими процессами (MES), управления материально-техническим обеспечением предприятия.

Интеграция информационного пространства разработчика, изготовителя, эксплуатирующей организации осуществляется в рамках идеологии PLM (управление жизненным циклом продукции) и объединяет методики и средства информационной поддержки изделий на протяжении всех этапов их жизненного цикла.

Прослеживаемость оборонной продукции является одной из важнейших задач модернизации автоматизированной информационной системы тылового обеспечения вооруженных сил США, которая осуществляется в рамках программы SALE (Single Army Logistics Enterprise) и идеологии PLM, основными направлениями которой являются:

- обеспечение всеобъемлющего мониторинга ресурсов на всех уровнях управления (стратегическом, оперативном и тактическом), а также во всех видах вооруженных сил и центральных органах управления на основе единой системы идентификации продукции военного назначения, автоматизированной системы прослеживания военных грузов (ITV), ведения регистра уникально идентифицированных изделий ВВТ и других баз данных;
- реализация концепции адресного снабжения на основе применения самодиагностики боевых платформ (наземных, воздушных и др.) для сбора объективных данных о состоянии образцов техники и расходе ресурсов, топлива и боеприпасов;

- разработка и внедрение прогностических функций по предупреждению неисправностей, планированию мероприятий технического обслуживания, ремонта ВВТ и поставки запасных частей на основе данных прослеживаемости;
- минимизация участия человека в контроле состояния ВВТ, обнаружении неисправностей, обработке данных и их передаче для принятия решений.

Для обеспечения прослеживаемости вооружения используется центральная база данных номерного учета – Регистр уникально идентифицированных изделий Минобороны США (DoD IUID Registry), которая ведется с 2004 года и в настоящее время позволяет проследить состояние порядка 30 млн единиц вооружения и номерных комплектующих изделий от изготовления до утилизации, а также другие базы данных. Число прослеживаемых объектов учета в регистре со временем предполагается довести до 100 млн единиц. В целом, принятые меры позволяют говорить о достижении «полной обзримости военного имущества». Это означает наличие в любой момент времени на всех уровнях управления полной, достоверной и актуальной информации по местоположению и состоянию каждого номерного образца вооружения и комплектующего элемента, состояний партий и групп изделий, каждой единицы военного груза. Для идентификации продукции и грузов используется система присвоения уникальных кодовых обозначений по ИСО 15459 и машиносчитываемая маркировка на основе штриховых кодов и радиочастотных меток.

Для обеспечения прослеживаемости экземплярам продукции должны быть присвоены уникальные обозначения в виде одного кодового слова, которые играют роль отличительного признака при распознавании объекта и роль адреса в базе данных с информацией об объекте. Для создания такой системы обозначений в Минобороны России, по согласованию с Росстандартом и Международной организацией по стандартизации (ISO), на ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России возложены полномочия национального государственного органа Российской Федерации, осуществляющего функции агентства выдачи международных кодов организаций по ГОСТ ИСО/МЭК 15459 в интересах кодирования оборонной продукции (российских аналогов кодов CAGE предприятий). ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России также определено в качестве организации, осуществляющей формирование и ведение центральной базы данных номерного учета вооружения и военной техники, которая должна являться основным информационным ресурсом системы прослеживаемости оборонной продукции.

С 2016 года на основе совместного решения заместителей Министра обороны РФ Ю.И. Борисова и Д.В. Булгакова и по согласованию с Минпромторгом России проводится пилотный проект по внедрению на предприятиях промышленности технологий машиносчитываемого маркирования. Наиболее активными участниками пилотного проекта являются АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», АО «Научно-производственное предприятие «Рубин», г. Пенза, АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж. Пилотный проект проводится на средства предприятий и в интересах самих предприятий в целях внедрения внутрипроизводственной прослеживаемости для сокращения издержек производства и повышения качества продукции, однако с учетом требований государственных военных стандартов к идентификации и маркированию ВВТ.

В соответствии с утвержденной Правительством Российской Федерации концепцией, система прослеживаемости продукции на товарных рынках должна формироваться как государственная информационная система. Исходя из значимости ВВТ для обеспечения государственных нужд, необходимости обязательного представления информации организациями различной ведомственной подчиненности и формы собственности, юридической значимости представляемых данных, система прослеживаемости ВВТ должна формироваться также как государственная информационная система, выделенная в части объектов учета из ведомственной автоматизированной системы учета материальных средств Минобороны России, внедрение которой преду-

смотрено решением Президента РФ от 24 ноября 2014 г. № Пр-2742, а также утвержденным Министром обороны 27 января 2015 г. планом-графиком внедрения.

На начальном этапе внедрения системы прослеживаемости в систему целесообразно включать все закупаемые финальные изделия ВВТ и их основные составные части, входящие в эксплуатационную структуру изделия. К эксплуатационной структуре относят все составные части, подлежащие обслуживанию или замене в ходе эксплуатации, в том числе контролю параметров, настройке, монтажу, демонтажу, имеющие ограниченный срок технической пригодности и контролируемые во времени параметры, а также включенные в перечень запасных частей. Основные составные части включают изделия, критичные с точки зрения надежности, безопасности и эксплуатационной технологичности, стоимости, требующие ведения записей в эксплуатационной документации. Такие изделия должны получать уникальные серийные номера, электронный эксплуатационный документ (формуляр, паспорт, этикетку) и прослеживаться индивидуально от изготовления до утилизации. Дополнительно к основным составным частям могут быть отнесены составные части, которые подлежат обслуживанию и замене при выполнении среднего и капитального ремонта, в отношении которых необходимо принятие особых мер обеспечения прослеживаемости в ходе управления жизненным циклом и исключения оборота фальсифицированных и контрафактных изделий. Схема идентификации и маркирования изделий ВВТ в процессе производства представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема идентификации и маркирования изделий ВВТ в процессе производства

Машиночитываемому маркированию и прослеживаемости на стадии производства могут также подлежать детали и сборочные единицы, для которых применение автоматической идентификации в процессе производства позволяет получить преимущества за счет автоматизации технологических процессов, совершенствования контроля циклов производства, автоматизации документооборота предприятия. В системе прослеживаемости должна обеспечиваться однозначная связь между идентификаторами предметов производства, грузовых единиц, логистических единиц и записями сопроводительных и эксплуатационных документов.

Важным вопросом при организации прослеживаемости в производстве является выбор технологии маркирования деталей и сборочных единиц (ДСЕ) для обеспечения гарантированной и непрерывной идентификации на каждой стадии производственного процесса. Специфика идентификации при производстве заключается:

- в изменении формы ДСЕ в процессе механической обработки и возможное удаление марки-

- ровки с их поверхности;
- в групповой обработке ДСЕ в ходе производственных процессов, при которых нарушается считываемость маркировки, например, термических, гальванических, малярных и др.;
- в воздействии внешних факторов при хранении материалов и ДСЕ на открытых складах, приводящих также к потере считываемости;
- в использовании производственной маркировки в дальнейшем для идентификации изделий и их составляющих в процессе жизненного цикла, что требует обеспечения ее устойчивости к внешним воздействиям при эксплуатации;
- в необходимости минимизации стоимости одной маркировки, т. к. возможное многократное перемаркирование ДСЕ в процессе производства приведет к увеличению себестоимости.

Исходя из опыта внедрения в рамках пилотного проекта, на различных этапах производственного процесса могут быть рекомендованы следующие технологии маркирования: термотрансферная, лазерная печать на бирках и этикетках, каплеструйная и флуоресцентная иглоударная, лазерная маркировка, наносимая методами прямого маркирования, радиочастотные метки.

Для достижения эффективного механизма прослеживаемости на производственной и послепроизводственных стадиях жизненного цикла ВВТ, начиная с поступления материалов и комплектующих изделий в производство и кончая утилизацией ВВТ и комплектующих, должна быть обеспечена однозначная связь материального потока (сырья, материалов, деталей, узлов, тары, инструмента, оснастки, документации, исполнителей работ, рабочих мест и т. д.) и информационного потока (данных о сырье, материалах, деталях, узлах, таре, инструментах, оснастке, документации, исполнителях работ, рабочих местах и т. д.) в процессах жизненного цикла продукции. Это означает, что информационный поток должен быть непрерывным по всей технологической цепочке, объективно отражать изменения и движение продукции в процессе производства, эксплуатации, ремонта, утилизации и сохранять отличительные признаки объекта идентификации. Сбор данных и ввод данных в информационную систему прослеживаемости продукции должен в максимальной степени исключать визуальные и ручные операции. Формирование и передачу данных по наработке, диагностике ВВТ следует производить с максимальным использованием бортовых систем самодиагностики и средств объективного контроля, которые должны быть приспособлены для передачи данных в систему.

Систему прослеживаемости целесообразно создавать как облачный сервис, предоставляемый территориально и организационно распределенным клиентам-участникам реализации жизненного цикла ВВТ. Облачное хранилище должно обеспечивать контролируемый доступ к данным, иметь защищенные каналы телекоммуникаций для всех пользователей и формироваться в рамках единой модели данных, что снимет проблему информационной совместимости документов различных организаций. Изготовитель заполняет в облачной базе данных формуляр, паспорт, этикетку, протокол испытаний и другие документы, которые при передаче ВВТ физически не пересылаются, а у него остается синхронизированная копия данных. Эксплуатирующая или ремонтная организация, получившая на основе распорядительных документов образец ВВТ, получает доступ к данным по изделию в облачной базе. Синхронизированная копия документа после последней сессии работы с документом сохраняется в системе учета воинской части или организации. Данные в системе прослеживаемости должны иметь юридическую силу, актуализироваться в течение суток после завершения события и вся отчетность воинской части по наработкам, пробегам, расходу горючего, запасных частей и материалов должна быть основана на данных системы прослеживаемости. При этом задачи учета в отношении материальных средств, не отнесенных к объектам системы прослеживаемости, должны решаться в ведомственной автоматизированной системе на программных и аппаратных средствах учета воинской части, а за-

дачи в отношении объектов системы прослеживаемости – с применением облачных технологий в государственной информационной системе. По мере внедрения и развития системы, состав объектов системы прослеживаемости должен расширяться, вплоть до охвата всего состава материальных средств, отнесенных к ВВТ. В перспективе состав контролируемых объектов в системе прослеживаемости следует последовательно расширять до всех материальных средств, относящихся к оборонной продукции.

Применение облачного сервиса для системы прослеживаемости ВВТ дает следующие преимущества:

- для клиентов сервиса снимается проблема приобретения специального программного обеспечения, контроля целостности данных при передаче и снижаются требования к аппаратному обеспечению, доступ к сервису производится через интерфейс тонкого клиента;
- программное обеспечение облачного хранилища данных обновляется, вычислительные мощности масштабируются, данные резервируются, аппаратная часть обслуживается организацией-оператором облачного сервиса и не является проблемой участников реализации жизненного цикла ВВТ;
- реализуется централизованное хранилище данных, в котором информация консолидирована, актуальна, соответствует единой модели данных и может быть предоставлена по запросу или обработана в любое время;
- поддерживается круглосуточный коллективный удаленный доступ к данным всех заинтересованных пользователей, с заданным значением коэффициента готовности системы, с разделением полномочий и с уровнями доступа;
- вычислительные мощности достаточны для решения задач моделирования, прогнозирования, а в перспективе позволят реализовать технологии интернета вещей и формирование электронных двойников изделий ВВТ с индивидуальными характеристиками.

Схема взаимодействия участников реализации жизненного цикла ВВТ с облачным хранилищем данных представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема взаимодействия участников реализации жизненного цикла ВВТ с облачным хранилищем данных

Основными проблемами облачных сервисов являются безопасность данных и бесперебойность связи пользователей с облаком. Безопасность данных должна обеспечиваться передачей данных через защищенную сеть передачи данных (ЗСПД) по выделенным VPN каналам с шифрованием трафика и хранением данных на выделенных серверах Минобороны России, предна-

значенных для обработки данных, содержащих государственную тайну и имеющих средства защиты информации от технических разведок, от ее утечки по техническим каналам, от несанкционированного доступа к данным, от специальных воздействий на информацию в целях ее уничтожения, искажения и блокирования.

Пользователями системы прослеживаемости ВВТ должны являться предприятия разработчики и изготовители ВВТ, воинские части, органы военного управления. Связь с абонентами должна поддерживаться по штатным проводным и беспроводным каналам связи. Данные должны формироваться в открытом и закрытом сегменте сети, с последующей передачей данных через закрытый сегмент.

В перспективе в рамках совершенствования системы телекоммуникаций Минобороны возможна реализация передачи данных на унифицированном телекоммуникационном оборудовании, разработанном по заказу Минобороны России. Данное оборудование обеспечивает безопасность информационных систем, развернутых на ее ресурсах, обрабатывающих информацию, содержащую государственную тайну, а также непрерывный контроль и защиту от вредоносного воздействия, несанкционированного доступа во время всего рабочего цикла системы.

Внедрение эффективной автоматизированной системы прослеживаемости ВВТ позволит создать существенные преимущества для всех участников реализации жизненного цикла ВВТ, органов военного управления за счет обеспечения необходимого уровня «прозрачности» состояния материальных ресурсов, создания совместно используемой системы электронного описания всех изделий ВВТ и их основных комплектующих на этапах от изготовления до утилизации, что позволит более эффективно решать задачи материального обеспечения Вооруженных Сил, поддержания и восстановления технической готовности ВВТ, обеспечит необходимый информационный ресурс для решения задач повышения надежности, эксплуатационной и ремонтной технологичности, сокращения совокупной стоимости владения изделиями ВВТ.

Список использованных источников

1. Судов Е.В., Левин А.И., Петров А.В., Чубарова Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. – М.: Информбюро, 2006. – 232 с.

А.В. Леонов, доктор экономических наук,
профессор

А.Ю. Пронин, кандидат технических наук

Диверсификация предприятий оборонно-промышленного комплекса – актуальная научная проблема

В данной статье изложен взгляд на диверсификацию оборонных предприятий как актуальную научную проблему. Показана необходимость решения данной проблемы на основе методологии программно-целевого планирования и системного подхода. Выявлены экономические преимущества диверсификации. Разработаны понятийный аппарат, формализованная постановка научной проблемы, критерии и показатели экономической оценки эффективности диверсификации. Основные положения статьи могут быть использованы в решении научных и практических задач, связанных с диверсификацией.

Одной из важнейших проблем развития ОПК в настоящее время становится диверсификация научно-технического и производственно-технологического потенциала предприятий ОПК, их производственных мощностей с ориентацией на совместный выпуск высокотехнологичной продукции (ВТП) военного и гражданского назначения с увеличением доли последней.

В условиях диверсификации для большинства предприятий ОПК как объекта исследования свойственен дуализм целей: удовлетворение потребностей Вооруженных Сил Российской Федерации в ВТП военного назначения (ПВН) и потребностей национальной экономики в ВТП гражданского назначения. Именно поэтому сущность научно-методического обеспечения процесса диверсификации должна быть связана с решением оптимизационной задачи по отысканию рационального соотношения продукции военного и гражданского назначения (при достижении экстремума выбранной целевой функции) в зависимости от управляющих параметров процесса диверсификации при соответствующих ограничениях на этот процесс. Научно обоснованные предложения и рекомендации должны стать основой для нормативного обеспечения процесса диверсификации предприятий ОПК, они создадут благоприятные условия для освоения рынка ВТП гражданского назначения.

В последние годы проблема диверсификации активно обсуждается в открытой печати¹ и исследуется, например в [1]. Однако несмотря на постоянно увеличивающийся объем современных научных исследований, следует признать, что в сфере обоснования создания и управления диверсифицированными структурами в ОПК и высокотехнологичных гражданских отраслях промышленности пока еще не сформирована целостная система научного знания. Недостаточная теоретическая разработанность проблемы диверсификации приводит к использованию эмпирических методов «проб и ошибок», не соответствующих современному уровню сложности и степени ответственности принятия управленческих решений в высокотехнологичном секторе отечественной экономики. Без использования современной парадигмы системно-синергетического подхода и методологии программно-целевого планирования [2-4] решить проблему диверсификации, по нашему мнению, не представляется возможным.

Учитывая, что решение проблемы диверсификации требует детальных научных обоснований с использованием современных математических методов и моделей, авторы сочли необхо-

1 Буренок В.М. Диверсификация без магии. Переход на выпуск гражданской продукции требует детальных расчетов // Военно-промышленный курьер. – 2017. – 31 августа.

димым изложить свое видение ее решения. Далее рассмотрены следующие вопросы: этапы программно-целевого планирования мероприятий диверсификации; понятийный аппарат диверсификации; формализованная постановка научной проблемы диверсификации; система критериев и показателей экономической оценки эффективности диверсификации.

Этапы программно-целевого планирования мероприятий диверсификации

Острая необходимость решения проблемы диверсификации сегодня открыто признается руководством страны. В декабре 2013 года Президент Российской Федерации в ежегодном послании Федеральному Собранию обратил внимание на необходимость диверсификации производственных мощностей оборонно-промышленного комплекса: «Уже сейчас мы должны думать, как будут загружены предприятия ОПК после 2020 года. Нельзя допустить, чтобы эти предприятия оказались переразмеренными и невостребованными». Высказанная главой государства обеспокоенность основывалась на долгосрочном прогнозе выпуска ПВН, который, в свою очередь, опирался на заключение, что широкомасштабное перевооружение ВС РФ закончится к 2020 году. После этого должен наступить резкий спад объемов поставок и мощности ОПК могут оказаться невостребованными.

В сентябре 2016 года на совещании в НПО «Сплав» (г. Тула) проблема диверсификации была обозначена уже более рельефно: «К 2020 году в соответствии с нашими планами масштабное перевооружение армии и флота завершится, пик поставок в рамках ГПВ будет пройден и такого объема заказов для «оборонки» не будет. В дальнейшем предстоит выйти на плановое, ритмичное оснащение Вооруженных Сил, пополнять их арсеналы по мере необходимости и износа действующей техники»¹. Обычно такие задачи предполагают поставки ПВН в объеме примерно 5% от его наличия в войсках. Следовательно, выпуск некоторых образцов вооружения и военной техники (ВВТ) может снизиться вдвое и более, если сравнить его с нынешним выпуском. И если не принять мер, оборонную промышленность ждет тяжелый удар. Президент Российской Федерации подчеркнул особо, что нельзя ориентироваться на так называемый ширпотреб. Работу нужно вести исходя из потребностей передовых наукоемких отраслей – медицины, энергетики, авиа- и судостроения, космоса, информационных технологий и связи. При этом Президент указал на необходимость работы над вооружениями новых поколений, создания соответствующего задела, проведения НИР и ОКР, освоения серийного производства перспективной ПВН. Это особенно важно при глобальной смене технологического уклада. Промедление или отставание России на этом участке общемировой конкурентной борьбы приведет к тому, что в ближайшем будущем наше высокоэффективное вооружение окажется на задворках. В связи с этим Президент поставил конкретную задачу, связанную с необходимостью увеличения выпуска продукции гражданского и двойного назначения на предприятиях ОПК.

На том же совещании о прогнозируемых объемах выпуска гражданской продукции на предприятиях ОПК министр промышленности и торговли Д. Мантуров заявил: «В ближайшие пять лет мы ожидаем устойчивую динамику наращивания гражданского сегмента на уровне не менее 5% прироста, что должно позволить выйти на пропорцию 50:50 к 2020 году»². Следует отметить, что в настоящее время эта пропорция составляет 84:16 в пользу ПВН.

Прежде чем обозначить пути решения проблемы диверсификации ОПК, следует обратить внимание на состоявшееся 22 марта 2017 года заседание Комиссии по вопросам военно-технического сотрудничества с иностранными государствами. На нем отмечалось, что по итогам 2016 года Россия уверенно удерживает второе место в мире по объему военного экспорта (более 15

1 <http://armstrade.org/includes/periodics/news/2016/0908/162036957/detail.shtml>

2 http://nvo.ng.ru/polemic/2017-02-03/2_935_red.html

миллиардов долларов). Доля России на рынке вооружений составляет 23%. Россия и далее намерена наращивать присутствие на мировом рынке ВВСТ, расширять географию поставок и перечень продукции, улучшать качественные характеристики оружия.

Важность решения проблемы диверсификации военного производства Президент Российской Федерации В.В. Путин отметил на Уфимском моторостроительном объединении 24 января 2018 года: «Диверсификацию военного производства необходимо поставить на системную основу, а выпуск ВТП гражданского назначения должен обеспечить полную загрузку предприятий ОПК и их финансовую устойчивость»¹. По заявлению Президента, доля ВТП гражданского назначения должна составлять к 2025 году – 30%, а к 2030 году – 50%. Следует отметить, что в конце 2017 года эта доля составила менее 17%.

Важность данной проблематики Президент Российской Федерации еще раз подчеркнул в ноябре 2018 года в Сочи на серии совещаний с руководством Минобороны и представителями оборонной промышленности России: «Диверсификация ОПК – одна из ключевых национальных задач. От ее успешного решения зависит развитие отрасли и всей экономики России»².

Однако в любом случае основными задачами дальнейшего развития ОПК будут являться [1]: диверсификация производства; увеличение объема выпуска высокотехнологичной гражданской продукции на высвобождаемых от ПВН мощностях; работа над созданием новых видов вооружения; удержание и расширение зарубежных рынков сбыта.

Таким образом, мероприятия по диверсификации производственных мощностей ОПК являются непрерывным процессом, распределенным в пространстве и во времени, масштаб которого охватывает: множество разнородных технологических направлений деятельности предприятий ОПК (вне зависимости от их географического положения, ведомственной принадлежности, подчиненности тому или иному органу управления); уровни государственного управления в военной, экономической и международной областях (в том числе, более тесная интеграция с аналогичными национальными системами в рамках военно-технического сотрудничества стран СНГ и ОДКБ).

Из приведенных выше положений вырисовываются конкретные пути решения проблемы диверсификации. Учитывая многоплановость и сложность проблемы диверсификации, множество различных факторов и барьеров на пути ее решения в течение длительного периода времени, в основу решения указанной проблемы необходимо положить системный подход (с учетом его синергетической модификации – теории самоорганизации) и современную методологию программно-целевого планирования развития системы вооружения ВС РФ [3] и отраслей ОПК [2, 4-11].

Основные этапы программно-целевого планирования мероприятий по диверсификации предприятий ОПК показаны на рисунке 1.

Уточнение понятийного аппарата диверсификации

Учитывая сложность и многоплановость проблемы диверсификации, потребовалось с общих позиций уточнить (детализировать) само понятие «диверсификация», ее аспекты, формы, виды и типы, а также их достоинства и недостатки, чтобы на этой основе разработать формализованную постановку проблемы диверсификации с использованием научно обоснованной системы критериев и показателей эффективности диверсификации.

Под диверсификацией чаще всего понимается расширение ассортимента (номенклатуры) выпускаемой продукции, изменение вида продукции, производимой предприятием, и переориентация рынков сбыта, освоение новых видов производств в интересах повышения их эффек-

1 <http://tass.ru/armiya-i-opk/4899582>

2 <http://ria.ru/20181121/1533238466.html>

тивности и получения экономической выгоды, уменьшения рисков хозяйственной деятельности (например, предотвращения банкротства), при воздействии различных неблагоприятных внутренних и внешних экономических факторов.

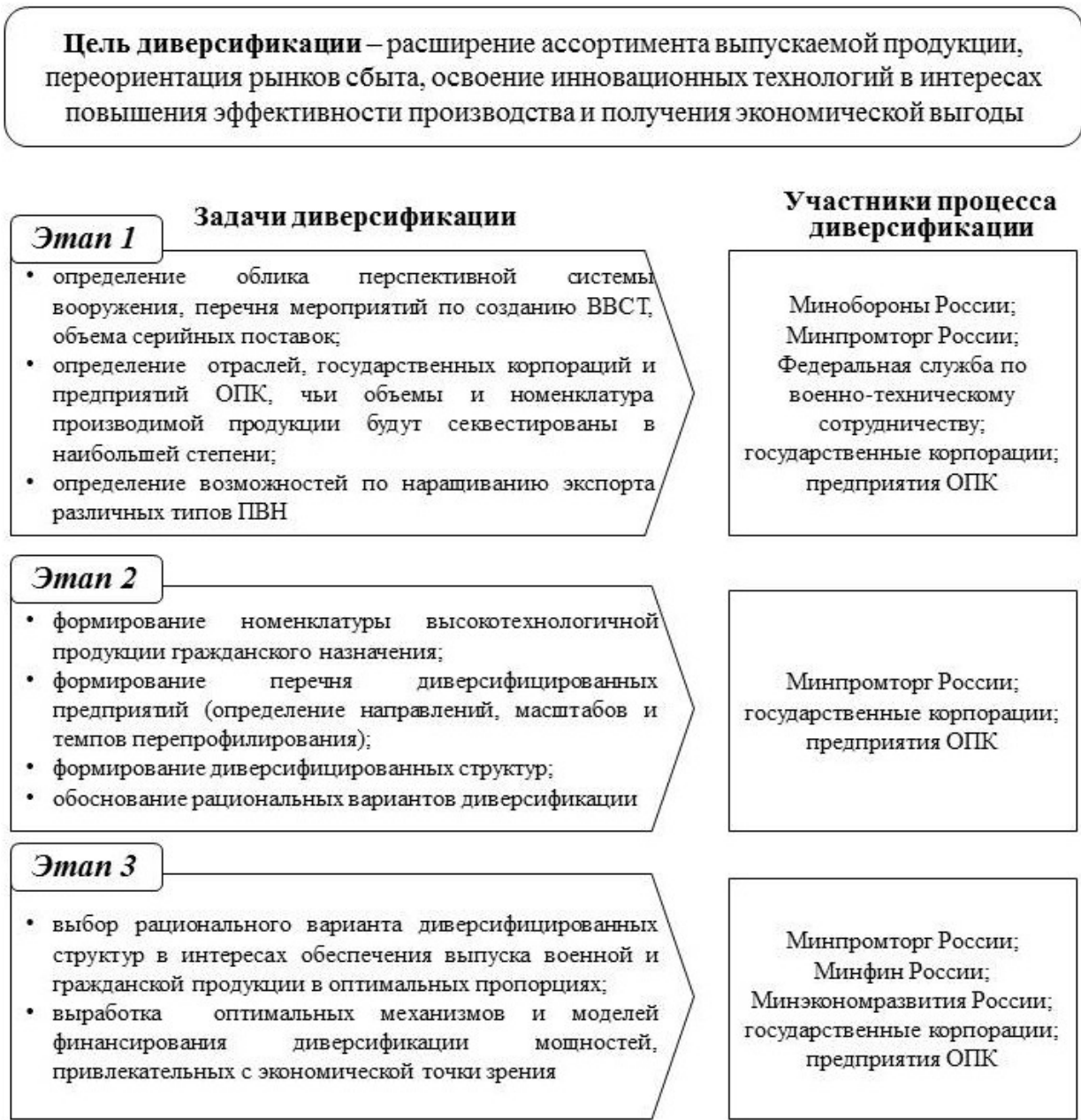


Рисунок 1 – Этапы программно-целевого планирования мероприятий по диверсификации предприятий ОПК

Приведенное определение понятия «диверсификация» является достаточно общим. Данное понятие можно рассматривать с разных позиций, т. е. оно является многоаспектным (рисунок 2), между различными аспектами которого могут быть различные взаимосвязи.

Аспекты диверсификации:

диверсификация как цель, например, обеспечение устойчивости развития;

диверсификация как стратегия экономического роста;

диверсификация как механизм (метод) минимизации различного рода рисков (например, финансовых, валютных, инвестиционных и др.), получения необходимых синергетических эффектов и др.;

диверсификация как технология – расширение видов деятельности предприятия, между которыми может возникать синергия;

диверсификация как процесс представляется одновременным развитием нескольких видов деятельности (производства), расширение номенклатуры производимых товаров и услуг;

диверсификация как свойство, показателем которого является мера внутреннего разнообразия объекта.



Рисунок 2 – Основные аспекты диверсификации

Таким образом, понятие «диверсификация» подразумевает разнообразие, разностороннее развитие, расширение возможностей, приобретение новых видов деятельности, между которыми может возникать синергия.

Говоря о разных видах деятельности, в современных зарубежных и отечественных литературных источниках выделяют формы, виды и типы диверсификации с присущими им экономическими достоинствами (преимуществами) и недостатками.

Формы диверсификации: техническая, технологическая, маркетинговая, финансовая, кредитная и др. Например, финансовая диверсификация заключается в распределении усилий и ресурсов между различными видами деятельности. В этом случае финансовая диверсификация может рассматриваться как эффективный метод снижения финансовых рисков.

Виды диверсификации:

диверсификация производства – синхронное развитие невзаимосвязанных, разрозненных видов производств, существенное расширение номенклатуры всей совокупности изделий в рамках предприятия с переориентацией текущих рынков сбыта;

диверсификация рисков – избирательное распределение инвестиций с учетом существования различных классов финансовых инструментов;

диверсификация экономики – одновременное комплексное многоотраслевое развитие производства и сферы услуг, совершенно не связанных друг с другом;

диверсификация деятельности – переход от односторонней, часто базирующейся на выпуске единственного продукта (на одном продукте) производственной структуры, к многопрофильному производству с широкой номенклатурой выпускаемой продукции.

Кроме того, существуют еще и другие виды диверсификации, например: диверсификация товара и диверсификация услуг – увеличение количественного ассортимента за счет выпуска новых изделий, ориентированных на новые рынки сбыта.

Типы диверсификации. Различают связанную (родственную) и несвязанную (неродственную) диверсификацию (рисунок 3).

Связанная диверсификация предусматривает выход на смежные или близкие рынки, между которыми есть существенная синергия. Связанными (родственными) являются те предприятия, у которых существуют конкурентно значимые совпадения видов деятельности (например, в производстве, маркетинге, материальном снабжении или технологиях).



Рисунок 3 – Основные типы диверсификации

Основные преимущества связанной диверсификации:

позволяет распределить инвестиционные риски по разным направлениям деятельности: родственные связи предприятий в разных отраслях повышают гибкость и эффективность управления и позволяют объединить некоторые процессы разных направлений деятельности предприятий;

ведет к сокращению издержек за счет консолидации активов разных предприятий, обеспечивая эффект синергетической кооперации. Это явление того же порядка, что и эффект масштаба производства, разница в том, что последний проявляется в снижении издержек производства на единицу продукции вследствие увеличения объемов производства или числа выпускаемых изделий. Эффект синергетической кооперации обеспечивает снижение издержек за счет скоординированной деятельности предприятий разных отраслей в одной корпорации. Эффект корпорации – одно из главных достоинств родственной диверсификации. Он возникает в ситуации, когда операции нескольких предприятий выгоднее осуществить совместно, нежели по отдельности.

В отечественной и зарубежной литературе связанная диверсификация делится на вертикальную и горизонтальную. Вертикальная диверсификация означает производство продуктов и услуг на предыдущей или следующей ступени производственного процесса. То есть производитель готовой продукции начинает либо производить для нее комплектующие (назад по цепочке), либо выходит на рынок продукции или услуг еще более высокой глубины переработки (вперед по цепочке). Преимущество вертикальной диверсификации – контроль над всей цепочкой производства: от сырья до готового продукта. Чаще всего данный тип диверсификации связан с переработкой какого-либо основополагающего ресурса (например, нефти).

Вертикальная диверсификация подразделяется еще на два типа: прямую и обратную (косвенную). При прямой диверсификации существуют дополнительные общие факторы, например: маркетинговые услуги, технологическое ноу-хау, экспертные услуги. При косвенной диверсификации общие факторы ограничены управлением коммерческими предприятиями и финансами. Данная ситуация характерна для промышленных холдинговых групп и инвестиционных компаний.

Горизонтальная диверсификация связана либо с расширением номенклатуры выпускаемой продукции (производство продукции на той же ступени производственной цепочки), либо с расширением географии ее производства. Новый продукт или услуга могут выпускаться под уже имеющимся брендом, либо под новым брендом. Например, в условиях конверсии производства предприятия ОПК достаточно устойчиво и легко могли войти на соответствующий рынок гражданской продукции. Таким образом, стратегия горизонтальной диверсификации – производство новой продукции по новой технологии, отличной от технологий, используемых на освоенных рынках.

Несвязанная (неродственная) диверсификация имеет ряд преимуществ:

предпринимательский риск распределяется по различным отраслям (достижение внешней гибкости), т. е. компания инвестирует средства в не связанные между собой отрасли с различными технологиями, условиями конкуренции, особенностями рынков, клиентской базой. Это намного безопаснее, чем консолидация инвестиций в одной отрасли при родственной диверсификации;

максимально эффективное использование финансовых результатов обеспечивается их распределением по любым отраслям, перспективным с точки зрения получения прибыли (по сравнению с ограниченным числом отраслей при родственной диверсификации). На практике это означает, что средства, изъятые из предприятий в отраслях с низкими темпами роста и сомнительными перспективами прибыли, направляются на приобретение и укрепление компаний в более успешных отраслях;

прибыльность компании стабильнее, поскольку спад в одной отрасли в какой-то мере компенсируется подъемом в других – в идеале циклы развития отраслей, в которых работают компании, находятся в противофазе.

Недостатки несвязанной диверсификации:

чем крупнее производственный конгломерат, тем труднее принимать адекватные решения и находить правильную стратегию для целого ряда совершенно несхожих компаний в разных отраслях и конкурентных условиях;

без стратегического соответствия уровень прибыли всего бизнес-портфеля диверсифицированной компании не превышает суммы прибыли всех подразделений, если бы они функционировали по отдельности;

теоретически считается, что неродственная диверсификация обеспечивает более стабильный поток прибыли, поскольку работает во многих отраслях, находящихся на разных стадиях жизненного цикла. Однако на практике добиться работы разных отраслей в противофазе практически невозможно.

В рамках несвязанной диверсификации выделяют конгломератный тип диверсификации, который характеризуется проникновением предприятия в другие отрасли безотносительно его сбытовой и технологической связности. Конгломератная диверсификация – процесс, при котором происходит пополнение существующего ассортимента изделиями, не имеющими какого-либо отношения к существующей номенклатуре, а также к используемым для этого технологиям. Она предполагает приобретение абсолютно новых для данной компании производств, которые обеспечивают быстрый рост, и получение максимально высокой прибыли. Конгломератный тип диверсификации может привести как к повышению стабильности функционирования предприятия, так и к возможности больших финансовых потерь в случае неудачи. Для успешной деятельности здесь требуется аккумуляция финансовых ресурсов, наличие независимых схем управления, а общая стратегия может касаться только финансовой политики. Таким образом, стратегия конгломератного типа диверсификации заключается в расширении предприятия за счет производства новых высокотехнологичных видов продукции, технологически не связанных с произ-

водимыми видами продукции: новая ВТП реализуется на новых рынках. Однако это самая сложная стратегия диверсифицированного роста. Отмеченный на рисунке 3 центрированный тип диверсификации имеет следующую стратегию: поиск дополнительных возможностей для изготовления новой ВТП на неизменной производственной базе.

Несмотря на все перечисленные недостатки, в определенных обстоятельствах стратегия несвязанной диверсификации весьма привлекательна. Обычно выбор несвязанной диверсификации диктуется исключительно соображениями прибыли. При несвязанной диверсификации очень важно определить ее масштабы. В связи с этим менеджмент должен иметь четкое представление о том, какими подразделениями и в каком количестве он может управлять. Необходимо установить минимальный и максимальный уровень диверсификации: первый определяется необходимыми показателями прибыльности и роста, а второй – возможностями эффективного управления. Оптимальный уровень диверсификации находится между двумя этими уровнями.

В обобщенном виде перечисленные выше экономические преимущества диверсификации показаны на рисунке 4.

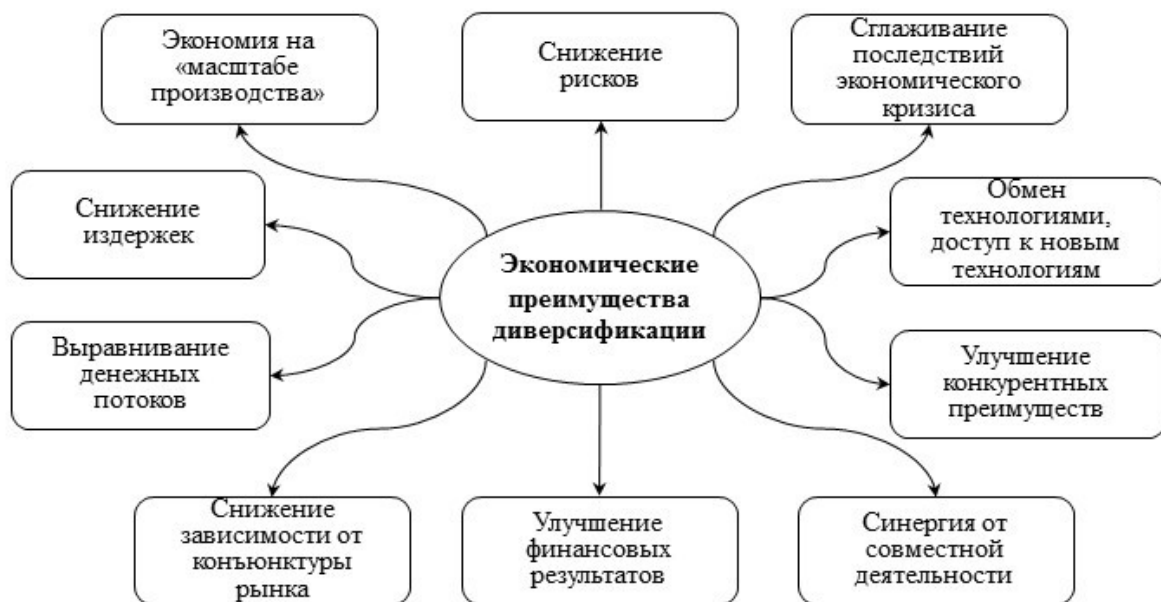


Рисунок 4 – Экономические преимущества диверсификации

Таким образом, совокупность рассмотренных аспектов, форм, видов, типов диверсификации с их достоинствами и недостатками представляет собой множество возможных вариантов диверсификации, из которых необходимо обоснованно выбрать рациональные варианты. Ниже предлагается формализованная постановка задачи обоснования рациональных вариантов диверсификации и система критериев и показателей оценки эффективности диверсификации.

Формализованная постановка научной проблемы диверсификации

Ключевой задачей проблемы диверсификации является задача обоснования рациональных вариантов диверсификации. Основные этапы обоснования рациональных вариантов диверсификации приведены на рисунке 5. Ниже приведена формализованная постановка данной задачи.

Исходя из множества возможных вариантов диверсификации предприятий ОПК; научно-технического и производственно-технологического потенциала предприятий ОПК; совокупности

финансово-экономических, хозяйственных и организационно-управленческих проблем функционирования ОПК; условий обеспечения ВС РФ в современных образцах ВВТ, *требуется*:

1. Обосновать рациональный вариант диверсификации, обеспечивающий:

а) максимум интегрального критерия экономической эффективности диверсификации:

$$C(U^*) = \sum_i \sum_j C_{ij} \cdot W_{ij} \Rightarrow \max \text{ при: } W_{ij}^V \geq W_{ijpl}^V, W_{ij}^G \geq W_{ijpl}^G, \quad (1)$$

$$\sum_i \sum_j \psi_{ij} (W_{ij}^V + W_{ij}^G) \leq R_i^{dop}$$

где C – интегральный критерий экономической эффективности диверсификации;

U^* – рациональный вариант диверсификации, $U^* \in U$, где U – множество возможных вариантов диверсификации;

W_{ij} – общий объем, производимой ВТП j -го вида ($j=1, \dots, M$) на i -м ($i=1, \dots, N$) предприятии;

C_{ij} – стоимость j -го вида ВТП, производимой на i -м предприятии;

W_{ij}^V, W_{ijpl}^V – реальные и плановые объемы производства высокотехнологичной продукции военного назначения в интересах ВС РФ;

W_{ij}^G, W_{ijpl}^G – реальные и плановые объемы выпуска высокотехнологичной продукции гражданского назначения (товаров, работ и услуг);

ψ_{ij} – средние удельные затраты ресурсов на производство ВТП j -го вида ($j=1, \dots, M$) на i -м ($i=1, \dots, N$) предприятии;

R_i^{dop} – допустимый объем ресурсов всех видов, выделяемых i -му предприятию.

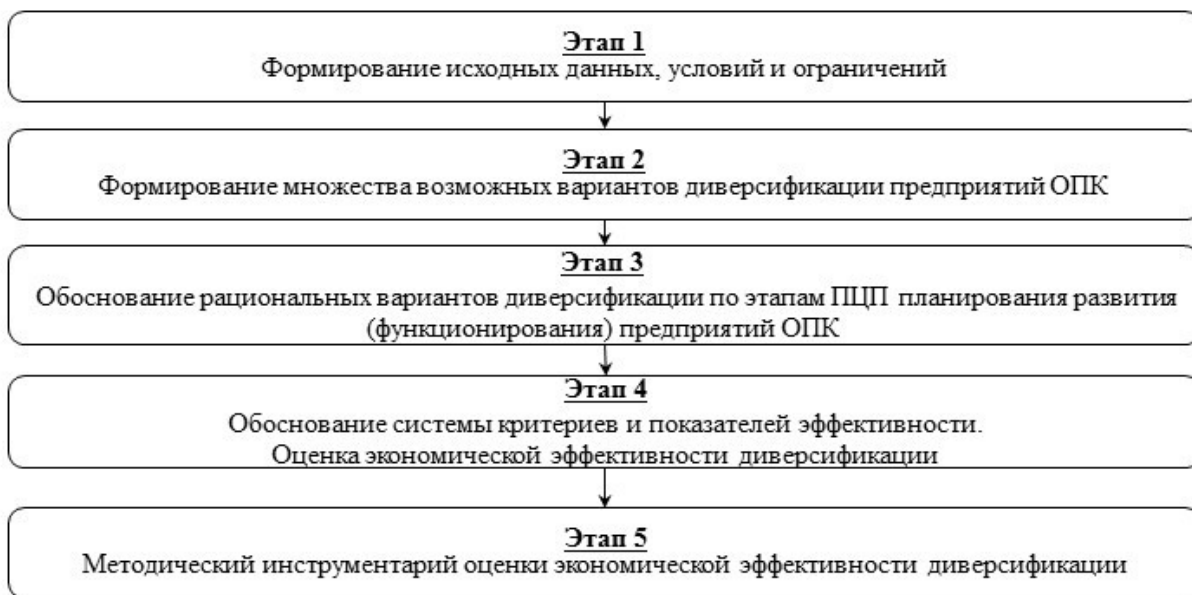


Рисунок 5 – Этапы обоснования рациональных вариантов диверсификации

Принятые допущения:

- произведенная продукция реализуется в полном объеме;
- обеспечиваются требуемые (в том числе, плановые в рамках ГОЗ) объемы выпуска ВТП в интересах ВС РФ;
- объем выпуска продукции гражданского назначения предусматривается в рамках допустимого объема ресурсов, выделяемых предприятиям.

б) на всех этапах функционирования диверсифицированной структуры (ДС):

$$\sum_{t=1}^{T_k} C_t \rightarrow \max, \frac{1}{T_k} \sum_{t=1}^{T_k} C_t \geq C_{t_0}, \quad (2)$$

где C_t , C_{t_0} – интегральный критерий экономической эффективности ДС в t -й год и t_0 -й год (последний год, предшествующий периоду времени, на котором рассматривается функционирование ДС) соответственно;

T_k – период времени, на котором рассматриваются этапы функционирования ДС (в годах).

При этом должны соблюдаться требования стабильности сложившегося финансово-экономического состояния отдельных предприятий ОПК, вытекающее из принципа Парето, реализация которого возможна за счет повышения интенсивности процессов диверсификации и оптимизации затрат ресурсов на производство продукции в интересах ВС РФ и национальной экономики. С учетом данного положения основными объектами исследования пространственно-временной диверсификации предприятий ОПК являются:

области пересечения интересов предприятий ОПК одной технологической направленности на видовом уровне – макроуровне (горизонтальная интеграция);

области пересечения интересов предприятий ОПК на уровнях государственного управления (в военной, экономической и международной областях) на надвидовом уровне – мезоуровне (вертикальная интеграция);

процессы, направленные на объединение интересов отдельных предприятий на макро- и мезоуровне ДС.

Таким образом, под рациональным вариантом диверсификации понимается вариант, при котором достигается максимум экономической эффективности ДС, полученной за счет процессов диверсификации, осуществляемых в пространстве и во времени.

2. Разработать методический инструментарий экономической оценки эффективности диверсификации, обеспечивающий максимальное приращение синергетического эффекта:

$$\Delta C (\Delta C = C_1^{RS} - C_0^{RS} - C_{SP}) \rightarrow \max, \quad (3)$$

где C_0^{RS} , C_1^{RS} – суммарная рыночная стоимость предприятий ОПК (до осуществления мероприятий по диверсификации) и прогнозная рыночная стоимость предприятий ОПК (после осуществления мероприятий по диверсификации), соответственно;

C^{SP} – затраты на диверсификацию.

3) Сформировать комплекс предложений по разработке и реализации практических мероприятий по диверсификации, обеспечивающих повышение эффективности управления имущественным комплексом предприятий ОПК и рациональное использование государственных ресурсов.

Основные условия и ограничения.

Решение сформулированной научной проблемы должно производиться, прежде всего, для той совокупности предприятий ОПК, для которой:

процессы пространственно-временной интеграции получили наибольшее развитие;

достигнут достаточный уровень научно-технического и технологического развития;

имеются инновационные предприятия, способные создавать современную ВТП или ее компоненты;

имеются структуры, организующие и осуществляющие постоянное военно-техническое сотрудничество.

При обосновании предложений по диверсификации целесообразно учесть следующие особенности:

цели большей части предприятий ОПК в сфере удовлетворения потребностей ВС РФ и национальной экономики во многом идентичны;

механизм принятия управленческих решений предусматривает определенную иерархию различных объектов диверсификации;

предприятия ОПК до сих пор сохранили сходные производственно-технологические процессы, используют единые ГОСТы, разработанные в интересах организации оборонного производства, единую систему конструкторской документации и др.;

практически все предприятия ОПК испытывают существенные ресурсные ограничения (финансовые, материальные, кадровые, сырьевые, временные);

некоторые предприятия ОПК оказались в зонах интересов других более развитых корпоративных структур, в том числе зарубежных и др.

Для практической реализации предложенной формализованной постановки задачи обоснования рациональных вариантов диверсификации необходимо иметь обоснованные критерии и показатели экономической оценки эффективности диверсификации.

Система критериев и показателей экономической оценки эффективности диверсификации

Структура критериев и показателей оценки эффективности диверсификации схематически представлена на рисунке 6. Практически любая структура ОПК, подлежащая диверсификации, имеет военные (в том числе с учетом задач военно-технического сотрудничества с зарубежными странами) и гражданские цели.

Военными целями являются обеспечение обороны страны и безопасности государства за счет удовлетворения потребности в современных высокотехнологичных образцах ВВТ. Обороноспособность обеспечивается за счет производства и поставок в ВС РФ требуемого количества ВВТ, которое определяется государственной программой вооружения (ГПВ) на 10 лет и государственным оборонным заказом (ГОЗ) на каждый год. Удовлетворение потребности ВС РФ в высокотехнологичных образцах ВВТ регламентируется соответствующими документами, нормативно-техническими и нормативными правовыми актами.

Таким образом, военные цели фактически являются заданными требованиями к определенным показателям производственно-технологической и хозяйственной деятельности ДС, т. е. объемам производства и поставок ВВТ в рамках ГОЗ и производства товаров, работ и услуг для удовлетворения потребности ВС РФ.

Общий (суммарный) показатель определяется следующим выражением:

$$W^V = W^{GOZ} + W^{TRU}, \quad (4)$$

где W^V – общий объем выпуска продукции в интересах ВС РФ в заданный период времени;

W^{GOZ} – объем выпуска ВВТ в рамках ГОЗ в заданный период времени;

W^{TRU} – объем товаров, работ и услуг для удовлетворения потребности ВС РФ в заданный период времени.

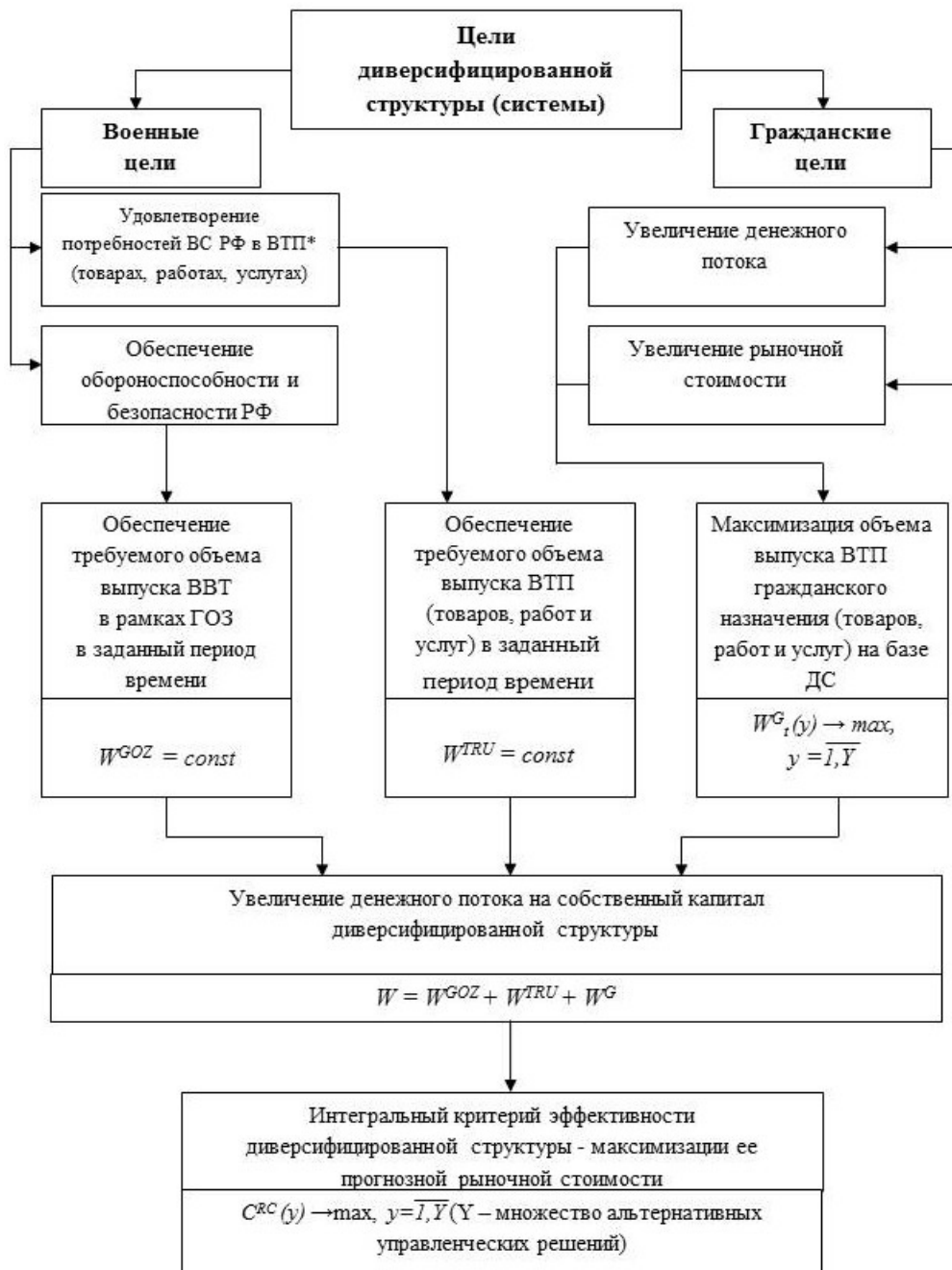
Показатели W^{GOZ} и W^{TRU} могут рассматриваться как детерминированные. Далее примем $W^{GOZ} = \text{const}$ и $W^{TRU} = \text{const}$.

Гражданской целью является максимизация объема W^G выпуска высокотехнологичной продукции (товаров, работ и услуг) гражданского назначения на базе ДС. С учетом выражения (4) величину общего объема выпускаемой продукции Q можно представить в следующем виде:

$$W = W^{GOZ} + W^{TRU} + W^G. \quad (5)$$

Отсутствие ограничений на выпуск продукции гражданского назначения означает, что показатель W^G представляет собой некоторую функцию от управленческого решения $q(y)$ ($y = \bar{1}, \bar{Y}$, где \bar{Y} – множество альтернативных управленческих решений):

$$W_t^G = q(y). \quad (6)$$



*ВТП – высокотехнологичная продукция военного, гражданского и двойного назначения

Рисунок 6 – Критерии и показатели эффективности диверсификации

Очевидно, что максимизация W^G обеспечивает увеличение денежного потока в формуле (6) и, соответственно, прогнозной рыночной стоимости ДС.

В качестве критерия выбрана максимизация прогнозной рыночной стоимости C^{RS} диверсифицированной структуры. Для расчета C^{RS} целесообразно использовать доходный подход, в соответствии с которым стоимость действующего предприятия представляет собой денежные потоки от его деятельности, дисконтированные к настоящему моменту времени. Прогнозная рыночная стоимость может быть определена по следующей формуле [4]:

$$C^{RS} = \sum_{t=0}^T \frac{C_t^{DR}}{(1+r)^t}, \tag{7}$$

где C^{RS} – прогнозная рыночная стоимость ДС как единого целого в рассматриваемом периоде (эта величина рассматривается как сумма, которую может выручить предприятие в течение прогнозного периода);

C_t^{DR} – величина денежного потока на прогнозном интервале t ;

r – ставка дисконтирования;

T – длительность прогнозного периода.

В качестве исходных данных для оценки рыночной стоимости на основе доходного подхода используется имеющаяся информация о состоянии и перспективах развития предприятия ОПК.

Учитывая правила экономических расчетов [5], оценка прогнозной рыночной стоимости ДС осуществляется с учетом следующих параметров: Q_t – выручка-нетто (объем товаров, работ и услуг); C_t – себестоимость, коммерческие и управленческие расходы; P_{lt} – прочие доходы и расходы; P_t – текущий налог на прибыль, т. е. $C^{RS} = f(Q_t, C_t, P_{lt}, P_t)$.

В качестве интегрального критерия эффективности управленческого решения может быть использована максимизация прогнозной рыночной стоимости:

$$C^{RS}(y) \rightarrow \max_{y=1, Y}, \quad (8)$$

где C^{RC} – прогнозная рыночная стоимость;

Y – множество альтернативных управленческих решений.

Использование показателя рыночной стоимости в качестве основного критерия эффективности ДС является теоретической основой для формирования различных вариантов диверсификации предприятий ОПК.

Таким образом, в предлагаемой системе критериев и показателей сформирован интегральный критерий оценки эффективности ДС. Интегральный критерий эффективности – это максимум прогнозной рыночной стоимости ДС при отсутствии ограничений на производство товаров. Интегральный критерий учитывает требования к выполнению ГОЗ, удовлетворению потребности Минобороны России и национальной экономики в товарах, работах и услугах, в том числе за счет возможности использования военных технологий в производстве продукции гражданского назначения. Использование интегрального критерия обеспечивает реальную оценку сбалансированности экономических интересов государства и частных инвесторов в реализации крупных инновационных проектов военного и гражданского назначения, т. е. гармоничное сочетание рынка и централизованного управления [12].

Заключение

Диверсификация научно-технического и производственно-технологического потенциала предприятий ОПК, их производственных мощностей с ориентацией на совместный выпуск ВТП военного и гражданского назначения является актуальной научной проблемой. Недостаточная теоретическая проработанность данной проблемы приводит к использованию эмпирических методов «проб и ошибок», не соответствующих современному уровню сложности и степени ответственности принятия управленческих решений в высокотехнологичном секторе отечественной экономики. Без использования современной парадигмы системно-синергетического подхода и методологии программно-целевого планирования решить проблему диверсификации, по нашему мнению, не представляется возможным.

Представленные в данной статье этапы программно-целевого планирования мероприятий по диверсификации, понятийный аппарат, формализованная постановка проблемы диверсификации, а также система критериев и показателей экономической оценки эффективности диверсификации являются основой для разработки:

методического инструментария экономической оценки эффективности мероприятий по диверсификации ОПК;

методов экономического обоснования рациональных вариантов диверсификации;

системы организационно-экономических показателей – индикаторов эффективности достижения целей диверсификации и решения многих других задач, связанных с проблемой диверсификации.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Диверсификация оборонно-промышленного комплекса: подход к моделированию процесса // Вооружение и экономика. – 2018. – № 1 (43). – С. 41-47.
2. Погребинская В.А., Пожидаев В.А., Паршенцев В.А., Оценка эффективности процессов диверсификации и конверсии в оборонно-промышленном комплексе // Двойные технологии. – 2018. – № 2 (83). – С. 35-40.
3. Буренок В.М., Буравлев А.И., Брезгин В.С. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. – М.: Граница, 2012. – 520 с.
4. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Актуальные проблемы управления оборонно-промышленным комплексом. – М.: «Онто-Принт», 2017. – 512 с.
5. Довгучиц С.И., Журенков Д.А. Проблемы диверсификации оборонно-промышленного комплекса и пути их решения // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2017. – № 4. – С. 7-17.
6. Ачасов О.Б., Бабкин Г.В., Косенко А.А. Диверсификация как фактор повышения эффективности функционирования оборонно-промышленного комплекса // Вооружение и экономика. – 2016. – № 4 (37). – С. 19-29.
7. Ларин П.С., Самохвалов Д.В. Целевые инновации как базовый принцип диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса // Экономика. Право. Инновации. – 2017. – № 3 (87). – С. 197-203.
8. Бетелин В.Б. О проблеме диверсификации производства на предприятиях оборонно-промышленного комплекса России // Инновации. – 2018. – № 7 (237). – С. 3-7.
9. Викулов С.Ф., Хрусталева Е.Ю. Российский оборонно-промышленный комплекс: финансово-экономический и инструментальный анализ // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – № 1. – С. 97-111.
10. Князьнеделин Р.А. Научно-методическое сопровождение процессов конверсии, диверсификации и технологического трансфера на предприятиях оборонно-промышленного комплекса // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2017. – № 4 (106). – С. 69-76.
11. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Инновационно-технологические пути обеспечения национальной безопасности России. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 268 с.
12. Буренок В.М., Викулов С.Ф. Гармоничное сочетание рынка и централизованного управления // Воздушно-космическая оборона. – 2008. – № 5 (42).

А.И. Буравлев, доктор технических наук,
профессор

О связи военных расходов с боевым потенциалом вооруженных сил

В статье рассматривается методологический подход к оценке боевых возможностей вооруженных сил и связи их с военными расходами. Для оценки боевых возможностей воинских формирований (ВФ) различного уровня предлагается использовать единый показатель – боевой потенциал (БП), количественно оцениваемый величиной ущерба нанесенного противоборствующей стороне. Моделирование процесса противоборства осуществляется с помощью известных аналитических и имитационных моделей, в которых ВФ представляется как сложная боевая система, включающая в себя ударные средства, подсистемы боевого управления и материально-технического обеспечения. Потребная численность ВФ по вооружению и личному составу рассчитывается по предлагаемой в статье методике, исходя из требуемого соотношения БП противоборствующих сторон. На основе потребной численности ВВТ и личного состава ВФ рассчитываются необходимые расходы на оснащение и содержание ВФ. В результате получается система количественных зависимостей между боевым потенциалом и военными расходами на формирование войсковых группировок различного уровня. Разработанный методический аппарат предлагается использовать для решения задач программно-целевого планирования развития системы вооружения и вооруженных сил страны.

Введение

Вооруженные силы (ВС) государства являются важнейшей составной частью системы национальной безопасности и главным инструментом обеспечения военной безопасности. Для успешной реализации этой функции вооруженные силы должны обладать определенной военной мощью или боевым потенциалом, способным выступать в роли «последнего довода» дипломатии.

Для осуществления своих функций ВС должны иметь определенную инфраструктуру (аэродромы, танкодромы, артиллерийские парки, порты, причалы, технические позиции, полигоны, военные городки, склады с боеприпасами и военным имуществом и др.), средства вооруженной борьбы – вооружение и военную технику (ВВТ), обученный личный состав, систему управления войсками и систему материально-технического обеспечения войск в мирное и военное время.

Степень реализации этих функций во многом зависит от уровня военных расходов, составляющих военный бюджет государства [1]. Объем военных расходов зависит от многих факторов, основными из которых являются состояние военной безопасности страны, состояние экономики и географические особенности страны. Для большинства развитых стран доля военных расходов составляет 2-5% внутреннего валового продукта (ВВП) и 15-25% от бюджета государства [1-3].

В теории и практике военно-экономических исследований предполагается, что с ростом военных расходов происходит также увеличение боевого потенциала вооруженных сил. Однако военные расходы приводят к уменьшению государственного бюджета на социально-экономическое развитие страны. Возникает проблема определения оптимальных военных расходов, обеспечивающих с одной стороны достаточный уровень военной безопасности страны, а с другой – поступательное развитие ее экономики и социальной сферы. Эта проблема рассматривалась в ряде работ [4-8] с точки зрения оптимизации оборонных расходов для обеспечения национальной безопасности страны. Однако пока остается нерешенным главный вопрос: как связаны военные расходы с боевым потенциалом вооруженных сил, который является показателем воен-

ной мощи страны и «компенсатором» возможных военных угроз. В данной статье рассматривается методологический подход к построению модели связи боевого потенциала ВС с величиной расходов на его обеспечение.

1. Боевой потенциал вооруженных сил и методология его оценки

Во многих военно-теоретических работах [9-13, 19, 20] *боевой потенциал* рассматривается как обобщенный (интегральный) показатель боевых возможностей вооруженных сил и его воинских формирований (ВФ) различного уровня, характеризующий способность решать поставленные боевые задачи в различных условиях.

Боевые возможности ВС и воинских формирований (ВФ) различного уровня определяются их численностью и военно-техническим уровнем ВВТ, уровнем боевой подготовки и моральным духом личного состава, уровнем подготовки командиров (штабов), военно-техническим уровнем системы управления, полнотой и качеством материально-технического обеспечения.

Численность ВВТ и личного состава ВФ взаимосвязаны и определяются типажом и военно-техническим уровнем ВВТ, характером и способами их применения, уровнем обученности личного состава.

Военно-технический уровень ВВТ характеризуется тактико-техническими характеристиками (ТТХ) образцов вооружения и военной техники. Оценка военно-технического уровня ВВТ осуществляется путем сравнения основных ТТХ образцов с образцами-аналогами, которые находятся на вооружении или планируются к принятию на вооружение у вероятного противника. Правомерность такого подхода обусловлена тем, что любая количественная оценка свойств объектов осуществляется относительно некоторого эталона [10-13]. Эталоном в данном случае выступают образцы ВВТ вероятного противника.

Уровень подготовки командира и штаба, полнота и качество материально-технического обеспечения существенным образом влияет на организацию и результативность боевой подготовки и боевого применения ВФ.

Непосредственная оценка эффективности деятельности ВС возможна только в результате военных действий. В мирное время оценка боевых возможностей ВС, ее видов и родов войск (сил) возможна только на основе военных учений, результатов боевого применения на полигонах, морских походах и масштабного моделирования военных действий в различных условиях.

Для оценки боевого потенциала группировок войск и ВС в настоящее время существует ряд программно-технических комплексов, осуществляющих имитационное моделирование военных действий на различном тактическом, оперативно-тактическом, оперативно-стратегическом уровнях [11, 15, 16]. Однако для подробного и адекватного моделирования военных действий даже на уровне тактического подразделения (взвода, роты, батареи) с многократным повтором всех исходов моделируемого процесса требуются огромные затраты времени и вычислительных ресурсов.

Следует также отметить, что боевой потенциал, определенный с помощью даже самой полной модели, характеризует лишь *потенциальные* возможности исследуемого ВФ. Это не означает, что в реальных условиях военных действий они будут полностью реализованы. Поэтому боевой потенциал следует рассматривать как *предельную* характеристику боевых возможностей ВФ на множестве различных условий его боевого применения.

Суть предлагаемого ниже подхода состоит в построении иерархии моделей для оценки боевого потенциала, начиная с отдельного образца ВВТ, затем воинского формирования определенного уровня вплоть до оперативно-стратегических группировок, видов и родов войск и вооруженных сил в целом.

Используя физическую аналогию, боевой потенциал будем определять относительно внешней среды, т. е. противника, с которым возможно военное столкновение.

По характеру и масштабу решаемых боевых задач все ВФ можно разделить на шесть типовых классов [11].

ТВФ-0. Элементарные воинские формирования рода войск, оснащенные одним образцом ВВТ и способные выполнять одну тактико-огневую задачу (задачу обеспечения), функционально определенную предназначением ВВТ. К ТВФ-0 относятся боевые расчеты (экипажи), спешенные мотострелковые отделения (отделения морской пехоты, ВДВ) и им равные. Таким образом, образец ВВТ с экипажем (боевым расчетом) представляет собой типовое воинское формирование (боевую единицу) ТВФ-0.

ТВФ-1. Тактические подразделения (взвод, рота, батарея, звено) рода войск, оснащенные однородным вооружением и техникой и способные выполнять несколько тактико-огневых задач (задач обеспечения) функционально определенных предназначением ВВТ.

В составе ТВФ-1 наряду с боевыми расчетами, экипажами, отделениями могут находиться расчеты, экипажи и отделения, т. е. воинские формирования типа ТВФ-0, обеспечивающие действия боевых подразделений. К ним относятся расчеты пунктов управления, отделения связи, отделения авианаводчиков и др.

ТВФ-2. Тактические подразделения рода войск (батальон, дивизион, эскадрилья), специальных войск, тыла и технического обеспечения, состоящие из нескольких ТВФ-1, способные выполнять одну тактическую задачу. В составе ТВФ-2 могут находиться обеспечивающие подразделения типа ТВФ-1.

ТВФ-3. Тактические подразделения рода войск (полк, бригада, авиабаза), специальных войск, тыла и технического обеспечения, состоящие из нескольких подразделений типа ТВФ-2 и ТВФ-1 и способные выполнять несколько тактических задач.

ОВФ – общевойсковое оперативное (оперативно-тактическое) воинское формирование, оперативное (оперативно-тактическое) воинское формирование вида ВС (группировка войск и сил), состоящее из нескольких ТВФ-3, непосредственно подчиненных ТВФ-2 и ТВФ-1, способных выполнять оперативные задачи, а при определенных условиях – готовить и проводить самостоятельные военные действия оперативного (оперативно-тактического) масштаба.

ОСВФ – общевойсковое (межвидовое, объединенное) оперативно-стратегическое воинское формирование ВС (группировка войск и сил), состоящее из нескольких ОВФ, непосредственно подчиненных им ТВФ-3.

ТВФ-2, ТВФ-1, способные готовить и проводить самостоятельные военные действия различной интенсивности на стратегическом направлении (ТВД).

Перечисленные выше классы образуют иерархическую структуру вооруженных сил (рисунок 1). В этой структуре каждый высший класс ВФ включает в себя нижестоящие классы ВФ.

Боевой потенциал элементарного воинского формирования ТВФ-0, представляющий собой комплекс ВВТ с экипажем (расчетом), характеризуется возможностью решения определенной для него боевой задачи. Решение этой задачи сопровождается действием различного рода случайных факторов, поэтому мерой возможности выступает *вероятность* решения боевой задачи W . Эта вероятность зависит от тактико-технических характеристик комплекса ВВТ, уровня боевой подготовки его экипажа (расчета), условий боевого применения. Выполнению боевой задачи противодействует противник, создавая помехи, осуществляя маневрирование и огневое противодействие. Таким образом, боевой потенциал единичного комплекса ВВТ однозначно характеризуется вероятностью выполнения поставленной боевой задачи $P_{ВВТ} = W$. Чем ближе W к единице, тем большим *потенциалом* обладает рассматриваемый комплекс ВВТ.

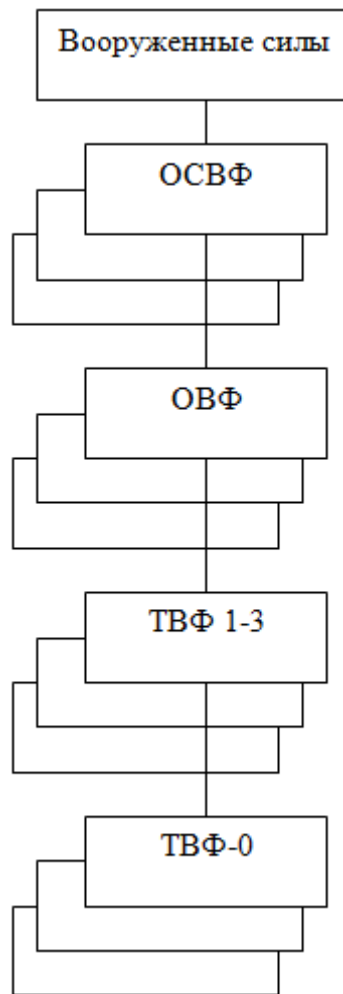


Рисунок 1 – Иерархическая структура вооруженных сил

При сравнении двух комплексов ВВТ, предназначенных для решения одной и той же боевой задачи, более эффективным является комплекс, имеющий более высокий боевой потенциал. Для соизмерения боевых потенциалов используется коэффициент боевого потенциала, численно равный отношению боевых потенциалов сравниваемых комплексов [11, 14, 18]:

$$K_{\text{ВВТ}} = \frac{P_{\text{ВВТ}1}}{P_{\text{ВВТ}2}} = \frac{W_1}{W_2}. \quad (1)$$

Если боевая задача состоит в поражении некоторого комплекса ВВТ противника, который противодействует и стремится также поразить противника с вероятностью W_2 , то количественной оценкой возможности завершения такой дуэли в пользу одной или другой стороны выступает коэффициент боевого потенциала (1). Если $K_{\text{ВВТ}} > 1$, то у первой стороны имеется больше шансов выиграть дуэль, чем у второй.

В практических задачах при оценке боевых возможностей комплексов ВВТ в качестве базы сравнения (эталона) принимается боевой потенциал ВВТ вероятного противника. Именно по отношению к этому эталонному комплексу определяется коэффициент боевого потенциала исследуемого ВВТ.

Вероятности выполнения комплексом ВВТ боевых задач определяются по результатам имитационного моделирования его боевого применения и испытаний в различных условиях. Однако имитационное моделирование и, особенно, натурные испытания требуют значительных затрат времени и материальных ресурсов для получения результата. Поэтому в последнее время активно развиваются квалиметрические методы оценки боевого потенциала ВВТ [19].

При квалиметрическом методе оценивается не собственно боевой потенциал, а коэффициент боевого потенциала комплекса ВВТ путем сравнения его тактико-технических характеристик (ТТХ) с аналогичными характеристиками эталонного комплекса. Далее по определенной методике с участием экспертов рассчитывается коэффициент боевого потенциала комплекса ВВТ как свертка ТТХ в агрегированный показатель. Примером такой свертки является мультипликация следующего вида [13, 14, 20]:

$$K_{BBT} = \prod_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{x_i^э} \right)^{\alpha_i}, \quad (2)$$

где $x_i, x_i^э$ – ТТХ исследуемого и эталонного образца ВВТ;

$0 < \alpha_i < 1, \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ – весовые коэффициенты ТТХ, задаваемые экспертами.

Исследования такой свертки показывают, что она сохраняет порядок предпочтения, заданный на множестве ТТХ образцов при рациональном выборе весовых коэффициентов.

В работах [14, 17] рассмотрена агрегированная аналитическая модель противоборства группировок войск для оценки их боевых потенциалов. В качестве типового объекта моделирования рассматривается воинское формирование ТВФ-3, имеющее в своем составе все основные функциональные элементы:

- боевые подсистемы, обеспечивающие непосредственное поражение объектов противника с применением ударных средств (УС);
- подсистемы боевого управления (БУ), осуществляющие управление применением УС;
- подсистемы материально-технического обеспечения (МТО) группировки.

Высшие уровни войсковых группировок (ОВФ, ОСВФ) принципиально отличаются только масштабом решаемых задач, типажом и численностью входящих в них элементов и уровнем их взаимодействия. В более мелких воинских формированиях (ТВФ-2, ТВФ-1, ТВФ-0) могут отсутствовать некоторые функциональные элементы, например, автономные подсистемы МТО.

Боевые подсистемы являются основой боевой мощи войсковых группировок. Объектами действия боевых подсистем выступают все компоненты группировки противника. Для решения задач поражения объектов противника они оснащаются ударными средствами огневого, радиоэлектронного, химического и других видов воздействия.

Ключевыми характеристиками УС являются их типаж m и численность $N_{УС_i}, (i = \overline{1, m})$, интенсивность стрельбы λ_i и вероятность поражения W_{ij} одним выстрелом (залпом) соответствующего объекта противника. Распределение УС по объектам действия осуществляется согласно матрицам целераспределения противоборствующих сторон А и В:

$$y^A = (y_{ij}^A)_{m^A \times h^B}; \quad y^B = (y_{ij}^B)_{m^B \times h^A},$$

где $0 < y_{ij}^A < 1; \sum_{j=1}^{h^B} y_{ij}^A = 1; 0 < y_{ij}^B < 1; \sum_{j=1}^{h^A} y_{ij}^B = 1$ – параметры целераспределения;

h^A, h^B – общее число возможных объектов поражения (целей) противника.

Подсистема боевого управления осуществляет целеуказание и управление огнем УС по объектам противника. Основными характеристиками ее является численность средств БУ – k и число каналов управления УС – l . При поражении средства БУ, как правило, выводятся из строя все его каналы управления. При потере канала управления, связанные с ним УС также теряют свою боеспособность. Принятые допущения не противоречат принципам и практике применения современных средств боевого управления.

Подсистема МТО включает в себя склады (пункты) с запасами материальных средств и боеприпасами, необходимые транспортные средства и личный состав для их доставки в войска. Основными характеристиками подсистемы МТО являются число r складов (пунктов) размещения материальных средств и их объем M . Общий запас материальных средств в ВФ составляет:

$$M = \sum_{s=1}^r \sum_{i=1}^m M_{si} . \tag{3}$$

Этот запас должен обеспечивать ведение военных действий в течение времени проведения операции $T_{оп}$. От величины запасов, времени проведения операции и численности ударных средств зависит интенсивность действия УС по объектам противника. В общем случае интенсивность действия УС λ определяется следующим выражением:

$$\lambda(t) = \begin{cases} \frac{\bar{M}(t)}{\bar{N}(t)[T_{оп} - t]}, & \bar{M}(t) > 0, \\ 0, & \bar{M}(t) = 0, \end{cases} \tag{4}$$

где $\bar{M}(t)$, $\bar{N}(t)$ – средние значения текущего запаса материальных средств и численности УС в составе группировки.

Склады (пункты) с запасами материальных средств, транспортные потоки их поставки в войска также являются объектами поражения противоборствующей стороны. Процесс противоборства ВФ можно описать уравнениями динамики средних [12, 14, 17] в соответствии со схемой рисунка 2.

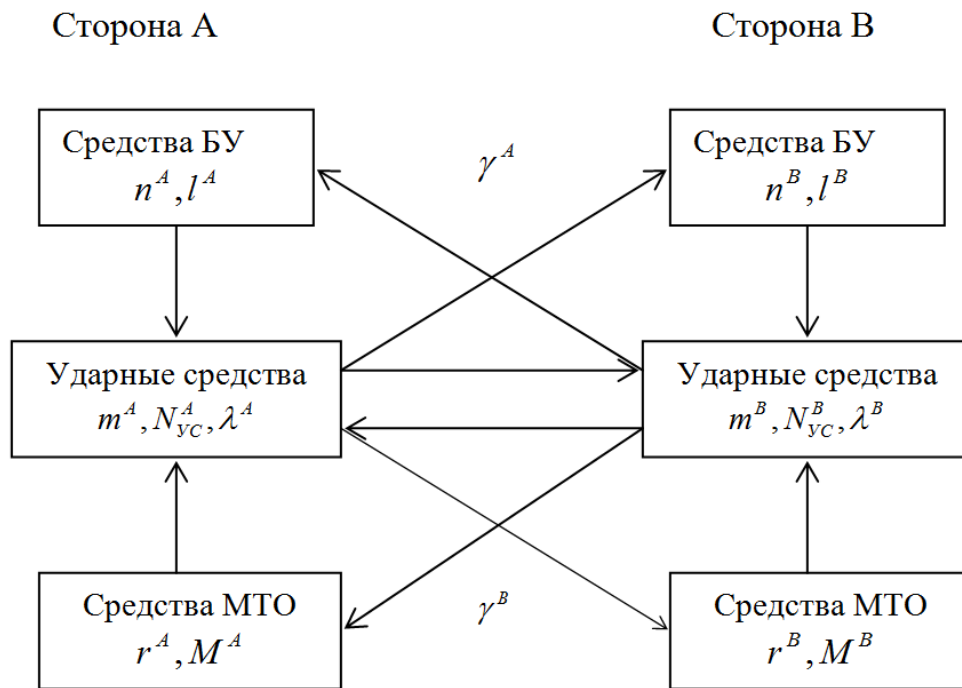


Рисунок 2 – Схема противоборства ВФ

Уравнения динамики противоборства в агрегированном виде имеют вид:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = -\mathbf{B}\mathbf{y}; \quad \mathbf{x}(0) = c_1; \quad \frac{d\mathbf{y}}{dt} = -\mathbf{A}\mathbf{x}; \quad \mathbf{y}(0) = c_2, \tag{5}$$

где $\mathbf{A} = (a_{ij})_{m^A \times h^B}$; $\mathbf{B} = (b_{ij})_{m^B \times h^A}$ – положительные прямоугольные матрицы взаимодействия сторон; \mathbf{x} , \mathbf{y} – вектора с неотрицательными компонентами численностей УС, БУ и запасов материальных средств;

x_0, y_0 – начальные значения численностей ВФ.

Используя линейные нормы векторов и матриц $\|x\| = \sum_{i=1}^{m^A} x_i$; $\|y\| = \sum_{i=1}^{m^B} y_i$; $\|A\| = \sum_{i=1}^{m^A} \sum_{j=1}^{h^B} a_{ij}$;

$\|B\| = \sum_{j=1}^{h^B} \sum_{i=1}^{m^A} b_{ji}$, систему уравнений (5) с помощью операции нормирования можно привести к системе скалярных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = -\beta y; \quad x(0) = x_0; \quad \frac{dy}{dt} = -\alpha x; \quad y(0) = y_0, \quad (6)$$

где $x = \sum_{i=1}^{m^A} x_i$; $y = \sum_{i=1}^{m^B} y_i$ – суммарные численности УС противоборствующих ВФ;

$p_i = \frac{x_i}{x}$; $q_j = \frac{y_j}{y}$ – долевые численности разнородных сил группировок;

$\alpha = \sum_{i=1}^{m^A} \sum_{j=1}^{m^B} a_{ij} p_i$; $\beta = \sum_{j=1}^{m^B} \sum_{i=1}^{m^A} b_{ji} q_j$ – агрегированные параметры эффективности действия сторон.

Решение агрегированной системы уравнений (6) позволяет определить текущие значения характеристик $x(t), y(t)$. Для определенного шага интегрирования:

$$\Delta t \leq \frac{\varepsilon}{\min\{\alpha, \beta\}} \quad (7)$$

решения систем уравнений (5), (6) по линейной норме не превышают заданной величины погрешности ε .

Боевые потенциалы противоборствующих сторон численно равны суммарному ущербу, нанесенному противнику за время Δt :

$$P_A = \Delta t \|Ax\| = \alpha x \Delta t; \quad P_B = \Delta t \|By\| = \beta y \Delta t. \quad (8)$$

Коэффициент боевых потенциалов противоборствующих сторон определяется отношением боевых потенциалов или численностей суммарного ущерба:

$$K_p = \frac{P_A(t)}{P_B(t)} = \mu K_c(t), \quad (9)$$

где $\mu = \frac{\alpha}{\beta}$ – соотношение агрегированных показателей эффективности действия сторон;

$K_c = \frac{x(t)}{y(t)}$ – количественное соотношение численностей УС противоборствующих сторон в текущий момент времени.

Использование в качестве агрегированных параметров модели показателей боевого потенциала позволяет исходную модель противоборства (5) представить в виде системы уравнений для боевых потенциалов группировок:

$$\frac{dP_A}{dt} = -\alpha^* P_B; \quad \frac{dP_B}{dt} = -\beta^* P_A \quad (10)$$

с соответствующими начальными условиями $P_A(0); P_B(0)$,

где $\alpha^* = \frac{\|AP_B\|}{\|P_B\|}$; $\beta^* = \frac{\|BP_A\|}{\|P_A\|}$ – агрегированные параметры эффективности действия сторон,

выраженные в боевых потенциалах противоборствующих группировок.

Система уравнений (10) дает эквивалентное решение исходной задачи в пространстве боевых потенциалов.

Таким образом, зная боевые потенциалы типовых ТВФ и структуру высших воинских формирований (ОВФ, ОСВФ, ВС) можно с помощью системы уравнений (10) получить требуемые начальные значения их боевых потенциалов, а следовательно, их структуру и численность относительно вероятного противника.

Для решения этой сложной задачи необходимо иметь единую систему исходных данных (ЕСИД) по образцам ВВТ, средствам боевого управления и МТО, характеристикам их эффективности как для отечественных ВС, так и ВС вероятного противника. Формирование такой ЕСИД для решения задач военного планирования является самостоятельной научной проблемой.

В качестве демонстрации рассмотренного методологического подхода рассмотрим следующий пример.

Пример 1. Исходные данные по ВФ противоборствующих сторон приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица целераспределения УС воинских формирований по объектам действия

Объекты действия	Сторона А			Сторона В		
	Численность	Целераспределение	Вероятность поражения	Численность	Целераспределение	Вероятность поражения
УС	55	0,5	0,3	50	0,6	0,3
Средства БУ	8	0,2	0,2	10	0,3	0,2
Пункты МТО	5	0,3	0,2	8	0,1	0,2
Общий запас СП	240			240		

Из таблицы 1 видно, что группировки имеют примерно одинаковую численность УС и эффективность их применения, схожие системы боевого управления и МТО, одинаковый запас средств поражения (СП). Различие состоит в стратегии огневого поражения объектов противника. Сторона А основной упор делает на поражение УС (50%) и пунктов МТО (30%), а сторона В – на поражение УС (60%) и средств БУ (30%).

Объем запаса СП обеспечивает непрерывное ведение военных действий в течение $T_{on} = 16$ час. Интенсивность действия УС рассчитывается из заданного запаса СП и продолжительности военных действий по формуле (4). В качестве расчетного интервала принят $\Delta t = 1$ час.

Моделирование противоборства производилось в рамках агрегированной модели. Результаты численного моделирования приведены на рисунках 3, 4, 5.

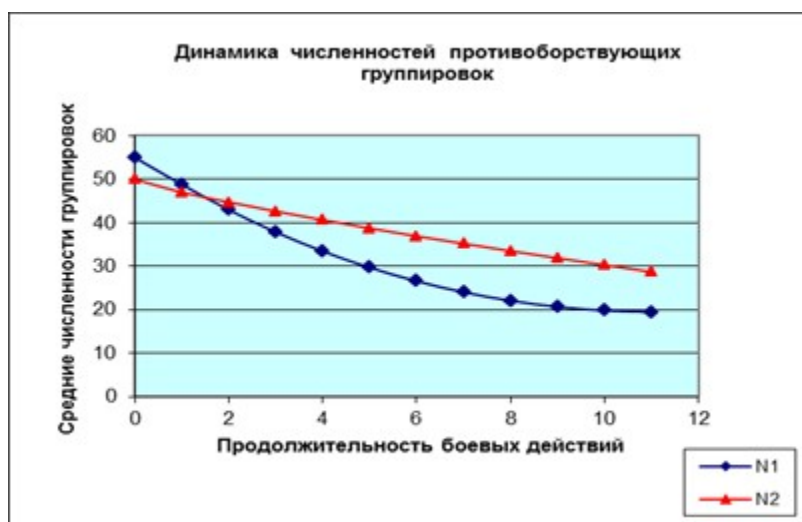


Рисунок 3 – Динамика средних численностей противоборствующих группировок

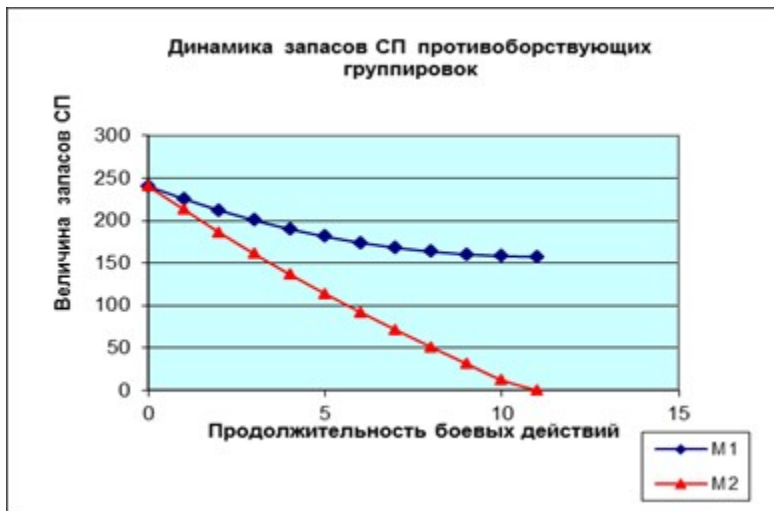


Рисунок 4 – Динамика запасов СП противоборствующих группировок

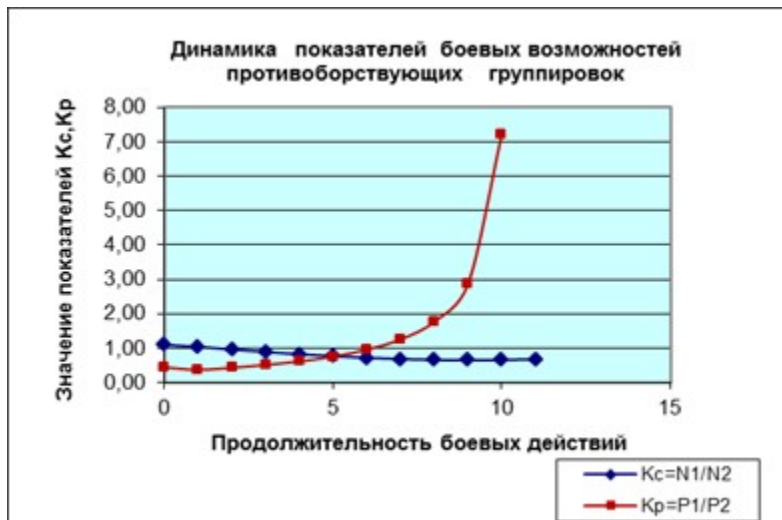


Рисунок 5 – Динамика показателей боевых возможностей противоборствующих группировок

Как видно из рисунка 4, при выбранной стратегии огневого поражения запасы СП стороны В за время боевых действий $t=11$ час. полностью расходуются. Поэтому сторона В хотя и имеет большую численность УС, но оказывается к окончанию боевых действий не боеспособной. Сторона А в этом случае одерживает безусловную победу над противником.

Картина кардинально меняется, если сторона В применяет иное целераспределение своих УС: 50% действуют по УС, 30% – по средствам БУ, 20% – по пунктам МТО. В этом случае запасы СП у стороны В сохраняются вплоть до расчетного момента времени $T_{on}=16$ час. и в среднем превышают запасы стороны А (рисунок 6).

Численность группировки В почти на порядок превышает численность стороны А (рисунок 7), что обеспечивает ей полный разгром противника.

Причина такого резкого изменения результатов противоборства состоит в том, что сторона А изначально имеет меньшее число средств БУ и пунктов хранения запасов СП, что обеспечивает их большую уязвимость по сравнению со стороной В при одинаковой эффективности действия УС. Кроме того, эффективность поражения средств БУ стороны А в 1,5 раза выше, чем у стороны В. Все это приводит к тому, что темп выбытия средств БУ и пунктов МТО у стороны А в ходе боевых действий выше, чем у стороны В (рисунки 8, 9).

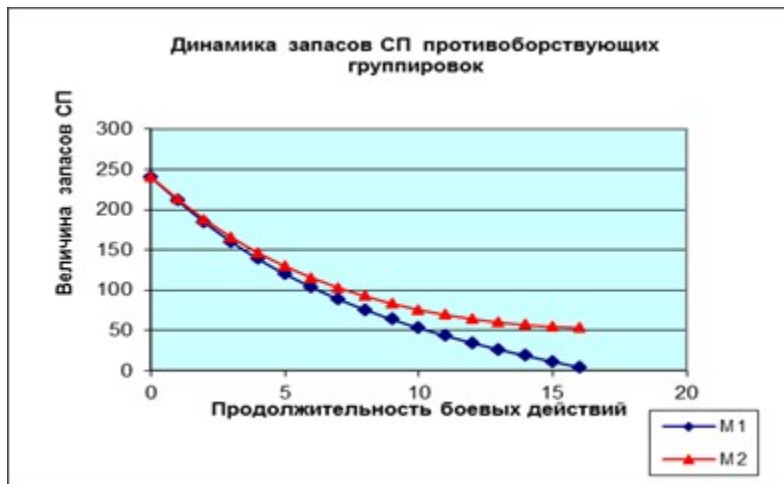


Рисунок 6 – Динамика запасов СП противоборствующих группировок

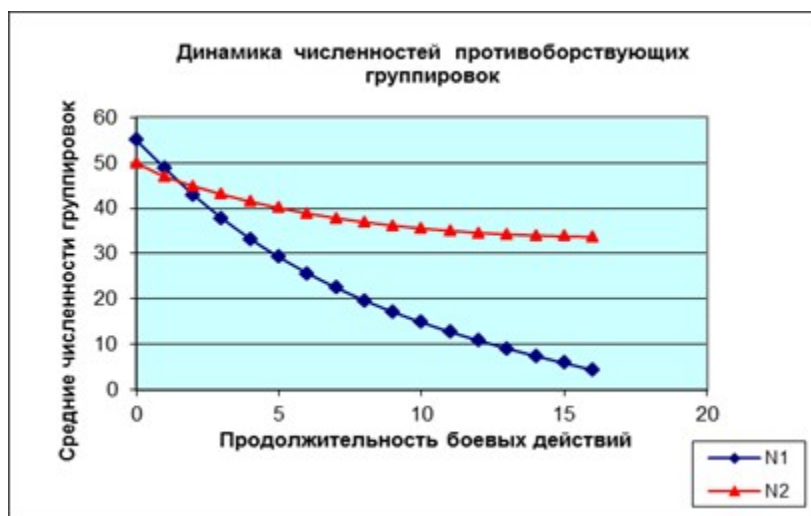


Рисунок 7 – Динамика средних численностей противоборствующих группировок

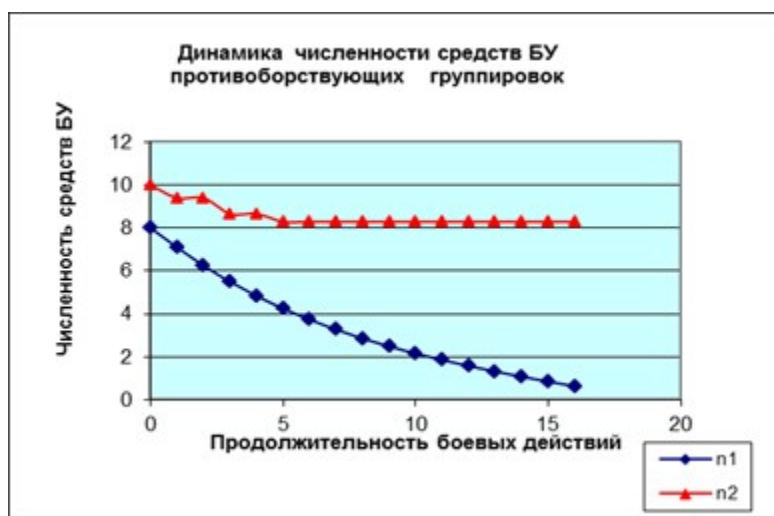


Рисунок 8 – Динамика средней численности средств БУ противоборствующих группировок

Исследования агрегированной модели показывают, что она обладает достаточно высокой чувствительностью к изменению параметров противоборства группировок (их численности, це-

лераспределения и интенсивности огневых воздействий, эффективности поражения объектов и др.), что позволяет использовать ее для сравнительного анализа и оптимизации боевых возможностей группировок различного масштаба в различных сценариях военного противоборства.

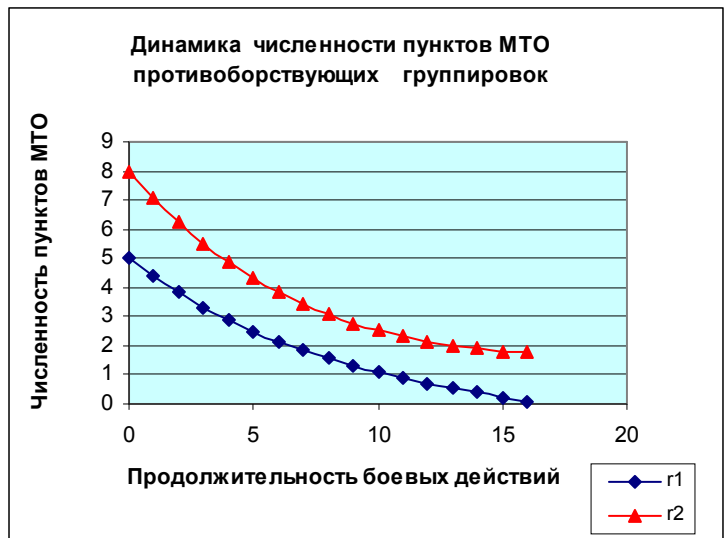


Рисунок 9 – Динамика средней численности пунктов МТО противоборствующих группировок

Построение агрегированной модели для крупномасштабных военных систем типа ОВФ, ОСВФ потребует дальнейшей структурной детализации их функциональных подсистем. Например, разделение УС по сферам их применения, расширение перечня поражаемых объектов военной и гражданской инфраструктуры, большая детализация системы военного управления и МТО группировок войск. В этом случае размерность агрегированной модели будет увеличиваться, но в значительно меньшей степени, чем при традиционном подходе к моделированию.

В заключение данного параграфа отметим, что численность УС в составе ВФ является определяющей характеристикой его боевого потенциала. Однако для применения УС, как правило, необходимы и обеспечивающие средства (транспортные машины, подъемные и заряжающие механизмы, средства разведки, связи и управления, средства технического обслуживания, инженерные средства и др.). Поэтому общая численность ВВТ $N_{ВВТ}$ в составе ВФ равна сумме численности ударных средств $N_{УС}$ и связанных с ними средств обеспечения $N_{ОС}$:

$$N_{ВВТ} = N_{УС} + N_{ОС}.$$

Доля ударных средств в общей численности ВВТ, может служить показателем их автономности:

$$\eta_{УС} = \frac{N_{УС}}{N_{ВВТ}}. \tag{11}$$

Для каждого УС требуется определенный расчет (экипаж), а для средств обеспечения подразделения – соответствующее количество специалистов. Поэтому численности ВВТ и личного состава ВФ связаны между собой и зависят от уровня технического совершенства ВВТ.

Обозначим $L_{БР}$ – численность боевого расчета (экипажа) ТВФ-0, а $L_{ОС}$ – численность специалистов, необходимых для эксплуатации и применения средств обеспечения. Тогда численность личного состава тактического ВФ составит:

$$L_{ЛС} = N_{УС} L_{БР} + L_{ОС}.$$

В зависимости от уровня совершенства обеспечивающих средств изменяется численность потребного для их эксплуатации личного состава. Показателем, характеризующим уровень *тех-*

нического совершенства УС, может служить количество личного состава, необходимого для эксплуатации и применения одного боевого средства:

$$\vartheta_{УС} = \frac{L_{ЛС}}{N_{УС}}. \quad (12)$$

Чем меньше значение этого показателя, тем технически более совершенным является боевое средство. Минимальное значение этого показателя $\vartheta_{УС}=1$ достигается при отсутствии дополнительных средств обеспечения и требуемого для них личного состава ($N_{ОС}=0$; $L_{ОС}=0$), а также при численности расчета $L_{БР}=1$ на все ударные средства. Это означает, что УС обладает наивысшим уровнем технического совершенства. Примером такого рода являются робототехнические средства, управляемые дистанционно одним оператором.

Величина, обратная $\vartheta_{УС}$, при заданной численности ВФ характеризует уровень его *оснащенности* ударными средствами:

$$V_{ВФ} = \frac{1}{\vartheta_{УС}} = \frac{N_{УС}}{L_{ЛС}}. \quad (13)$$

Таким образом, для того, чтобы ВФ имело соответствующий потенциал для решения боевых задач, необходимо наличие определенного количества УС с требуемыми военно-техническими характеристиками, а также личного состава, обеспечивающего его применение. Численность ВВТ и личного состава воинских формирований ВС определяют потребные военные расходы, составляющие предмет рассмотрения следующего параграфа.

2. Военные расходы, потребные для обеспечения боевого потенциала вооруженных сил

Для достижения определенного уровня боевого потенциала ВС необходимо затратить финансовые и материальные ресурсы для оснащения их ВВТ и военным имуществом, создания определенной инфраструктуры, необходимой для обеспечения жизнедеятельности и боевой подготовки личного состава.

Вся совокупность расходов на оснащение и содержание ВС в течение расчетного года составляет военный бюджет ВС, который является частью государственного (федерального) бюджета. Доля военных расходов зависит от многих факторов, основными из которых являются [1, 3, 4]:

- состояние военной безопасности страны;
- наличие демографических и экономических возможностей страны;
- географические особенности страны.

В таблице 1 приведены данные по военным расходам наиболее развитых в военном и экономическом отношении стран блока НАТО [1]. Военные расходы в значительной степени зависят от наличия у стран стратегического ядерного оружия. В таблице 2 приведены данные об уровне расходов на оборону основных стран «ядерного клуба» в 2012 году [2].

Из таблицы 3 видно, что расходы на оборону составляют от 2% до 5% ВВП. При этом доля военного бюджета в бюджете государства может составлять от 15% до 25% [3].

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 остальные – текущие расходы.

Таблица 2 – Военные расходы стран блока НАТО

Основные расходные статьи	Объемы расходов (млрд долл.)						
	США	Англия	ФРГ	Франция	Италия	Турция	Всего НАТО
Расходы на национальную оборону	370,4	43	26,8	45	22,4	11,6	567,9
Текущие расходы							
Обеспечение в/с	95,7	12,4	8,5	12,7	11,5	3,3	161,9
Обеспечение г/п	46,3	4,2	5,2	3,0	1,4	0,8	65,6
Боевая подготовка и МТО	91,9	5,4	5,9	3,0	4,4	2,0	124,0
Всего	233,9	22,0	19,6	19,0	17,3	6,0	352,0
% от общих расходов	63,1	51,2	73,1	42,4	77,2	55,2	61,9
Инвестиционные расходы							
Закупки и ремонт ВВТ	67,9	15,2	4,5	9,3	3,3	4,0	113,6
НИОКР	56,2	4,3	1,1	3,9	0,4	–	66,4
Капитальное строительство	6,0	1,3	–	1,9	0,3	0,2	11,2
Прочие расходы	6,7	0,3	0,8	10,7	1,1	1,0	24,4
Всего	136,8	21,1	6,4	25,8	5,1	5,2	215,6
% от общих расходов	36,9	49,1	23,9	57,3	22,8	44,8	38,1

Таблица 3 – Расходы на оборону стран «ядерного клуба»

Страна	Население, млн чел.	ВВП, млрд долл.	Площадь, млн кв. км	ВНД на душу населения, тыс. долл.	Расходы на оборону в 2011 году, млрд долл.	Процент расходов на оборону от ВВП
Россия	143,26	1857,770	17,08	9,90	51,530	2,8%
США	315,07	15 094,000	9,37	47,39	731,879	4,8%
Великобритания	62,99	2431,589	0,244	38,37	63,567	2,6%
Франция	63,47	2773,032	0,547	42,39	53,44	1,9%
КНР	1355,5	7928,1	9,597	4,27	91,5	1,3%

Военный бюджет $C_{ВБ}$ можно представить в виде суммы четырех составляющих: расходы на создание военной инфраструктуры $C_{ВИ}$, закупку и содержание ВВТ $C_{ВВТ}$, расходы на содержание личного состава $C_{ЛС}$ и расходы на боевую подготовку и МТО войск $C_{БП}$.

В военно-экономическом анализе [2, 3, 4, 20, 21] принимается допущение о пропорциональной зависимости этих расходов от численности ВВТ и личного состава. Так, например, расходы на создание и поддержание военной инфраструктуры (жилые городки, казармы, технические парки, технические позиции, склады, хранилища и пр.) принимаются пропорциональными численности ВВТ и личного состава ВФ. Аналогичное допущение можно принять также для расходов на боевую подготовку войск. С учетом этих допущений выражение для годового военного бюджета можно представить в следующем виде:

$$C_{ВБ} = C_{ВИ} + C_{ВВТ} + C_{ЛС} + C_{БП} = c_N N_{ВВТ} + c_L L_{ЛС}, \quad (14)$$

где c_N – средняя стоимость затрат на закупку и содержание одной единицы ВВТ;

c_L – средняя стоимость затрат на содержание и боевую подготовку одного военнослужащего, которые в свою очередь зависят от военно-технического уровня ВВТ, уровня технической оснащенности инфраструктуры войск, материально-технического обеспечения личного ВФ.

Выражение (14) с помощью переменных $N_{ВВТ}$, $\eta_{УС}$, $L_{ЛС}$ связывает боевой потенциал ВС с военным бюджетом. Увеличение боевого потенциала вооруженных сил с необходимостью требует увеличения военных расходов на его обеспечение. Эта зависимость нелинейная и определяется рассмотренной выше системой уравнений (1)...(14).

Далее рассмотрим прямую и обратную задачи планирования, связанную с определением ключевых параметров ВС – численности ВВТ и потребного личного состава для обеспечения требуемого боевого потенциала или при заданных военных расходах.

3. Прямая и обратная задачи военного планирования

Для решения этих задач приведем полученные выше зависимости, связывающие боевые возможности ВС и расходы на их обеспечение к удобному для расчетов виду. В соответствии с выражением (8) боевой потенциал воинского формирования начиная с ТФВ-3 можно представить в виде:

$$P_{ВФ} = \Delta t \sum_{i=1}^m \alpha_i N_{УС_i} = \sum_{i=1}^m P_{УС_i} N_{УС_i}, \tag{15}$$

где m – число типов БС, необходимых для оснащения данного воинского формирования;

$N_{УС_i}$ – численность УС i -го типа;

$\alpha_i = \sum_{j=1}^h a_{ij}$ – интенсивность поражения объектов противника одним УС i -го типа;

$P_{УС_i} = \Delta t \alpha_i$ – показатель боевого потенциала УС i -го типа;

Δt – расчетный интервал времени.

Для дальнейших рассуждений расчетный интервал времени принимается единичным ($\Delta t = 1$).

Стоимость годовых расходов на оснащение воинского формирования ВВТ и обеспечения его функционирования представим в виде суммы затрат на закупку и содержание ВВТ, содержание и боевую подготовку личного состава:

$$C_{ТВФ} = \sum_{i=1}^m (c_{N_i} N_{ВВТ_i} + c_{L_i} L_{ЛС_i}) = \sum_{i=1}^m C_{ВФ_i}, \tag{16}$$

где $C_{ВФ_i} = c_{N_i} N_{ВВТ_i} + c_{L_i} L_{ЛС_i}$ – годовые расходы на закупку и содержание ВВТ, содержание и боевую подготовку личного состава ВФ, оснащенных определенной номенклатурой ВВТ.

Для упрощения дальнейших выкладок введем относительные переменные $x_{N_i} = \frac{N_{УС_i}}{N_{УС_i}^{\exists}}$,

$x_{L_i} = \frac{L_{ЛС_i}}{L_{ЛС_i}^{\exists}}$, характеризующие численности ВВТ и личного состава относительно эталонного ВФ, и

выразим через них боевой потенциал ВФ и стоимость военных расходов с учетом связи переменных x_N , x_L (12). В результате получаем систему уравнений, связывающую боевой потенциал ВФ со стоимостью расходов на его обеспечение:

$$P_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} P_{УС_i} x_{N_i}; \quad C_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} \left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right) x_{N_i}, \tag{17}$$

где $\mathbf{x}_N = (x_{N_i})_{m \times 1}$ – неотрицательный вектор численностей разнотипных УС в воинском формировании.

3.1. Прямая задача. Требуется определить минимально необходимый уровень расходов для обеспечения требуемого боевого потенциала ВФ $P_{ВФ}^{TP}$:

$$C_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} \left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right) x_{N_i} \rightarrow \min_{x_N}; P_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} P_{УС_i} x_{N_i} \geq P_{ВФ}^{TP}. \quad (18)$$

Сформулированная задача линейного программирования имеет только одно общее ограничение, и, следовательно, имеет не единственное решение. Для численного решения задачи (18) используем аналог метода градиента.

Рассмотрим отношение стоимости расходов $C_{ВФ_i}$ на достижение боевого потенциала ВФ к величине боевого потенциала $P_{ВФ_i}$ при оснащении его i -м типом УС:

$$g_i = \frac{C_{ВФ_i}}{P_{ВФ_i}} = \frac{\left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right)}{P_{УС_i}}. \quad (19)$$

Показатель g_i характеризует удельные затраты на достижение единицы боевого потенциала ВФ и имеет смысл градиента функции затрат $C_{ВФ}(\mathbf{x}_N)$ по боевому потенциалу $P_{ВФ}(\mathbf{x}_N)$. В этом случае решение системы уравнений (18) можно получить при использовании следующего численного алгоритма:

$$x_{N_i}(k) = x_{N_i}(k-1) + \frac{\varepsilon(k)}{g_i}, \quad (i = \overline{1, m}), \quad (20)$$

где $\varepsilon(k)$ – величина k -го шага.

На каждом шаге происходит увеличение численности компоненты ВФ обратно пропорционально удельным затратам на достижение единицы боевого потенциала.

Останов алгоритма осуществляется при достижении равенства $P_{ВФ}(x_N) = P_{ВФ}^P$.

3.2. Обратная задача. Требуется найти максимальное значение боевого потенциала ВФ при заданном уровне расходов:

$$P_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} P_{УС_i} x_{N_i} \rightarrow \max_{x_N}; C_{ВФ}(x_N) = \sum_{i=1}^m N_{УС_i}^{\exists} \left(\frac{c_{N_i}}{\eta_{УС_i}} + c_{L_i} \vartheta_{УС_i} \right) x_{N_i} \leq C_{ВФ}^{Зад}. \quad (21)$$

Решение обратной задачи осуществляется также по алгоритму (20), а останов производится при достижении равенства $C_{ВФ}(x_N) = C_{ВФ}^{Зад}$.

Рассмотрим примеры решения прямой задачи военного планирования.

Пример 2. Известны данные по численности авиационной базы НАТО: $N_{УС}^{\exists} = 70$ ед., $N_{ЛС}^{\exists} = 1400$ ед. Уровень автономности боевых авиационных комплексов НАТО характеризуется показателем $\eta_{УС}^{\exists} = 0,5$, коэффициент их технического совершенства составляет $\vartheta_{УС}^{\exists} = 20$. Годовые затраты на содержание и обеспечение технической эксплуатации единицы авиационной техники и боевой подготовки одного специалиста характеризуются показателями: $c_N = 0,438$ у.е.; $c_L = 0,639$ у.е. Годовые затраты на содержание авиационной базы НАТО в целом составляют $C_{ВФ}^{\exists} = 956$ у.е.

Требуется определить численность авиационной базы X для обеспечения коэффициента боевого потенциала $K_{ВФ} = 1,0$ при известных параметрах авиационной техники $\eta_{УС} = 0,35$; $\vartheta_{УС} = 15$ и затратах на ее содержание, техническую эксплуатацию и боевую подготовку личного

состава $c_N=0,322$ у.е.; $c_L=0,440$ у.е. Коэффициент боевого потенциала авиационных комплексов авиабазы X составляет $K_{BBT} = \frac{P_{YC}}{P_{YC}^э} = 1,2$.

Решение. Для однородного ВФ из равенства:

$$P_{ВФ}(x_N) = N_{YC}^э P_{YC} x_N = P_{ВФ}^э = N_{YC}^э P_{YC}^э$$

следует $x_N = \frac{1}{K_{BBT}} = \frac{1}{1,2} = 0,83$, т. е. численность авиационных комплексов базы X должна составлять $N_{YC} = \frac{70}{1},2 = 58$ ед.

Для их технического обеспечения потребуется следующее количество средств технического обеспечения:

$$N_{YC}^э = N_{YC} \left(\frac{1}{\eta_{YC}} - 1 \right) = 58 \cdot 2,05 = 108 \text{ ед.}$$

Общая численность ВВТ в составе базы X будет равна $N_{BBT} = N_{YC} + N_{OC} = 166$ ед. Общая численность личного состава базы составит $L_{ЛС} = N_{YC} \cdot \vartheta_{YC} = 58 \cdot 15 = 875$ чел. Годовые затраты на содержание авиабазы X составят $C_{ВФ} = 403,8$ у.е.

Пример 3. Пусть в составе авиационной базы НАТО находится два типа авиационной техники. Данные по техническим и стоимостным параметрам авиационной техники, и расходам базы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные по техническим и стоимостным параметрам авиационной техники, и расходам базы

Тип авиационной техники	1	2	Всего
Численность УС авиабазы НАТО	50	25	75
Численность ЛС авиабазы	900	500	1400
Численность ОС авиабазы	50	25	75
Стоимость содержания единицы эталонного УС	0,338	0,458	
Стоимость содержания единицы эталонного ОС	0,120	0,120	
Стоимость содержания единицы ЛС авиабазы	0,639	0,639	
Стоимость содержания авиабазы, млн у.е.	661,9	330,6	992,5
Боевой потенциал авиабазы	1,0	1,0	1,0
Уровень автономности УС X	0,4	0,3	
Уровень технического совершенства УС X	23	23	
Боевой потенциал УС X	0,8	0,9	
Стоимость содержания единицы УС	0,322	0,349	
Стоимость содержания единицы ОС	0,080	0,080	
Стоимость содержания единицы ЛС авиабазы	0,438	0,438	
Численность УС авиабазы X, ед.	56	26	82
Численность личного состава авиабазы X, чел.	1282	593	1876
Стоимость содержания авиабазы X, млн у.е.	580	325	905

Требуется определить оптимальную численность авиабазы X, при которой достигается паритет ее боевого потенциала ($K_{ВФ} = 1,0$) по отношению к авиабазе НАТО.

Решение. По данным таблицы рассчитываем показатели автономности и технического совершенства УС авиабазы НАТО:

$$\eta_{YC1}^э = \frac{N_{YC1}^э}{N_{BBT1}^э} = \frac{50}{50+50} = 0,5; \quad \eta_{YC2}^э = \frac{N_{YC2}^э}{N_{BBT2}^э} = \frac{25}{25+25} = 0,5;$$

$$g_{yc1}^{\text{э}} = \frac{L_{yc1}^{\text{э}}}{N_{yc1}^{\text{э}}} = \frac{900}{50} = 18; \quad g_{yc2}^{\text{э}} = \frac{L_{yc2}^{\text{э}}}{N_{yc2}^{\text{э}}} = \frac{500}{25} = 20.$$

Далее рассчитываем показатели g_1, g_2 по формуле (19):

$$g_1 = 574,8 \text{ у.е.}; \quad g_2 = 321,7 \text{ у.е.}$$

и пошаговое изменение численности БС по алгоритму (20) для достижения $P_{\text{ВФ}}(x_M) \geq 1$. В результате получаем следующие численности БС для авиабазы X:

$$N_{yc1} = 56 \text{ ед.}; \quad N_{yc2} = 26 \text{ ед.}$$

Далее определяем необходимое число обеспечивающих средств:

$$N_{oc1} = N_{yc1} \left(\frac{1}{\eta_{yc1}} - 1 \right) = 56 \cdot 1,5 = 84 \text{ ед.}; \quad N_{oc2} = N_{yc2} \left(\frac{1}{\eta_{yc2}} - 1 \right) = 26 \cdot 1,9 = 48 \text{ ед.}$$

и личного состава в подразделениях:

$$L_{yc1} = g_{yc1} N_{yc1} = 23 \cdot 56 = 1282 \text{ чел.}; \quad L_{yc2} = g_{yc2} N_{yc2} = 23 \cdot 26 = 593 \text{ чел.}$$

Окончательно получаем численность УС авиабазы X:

$$N_{yc} = 82 \text{ ед.}; \quad L_{yc} = 1876 \text{ чел.}$$

Боевой потенциал авиабазы X по отношению к авиабазе НАТО составляет $P_{\text{ВФ}} = 1,01$, а стоимость ее годового содержания $C_{\text{ВФ}} = 905$ у.е.

Заключение

Рассмотренный методологический подход и методический аппарат для его реализации позволяют оценивать боевой потенциал ВФ различного уровня и потребные военные расходы на его обеспечение, тем самым реализуя системную концепцию анализа и синтеза больших военных систем по критерию «эффект-затраты». Разработанный методический аппарат может быть использован в задачах программно-целевого планирования развития системы вооружения с учетом требований по военным расходам и достигаемому боевому потенциалу ВС.

Список использованных источников

1. Военный бюджет государства. Методы обоснования и анализа / Под общ. ред. Г.С. Олейника. – М.: Военное издательство, 2000. – 359 с.
2. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. – М.: Граница, 2013. – 608 с.
3. Воробьев В.В. Финансово-экономическое обеспечение оборонной безопасности России: проблемы и пути решения. – СПб.: СпбГЭиФ, 2003. – 414 с.
4. Останков В.И. Методология военно-экономического обоснования перспективного облика Вооруженных сил Российской Федерации. – М.: ВАГШ, 2013. – 359 с.
5. Чернавский Д.С., Малков С.Ю., Старков Н.И., Коссе Ю.В. Оборонно-промышленный комплекс и развитие экономики России // Стратегическая стабильность. – 2004. – № 1. – С. 37-47.
6. Малков С.Ю., Ковалев В.И., Коссе Ю.В. К вопросу определения оптимальной величины оборонных расходов государства // Стратегическая стабильность. – 2007. – № 2. – С. 67-74.
7. Хрусталева Е.Ю. Концептуальный подход к анализу процессов экономического обеспечения военной безопасности государства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 35.
8. Буравлев А.И. Сколько стоит национальная безопасность: к вопросу о расходах на обеспечение безопасности личности и государства // Вооружение и экономика. – 2015. – № 4 (33).
9. Бабич В.В. О некоторых методологических подходах к определению боевых возможностей войск // Военная мысль. – 2007. – № 3.

10. Нарышкин В.Г. О показателях боевого потенциала воинских формирований // Военная мысль. – 2009. – № 1.
11. Бонин А.С., Горчица Г.И. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований и соотношения сил группировок сторон // Военная мысль. – 2010. – № 4.
12. Морозов Н.А. Теоретические основы качественного анализа больших военных систем. – М.: 27 ЦНИИ МО РФ, 2003. – 357 с.
13. Брезгин В.С., Буравлев А.И. О методологии оценки боевых потенциалов противоборствующих группировок // Военная мысль. – 2010. – № 8.
14. Брезгин В.С., Буравлев А.И. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники и их применение в задачах программно-целевого планирования / В кн. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. Ч. 1, 2; под ред. В.М. Буренка. – М.: Граница, 2013.
15. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В. Ягольников. – Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009. – 262 с.
16. Горчица Г.И., Ищук В.А. Проблемы моделирования в интересах обоснования военного строительства и планирования развития ВВТ // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2013. – № 3 (78).
17. Буравлев А.И., Горшков П.С. К вопросу о построении агрегированной модели противоборства группировок войск // Вооружение и экономика. – 2017. – № 5 (42).
18. Скопец Г.М. Внешнее проектирование авиационных комплексов: Методологические аспекты. – М.: ЛЕНАНД, 2017. – 344 с.
19. Методика оценки боевых потенциалов вооружения и военной техники и войсковых формирований вооруженных сил Российской Федерации и иностранных государств. – М.: ЦВСИ ГШ ВС РФ, 2009.
20. Методы военно-научных исследований систем вооружения / Под общ. ред. В.М. Буренка. – М.: Граница, 2017. – 512 с.
21. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: Учебник. – М.: Военный университет, 2015. – 350 с.

С.А. Бобков, кандидат физико-математических наук

В.Н. Крамаренко, доктор технических наук, профессор

Обоснование структуры методики оценки боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов военного назначения

Статья посвящена разработке методического подхода к оценке боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов военного назначения. На базе анализа существующей методологии по оценке эффективности вооружения и военной техники определен необходимый уровень математических моделей и представительные показатели для оценки боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов специального назначения. Анализ особенностей применения необитаемых подводных аппаратов военного назначения позволил разработать структуру общей методики для оценки боевой и военно-экономической эффективности таких средств, перечень необходимых математических моделей и исходных данных.

В последние два десятилетия за рубежом интенсивно проводятся работы по созданию и внедрению в специальные войска необитаемых подводных аппаратов военного назначения (НПА ВН). Исследуются различные конструктивные схемы и комплектации таких аппаратов, основанных на новейших достижениях науки и техники [1-4]. Задача создания НПА ВН особенно актуальна в настоящее время. Однако для концентрации усилий на приоритетных направлениях развития этого вида военной техники и, соответственно, существенного сокращения временных и финансовых затрат на создание перспективных образцов необходимо разработать и применять комплексную методику оценки боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН. Создание такого методического аппарата позволит обосновать перспективные конструктивные схемы, необходимую комплектацию и рациональные характеристики НПА ВН, а также целесообразные способы их применения.

При создании методик для обоснования перспектив развития вооружения широко используется системный подход, опирающийся на диалектический метод познания [5-15]. Суть этого подхода заключается в анализе внутренних связей, определяющих состояние и характеристики исследуемого образца техники, совместно с анализом внешних связей, в которых исследуемый образец проявляется как некое целое с конкретными свойствами при выполнении определенных функций.

Применительно к разработке средств вооружения проводится анализ влияния следующих факторов на технический облик конкретного образца вооружения [5, 6, 7, 13, 15]:

- характер, формы и особенности боевых действий, в которых применяется образец;
- средства вооружения вероятного противника и способы их применения как с точки зрения воздействия на эти средства, так и с точки зрения воздействия этих средств на исследуемые образцы вооружения;
- достижения науки и техники, а также современных технологий и производства, которые могут быть использованы при создании и производстве исследуемых средств вооружения;
- место исследуемых средств вооружения в общей структуре ВС РФ и взаимодействие их с различными видами и родами войск ВС РФ;

- уровень подготовки и качества личного состава, привлекаемого к боевому применению исследуемых средств вооружения.

Схематично влияние данных факторов на технический облик образца вооружения и, в частности, на образец НПА ВН представлено на рисунке 1.

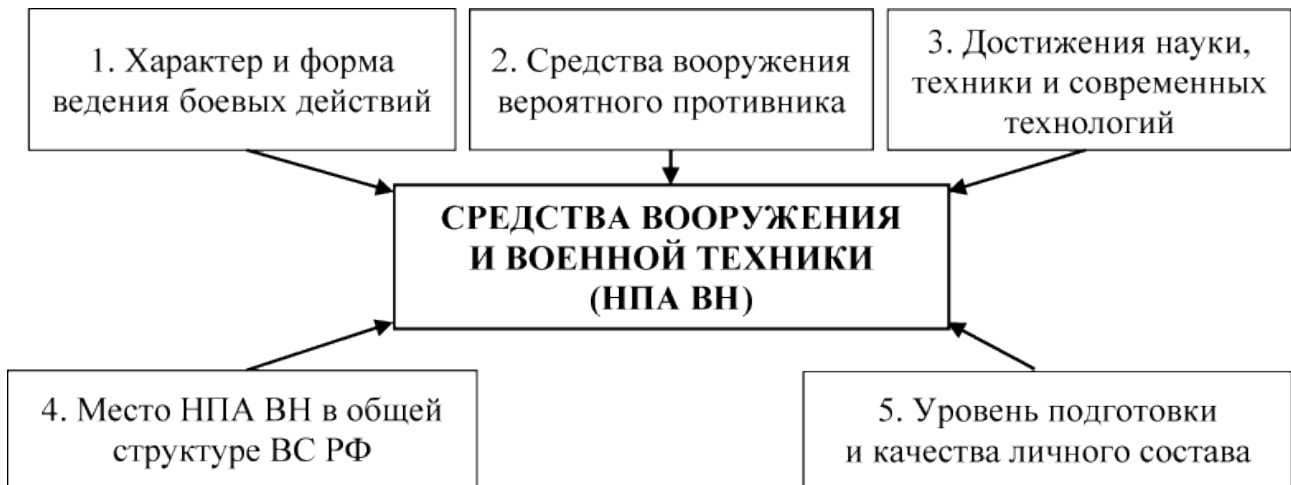


Рисунок 1 – Схема влияния различных факторов на облик образца НПА ВН

Очевидно, что если не учитывать связи хотя бы с одним из этих факторов, будут созданы нежизнеспособные образцы вооружения. В частности, если не учитывать (или не в полной мере учитывать) влияние первых двух факторов, то будут созданы образцы, не позволяющие решить поставленные перед ними боевые задачи. Игнорирование третьей группы факторов приведет к созданию устаревших образцов или образцов, которые очень сложны и дороги в производстве. Непонимание места разрабатываемых НПА ВН в общей системе вооружений может привести к значительным сложностям при их взаимодействии с другими видами вооружений и в итоге к непреодолимым сложностям применения. Учет качеств личного состава, управляющего тем или иным средством, также необходим, потому что без этого любое средство, пусть и самое совершенное, на различных этапах функционирования превращается в груды металла и электроники.

Указанные связи исследуются с помощью подходов и методов исследования операций и теории вероятностей. Общая постановка задач исследования операций, подходы и применяемые методы широко освещены в отечественной и зарубежной литературе [5-15]. Сущность этих методов, используемых для обоснования перспектив развития любого средства вооружения, заключается в следующем:

1. Анализ функционирования средства (системы) вооружения при выполнении им определенной боевой задачи. Уточнение цели проводимого исследования.
2. Выбор показателей эффективности функционирования этого средства и критериев оценки его эффективности.
3. Построение математических моделей функционирования исследуемого средства, позволяющих определять конкретные значения показателей эффективности.
4. Сбор или определение исходных данных о конструкции и условиях функционирования средства, необходимых для проведения расчетов по созданным моделям.
5. Проведение расчетов и обоснование рациональных (оптимальных) характеристик систем вооружения.

При разработке методик оценки боевой и военно-экономической эффективности такой подход применяется на различных уровнях оценки эффективности средств вооружений. Уро-

вень оценки эффективности определяется масштабом явлений, на фоне которых рассматривается функционирование конкретного средства вооружения.

Первый (наиболее низкий) уровень – это рассмотрение функционирования средства вооружения при реализации им своей целевой функции применительно к средству вооружения противника (поражение конкретной цели, прибытие в определенную точку, обнаружение конкретного объекта и т. д.).

Второй уровень – это рассмотрение функционирования средства вооружения при выполнении им условий типовой задачи, как правило, без учета взаимодействия с другими средствами вооружения ВС РФ и противника.

Третий уровень – это рассмотрение исследуемого средства вооружения при решении с его помощью типовых задач с учетом противодействия противника, элементов взаимодействия с другими средствами вооружения ВС РФ, тактики действий подразделений ВС РФ и противника, влияния климатических, гидрофизических и гидрологических особенностей театра военных действий на выполнение типовой задачи.

Четвертый уровень – это рассмотрение функционирования средства вооружения на фоне боевой операции (любого масштаба) с учетом взаимодействия различных видов и родов войск, связей между ними, работы тыловых служб, а также противодействия противника в масштабе этих операций.

Как правило, для оценки рациональной номенклатуры конкретного вида средств вооружения и обоснования их характеристик достаточно рассмотреть функционирование средства вооружения на третьем уровне. На более высоком уровне рассмотрение задачи по обоснованию конкретных характеристик средства вооружения нецелесообразно, поскольку математические модели громоздки и трудоемки, а исследуемое средство вооружения будет сложно выделить среди множества других средств, исследуемых в моделях боевой эффективности более высокого уровня. Такие модели целесообразно применять при обосновании комплекса разнородных средств вооружения для войсковых соединений и объединений.

Для учета экономических аспектов создания и применения средств вооружения в каждый из уровней включаются экономические модели, которые позволяют рассчитать финансовые затраты. На первом уровне – это затраты на разработку, испытание и производство средства вооружения. На втором и на третьем уровнях – это затраты на эксплуатацию, а также затраты, связанные с потерей средства вооружения в результате выполнения им боевой задачи.

Используя анализ современных взглядов на использование подразделений специальных войск, на особенности применения НПА ВН, а также учитывая изложенные выше методические подходы, была разработана общая структура комплекса методик, необходимых для оценки боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН.

На рисунке 2 приведена общая структура комплекса методик оценки боевой и военно-экономической эффективности, позволяющих обосновать как необходимый технический облик НПА ВН (тип средства), так и его рациональные характеристики. Красным цветом выделены методики и модели оценки эффективности действия и боевой эффективности разрабатываемых НПА ВН, синим отмечены методики и модели, которые определяют параметры воздействия средств вооружения противника на НПА ВН в процессе их боевого применения, а желтым цветом выделены методики и модели экономического блока.

Методики выполнены таким образом, что показатели эффективности, получаемые на нижнем уровне, входят в качестве исходной информации в состав моделей более высокого уровня. В результате создается единая система взаимосвязанных моделей и методик, позволяющая определить значения показателей боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН.

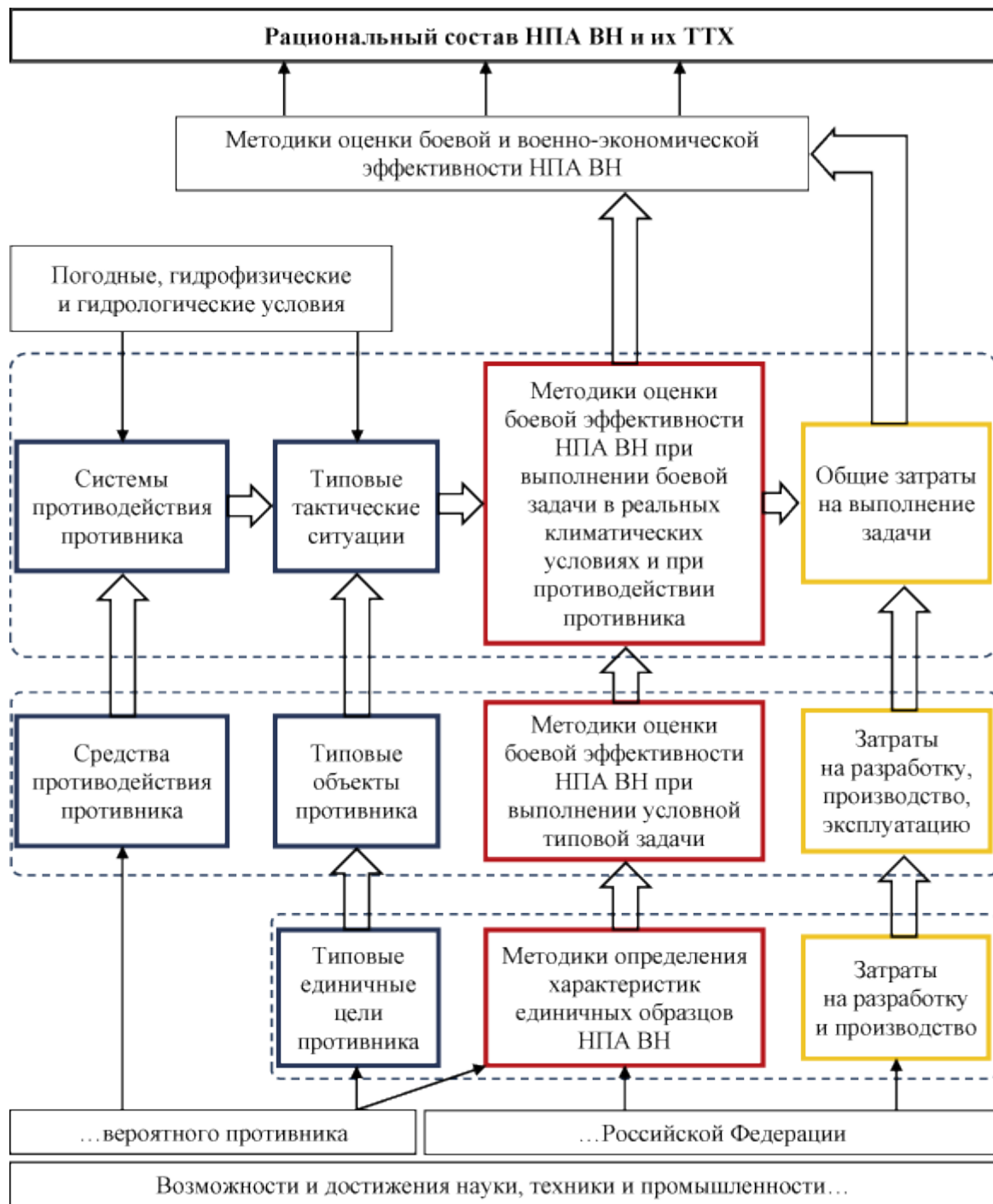


Рисунок 2 – Общая структура комплекса методик оценки боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН

Анализ показателей эффективности различных НПА ВН, в том числе перспективных, позволит обосновать необходимые типы этих аппаратов, рациональные конструктивные решения, используемые при их проектировании и эксплуатации, а также тактико-технические характеристики НПА ВН.

Общепринятыми считаются следующие показатели для оценки эффективности перспективных средств вооружения [6-9, 12-15]:

1. Для оценки боевой эффективности – вероятность выполнения боевой задачи или математическое ожидание необходимого количества средств вооружений для выполнения боевой задачи.
2. Для оценки военно-экономической эффективности – стоимость выполнения боевой задачи.

Иногда применяются различные комбинации из этих показателей, однако они носят условный характер, имеют ограничения по применению и не всегда отражают смысл явлений.

Учитывая задачи, стоящие перед НПА ВН, а также особенности их применения в качестве основного критерия для оценки эффективности НПА ВН, целесообразно принять вероятность выполнения НПА ВН боевой задачи. В качестве дополнительного критерия целесообразно рассматривать стоимость выполнения НПА ВН боевой задачи. При этом возможно установление ограничений по дополнительному критерию.

При оценке эффективности боевого применения НПА ВН процесс функционирования различных типов этих аппаратов можно представить в виде условного сценария, который состоит из следующих этапов:

1. Доставка НПА ВН в исходный район для выполнения боевой задачи.
2. Выдвижение НПА ВН в надводном или подводном положении до рубежа начала функционирования.
3. Выдвижение НПА ВН в подводном положении до района выполнения боевой задачи.
4. Обнаружение объекта противника или определение координат точки начала работы с объектом.
5. Выполнение собственно боевой задачи.
6. Движение НПА ВН от места выполнения боевой задачи до места встречи с носителем.
7. Встреча с носителем и обеспечение взаимодействия с ним.
8. Восстановление боеспособности НПА ВН для выполнения новой задачи.

Применительно к различным типам НПА ВН количество этапов функционирования может быть разным в зависимости от возможностей и особенностей боевого применения аппаратов. Этап 5 – выполнение боевой задачи – присутствует всегда и, что наиболее вероятно, имеет как минимум несколько вариантов (разведка, установка минно-взрывных заграждений, доставка грузов и боевых пловцов-диверсантов в необходимое место и др.), а также множество вариаций в зависимости от боевой задачи.

Каждый из этапов функционирования НПА ВН имеет отличительные особенности и может быть завершен успешно или неудачно. Поскольку на успешное завершение каждого этапа влияет множество определенных и неопределенных факторов, оценивать состояние НПА ВН после завершения каждого из этапов целесообразно с помощью вероятности наступления события, при котором аппарат может перейти к следующему этапу цикла боевого применения.

Положительным итогом функционирования НПА ВН на любом этапе, кроме этапа выполнения боевой задачи, можно считать отсутствие факта обнаружения аппарата системами разведки противника и отсутствие факта его задержания.

Таким образом, состояние НПА ВН на каждом этапе следует характеризовать вероятностью положительного исхода для i -го этапа P_i .

Вероятность P_i для каждого из этапов функционирования, связанных с выдвижением НПА ВН и возвращением его на носитель, будет определяться двумя показателями: вероятностью обнаружения аппарата средствами разведки противника P_{iO} и вероятностью его задержания силами противника P_{iB} . Показатель P_{iO} будет зависеть от различных характеристик НПА ВН (размеры, скорость движения, запас хода, заметность в различных физических полях, глубина погружения и т. д.); от систем охраны побережья или объекта и от применяемых средств разведки противника (структура и схема применения различных средств разведки, их характеристики и т. д.); от погодных условий, гидрологических и гидрофизических характеристик места выполнения боевой задачи (день, ночь, волнение моря, глубина шельфа у берега, рельеф дна, соленость и мутность

воды и т. д.). Факт задержания средства может быть осуществлен либо при повреждении или уничтожении НПА ВН, либо при его механической остановке. Вероятность задержания НПА ВН силами противника будет также зависеть от характеристик аппарата, технического оснащения средств противника и взаимодействия средств разведки и средств задержания противника.

Определение этих показателей является самостоятельной сложной задачей. Для их расчета разрабатывались отдельные математические модели.

На каждом i -м этапе НПА ВН может быть обнаружен или не обнаружен и в случае его обнаружения может быть задержан или нет. Если НПА ВН не будет обнаружен или обнаружен, но не задержан, то он завершит функционирование на i -м этапе с положительным исходом. Вероятность этого события определяется выражением:

$$P_i = (1 - P_{i0}) + P_{i0}(1 - P_{i3}), \quad (1)$$

или

$$P_i = 1 - P_{i0} P_{i3}. \quad (2)$$

Для оценки эффективности боевого применения конкретного НПА ВН необходимо определить вероятность положительного итога его функционирования по результатам на каждом этапе.

Учитывая, что каждый последующий этап может быть положительно завершён только при положительном завершении предыдущих этапов функционирования, вероятность выполнения боевой задачи НПА ВН определяется выражением:

$$P_{зад} = \left[\prod_{(i=1)}^n (1 - P_{i0} P_{i3}) \right] P_{ТЗ}, \quad (3)$$

где $P_{ТЗ}$ – вероятность выполнения боевой задачи в случае нахождения НПА ВН в точке начала работ по выполнению боевой задачи;

n – количество этапов выполнения средством боевой задачи;

P_{i0} – вероятность обнаружения НПА ВН на i -м этапе функционирования;

P_{i3} – вероятность задержания средства на i -м этапе.

Вероятность выполнения задачи $P_{ТЗ}$ зависит от варианта боевой задачи и ее вариации. Для расчета значений этого показателя создана самостоятельная группа математических моделей, каждая из которых соответствует конкретной вариации боевой задачи.

В зависимости от поставленной задачи возвращение НПА ВН на носитель может иметь решающее значение (доставка разведданных и пловцов на носитель), но может и не определять результаты проведенной операции. Поэтому окончательно вероятность выполнения боевой задачи НПА ВН может быть определена выражением:

$$P_{зад} = \begin{cases} P_{ТЗ} \left[\prod_{(i=1)}^n (1 - P_{i0} P_{i3}) \right] & \text{– для невозвращаемых;} \\ P_{ТЗ} \left[\prod_{(i=1)}^n (1 - P_{i0} P_{i3}) \cdot \prod_{(i=n+1)}^l (1 - P_{i0} P_{i3}) \right] & \text{– для возвращаемых,} \end{cases} \quad (4)$$

где n – число этапов функционирования до непосредственного выполнения задачи;

l – общее число этапов функционирования средства в полном цикле.

Учитывая, что современные средства вооружения имеют очень сложные структурные схемы и конструктивное использование, на эффективность боевого применения может существенно влиять надежность функционирования всех структурных систем НПА ВН. Для средств вооружения, которые изготавливаются ограниченными партиями, в силу их уникальности этот фактор может иметь существенное влияние. НПА ВН относятся к группе уникальных аппаратов, использующих последние достижения науки и техники. Поэтому при оценке эффективности выполнения боевых задач НПА ВН необходимо учитывать надежность их функционирования, которая

может характеризоваться вероятностью безотказной работы за период боевого применения при выполнении боевой задачи. Этот показатель определяется либо расчетным путем, либо по результатам испытаний опытных образцов НПА ВН и обозначается как P_H .

Окончательно выражение для расчета показателя оценки боевой эффективности НПА ВН при выполнении j -й боевой задачи будет выглядеть следующим образом:

$$P_{БПj} = \begin{cases} P_H P_{БЗj} \left[\prod_{(i=1)}^n (1 - P_{iO} P_{iЗ}) \right]; \\ P_H P_{БЗj} \left[\prod_{(i=1)}^n (1 - P_{iO} P_{iЗ}) \cdot \prod_{(i=n)}^l (1 - P_{iO} P_{iЗ}) \right], \end{cases} \quad (5)$$

где верхнее выражение – для задач, не требующих возвращения НПА ВН на носитель, а нижнее выражение – для задач, требующих полного цикла функционирования НПА ВН.

Показатель военно-экономической эффективности НПА ВН может быть определен на базе показателя боевой эффективности с учетом стоимостных показателей НПА ВН и их носителей:

$$C_{БЗ} = N \cdot C_{УС}, \quad (6)$$

где $C_{БЗ}$ – стоимость выполнения боевой задачи;

N – количество НПА ВН, необходимое для выполнения боевой задачи;

$C_{УС}$ – условные финансовые затраты, которые возникнут при применении одного НПА ВН.

Условные финансовые затраты на применение одного НПА ВН при выполнении боевой задачи определяются выражением:

$$C_{УС} = C_C \cdot (1 - P_{БПj}) + C_{ЭС} + \frac{C_{ЭН}}{m}, \quad (7)$$

где m – количество специальных средств, размещаемых на носителе;

C_C – стоимость исследуемого НПА ВН на период применения;

$P_{БПj}$ – вероятность выполнения j -й боевой задачи НПА ВН;

$C_{ЭС}$ – эксплуатационные затраты на НПА ВН, отнесенные к выполнению боевой задачи;

$C_{ЭН}$ – эксплуатационные затраты на носитель, отнесенные к выполнению боевой задачи НПА ВН.

Для расчета стоимостных показателей, входящих в выражение (7) и определяющих критерий военно-экономической оценки, также разработана самостоятельная группа математических моделей.

Выводы

Таким образом, в настоящей статье на основе анализа существующих методических подходов к обоснованию перспектив развития средств вооружения, а также изучения особенностей разработки и боевого применения НПА ВН обоснованы:

1. Общая структура методики оценки боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН.
2. Показатели для оценки боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН, а также математические зависимости для расчета этих показателей.
3. Перечень групп математических моделей, необходимых для расчета промежуточных показателей эффективности НПА ВН.

Полученные результаты позволяют системно подойти к разработке всего комплекса математических моделей, обеспечивающих создание общей методики оценки боевой и военно-экономической эффективности НПА ВН. Применение этой методики позволит научно обосновать перспективные направления развития НПА ВН, а также способы и приемы их боевого применения.

Список использованных источников

1. Красильников Р.В. Системы борьбы с необитаемыми аппаратами – асимметричный ответ на угрозы XXI века. – СПб.: «ИНФО-да», 2013. – 106 с.
2. Илларионов Г.Ю., Сиденко К.С., Сидоренков В.В. Подводные работы в минной войне. – Калининград: Янтарный спад, 2008. – 116 с.
3. Федоров В., Иванов И. Подводные средства доставки сил специальных операций ВМС зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. – 2012. – № 12. – С. 76-80.
4. Федоров В., Иванов И. Подводные средства доставки сил специальных операций ВМС зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. – 2013. – № 4. – С. 84-88.
5. Чуев Ю.В., Мельников П.М. Основы исследования операций в военном деле / Под ред. Ю.В. Чуева. – М.: Советское радио, 1965. – 591 с.
6. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. – М.: Воениздат, 1970. – 255 с.
7. Морз Ф.М., Кимбелл Д.Е. Методы исследования операций. – М.: Советское радио, 1956. – 307 с.
8. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. – М.: Советское радио, 1964. – 387 с.
9. Вентцель Е.С. Исследования операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
10. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
11. Моисеев Н.Н. Современное состояние теории исследования операций. – М.: Наука, 1979. – 150 с.
12. Мильграмм Ю.Г. Исследования операций и алгоритмизация боевых действий. – М.: ВИА им. Н.Е. Жуковского, 1968. – 460 с.
13. Сенюков А.В., Федорин В.Н. Пособие по военно-экономическому анализу инженерного вооружения. Кн. 1. Теоретические основы. – М.: Воениздат, 1976. – 231 с.
14. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
15. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники / Под ред. В.М. Буренка. – СПб.: ВАТТ, 2011. – 142 с.

Д.М. Бывших, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
С.Г. Зеленская, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник
Ю.Н. Ярыгин, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Методика сравнительного анализа отечественных и зарубежных технологий создания радиоэлектронной техники военного назначения

Предлагается методика сравнительного анализа уровня развития отечественных и зарубежных технологий создания радиоэлектронной техники военного назначения, основанная на построении и анализе иерархической структуры показателей эффективности этих технологий. Обоснована структура показателей. Разработано оригинальное программное обеспечение, позволяющее в значительной степени сократить трудоемкость расчетов.

Одним из этапов обоснования перспектив развития базовых военных и критических технологий создания радиоэлектронной техники (РЭТ) военного назначения (ВН) является сравнительный анализ динамики и тенденций отечественных и зарубежных технологий [1-4]. Однако такой анализ проводился ранее преимущественно на качественном уровне. Актуальность разработки методики обусловлена потребностью обоснования перспектив развития технологий создания РЭТ ВН на основе результатов количественного сравнительного анализа отечественных и зарубежных технологий и выявления рациональных направлений развития отечественных технологий создания РЭТ ВН [5, 6]. Например, для техники радиоэлектронной борьбы (РЭБ) характерно разнообразие применяемых технологий создания и применения [7]. Это обусловлено широким спектром выполняемых задач РЭБ, конструктивными особенностями (по размещению на различных носителях, исполнению, уровню интеграции с другими радиоэлектронными комплексами), различным техническим уровнем образцов (средства, комплексы, системы РЭБ), необходимостью обеспечения живучести, защищенности от различных поражающих факторов и т. д. При больших объемах анализируемой исходной информации качественные оценки становятся малоэффективными, что обуславливает необходимость разработки количественного метода анализа.

Цель методики заключается в выявлении «узких» мест в развитии отечественных технологий создания РЭТ ВН и научном обосновании целесообразности проведения исследований и разработок в области технологий РЭТ ВН по направлениям, считающимся актуальными и перспективными за рубежом.

Под технологией создания РЭТ ВН будем понимать совокупность знаний и документированных данных о принципах, приемах, технических и конструктивных решениях создания и способах применения РЭТ ВН [6, 8].

Методика применяется на этапе разработки предложений в Программу развития базовых военных и критических технологий в области создания РЭТ ВН [2, 9-11]. В общем «для формирования перечня... (технологий)... решается задача многокритериального коллективного оценивания технологий» [2, с. 26]. В частности, в рамках предлагаемой методики отечественные и зарубежные технологии РЭТ ВН сравниваются по комплексу показателей [12, 13], которые, в свою очередь, оцениваются на относительную важность для последующего учета их весомости с целью наиболее адекватной сравнительной оценки. В зависимости от целей проводимого срав-

нительного анализа [14-19] методика позволяет оценивать как современный уровень развития технологий РЭТ ВН, так и уровень, ожидаемый в результате проведения предлагаемых к постановке НИОКР в интересах развития технологий.

В методике последовательно решаются задачи построения иерархической структуры показателей важности технологий РЭТ ВН, оценки их весомости, оценки уровня развития технологии по предложенным показателям и расчета обобщенного показателя «превосходства» уровня развития отечественной технологии РЭТ ВН относительно зарубежной [1].

Иерархическая структура показателей представлена на рисунке 1. Состав показателей приведен в таблице 1. Используемые вербально-цифровые шкалы представлены в работах [14, 19-21].



Рисунок 1 – Иерархическая структура показателей

Обобщенный алгоритм решения задачи заключается в следующем [20]: формируется иерархическая структура показателей важности технологий РЭТ ВН, уточняется характер взаимодействия между показателями важности (рисунок 1); проводятся экспертные оценки относительной важности показателей. Формируется матрица попарных сравнений показателей важности; рассчитываются коэффициенты относительной важности показателей; оцениваются уровни развития технологии в РФ и за рубежом с использованием предложенных вербально-цифровых шкал значений показателей; рассчитывается значение обобщенного показателя «превосходства» уровня развития технологии в РФ относительно зарубежного.

Процедура оценки относительной важности методом анализа иерархий достаточно полно описана в открытой литературе и приведение ее в рамках настоящей статьи нецелесообразно. В методике используется универсальная шкала Саати [21], используемая при сравнении показателей (уровни иерархии 2-4) по их вкладу в показатель ближайшего верхнего уровня. Для сравнения технологий используются специализированные шкалы [14, 19, 22].

При использовании таких шкал в матрицах выбираются значения, соответствующие отечественной и зарубежной технологии. Например, уровень развития некоторой гипотетической тех-

нологии в аспекте разработок, результаты которых могут быть использованы в различных системах РЭТ ВН и другого вооружения, военной и специальной техники, оценивается как 7, для зарубежных – 5 (возможные значения от 1 до 9).

Таблица 1 – Перечень показателей и рассчитанные значения коэффициентов их относительной важности

Уровень иерархии	Показатель	Значение коэффициента
1	Обобщенный показатель важности	1,00
2	Показатель эффективности	0,877
	Показатель реализуемости	0,123
3	Боевая эффективность	0,336
	Эксплуатационные качества	0,072
	Военно-экономическая целесообразность	0,061
	Коммерческий потенциал	0,03
	Научно-техническая реализуемость	0,206
	Технологическая реализуемость	0,135
	Реализуемость по ресурсам	0,12
	Временная реализуемость	0,04
4	Практическая значимость технологии в аспекте возможности применения в различных системах вооружений	0,115
	Возможность военно-технических «прорывов», т. е. обеспечения качественного прироста эффективности или создания новых способов и методов вооруженной борьбы в области РЭТ ВН, повышения живучести, эксплуатационных и эргономических показателей	0,196
	Научно-технический уровень – новизна (нет аналогов, или развитие известных подходов, качественно меняющих эффективность, или улучшение ТТХ, или новое применение известных образцов)	0,145
	Уровень развития научно-технического и технологического задела	0,085
	Возможности «двойной» реализации (в том числе и в гражданской сфере)	0,076
	Степень поддержки научно-технической базы (Е6)	0,051
	Уровни ТТХ	0,091
	Уровень готовности разработок по технологии для практической реализации	0,069
	Потенциал модернизации	0,029
	Экспортный потенциал	0,025
	Обеспеченность научно-техническим заделом (НТЗ)	0,023
	Обеспеченность материальными ресурсами	0,012
	Обеспеченность научно-техническими и трудовыми ресурсами	0,013
	Обоснованность содержания работ	0,007
	Обоснованность продолжительности работ и сроков их выполнения	0,022
	Обеспеченность материалами и комплектующими (R6)	0,009
	Обеспеченность по возможностям научно-производственных баз	0,010
	Соответствие тематики НИОКР специализации исполнителей	0,016
Обеспеченность по кооперации	0,006	

Далее для сформированных матриц в соответствии с известными вычислительными процедурами алгебры матриц определяются собственные векторы матриц попарных сравнений, соответствующие их максимальным собственным значениям. Координаты этих собственных векторов и есть значения важности элементов одного уровня по отношению к элементам (элементу) ближайшего верхнего уровня, т. е. числовые значения коэффициентов относительной важности. Алгоритм расчета коэффициентов относительной важности реализован на ПЭВМ [23].

Расчетное соотношение для оценки показателя «превосходства» уровня развития технологии имеет вид:

$$P = \eta \sum_{i=1}^l w_i (Y_i^o - Y_i^z), \quad (1)$$

где P – показатель «превосходства» уровня развития технологии относительно зарубежного;

w_i – относительная важность i -го показателя, рассчитанная в соответствии с [21];

Y_i^o, Y_i^z – оценки уровней развития отечественной и зарубежной технологии РЭТ ВН соответственно по i -му показателю;

l – число показателей, по которым сравниваются технологии ($l=19$);

η – нормировочный коэффициент, здесь $\eta = \frac{1}{9-1} = 0,125$, поскольку интервал возможных значений оценки уровня развития технологий лежит в пределах от 1 до 9.

Значение показателя P изменяется в пределах от -1 до 1 , положительно при превосходстве уровня отечественной технологии и отрицательно при отставании. Значение близкое к нулю означает паритет. При значении показателя -1 можно говорить о критическом отставании в развитии технологии.

В качестве исходных данных используется информация о мероприятиях (ведущихся и планируемых фундаментальных и поисковых исследованиях, научно-исследовательских работах и опытно-конструкторских разработках) в интересах развития технологии. Кроме того, используется доступная информация о возможностях и специализации предполагаемых исполнителей работ и информация о накопленном научно-техническом и технологическом заделе, включая образцы РЭТ ВН, их ТТХ, новейших достижениях в способах применения образцов РЭТ ВН. На основе этой информации эксперты заполняют матрицы попарных сравнений. При двух экспертах и более экспертные оценки усредняются. Отсутствие информации для оценки какого-либо частного показателя не является критичным, в этом случае считается, что они имеют одинаковую значимость и для обоих попарно сравниваемых показателей в качестве оценки в матрице попарных сравнений выставляется 1 («одинаковая значимость»). При сравнении уровня технологии и отсутствии необходимой информации проставляются равные значения для отечественного и зарубежного уровня. Результаты расчетов могут уточняться по мере накопления необходимых исходных данных.

Выходными данными являются значение обобщенного показателя «превосходства».

Пример расчета. В качестве гипотетического примера проведем сравнительный анализ существующего уровня развития технологии создания и применения средств помех системам радиосвязи (отечественных и зарубежных).

На основе доступной информации экспертами заполняются матрицы попарных сравнений и вычисляются коэффициенты относительной важности на каждом уровне иерархии.

Шаг 1. Сравниваются показатели эффективности и реализуемости. Пусть экспертами принято, что предпочтение эффективности перед реализуемостью очень сильно. Матрица попарных сравнений примет следующий вид (таблица 2).

Таблица 2 – Пример матрицы попарных сравнений

	Показатель эффективности	Показатель реализуемости
Показатель эффективности	1	7
Показатель реализуемости	0,14	1

Определяем собственный вектор (коэффициенты относительной важности) для рассматриваемых показателей одним из методов, приведенных в [21] (таблица 3).

Таблица 3 – Пример нахождения относительной важности

	Элементы матрицы		Произведение элементов	Квадратный корень из произведения	Относительная важность
	Показатель эффективности	Показатель реализуемости			
Показатель эффективности	1	7	1·7=7	2,65	2,65/3,02= 0,877
Показатель реализуемости	0,14	1	0,14·1=0,14	0,37	0,37/3,02= 0,123
Сумма				3,02	1,00

Рассчитанные коэффициенты относительной важности на верхнем уровне иерархии равны 0,877 для эффективности и 0,123 для реализуемости.

Шаги 2, 3. Аналогично рассчитываются коэффициенты относительной важности других показателей на втором и третьем уровне иерархии. Для их расчета используем прикладную программу для ПЭВМ¹. Результаты оценки относительной важности показателей приведены в таблице 1.

Шаг 4. Определяем количественные оценки уровней развития технологии у нас и за рубежом. В качестве примера приведем шкалу для оценки показателя «Уровни ТТХ» (таблица 1). Выбираем значение 5 для отечественной технологии и 1 – для зарубежной.

Таблица 4 – Шкала для количественных сравнительных оценок «уровней ТТХ» [14]

Оценка	Определение	Y_i^o	Y_i^z
1	Критическое отставание от мирового уровня		+
3	Отставание от мирового уровня по всем основным ТТХ		
5	Порядка 50% основных ТТХ соответствуют мировому уровню	+	
9	Уровни основных ТТХ соответствуют мировым уровням		

Шаг 5. Оцениваем уровни развития технологий. Последовательно рассчитываем $Y_i^o - Y_i^z$, $w_i(Y_i^o - Y_i^z)$, $\sum_{i=1}^I w_i(Y_i^o - Y_i^z)$ (таблица 5). Определяем значение P .

Таблица 5 – Результаты оценки показателя «превосходства»

Показатель	w_i	Y_i^o	Y_i^z	$w_i(Y_i^o - Y_i^z)$
1	2	3	4	5
Практическая значимость технологии...	0,115	7	5	0,23
Возможность военно-технических «прорывов»...	0,196	7	7	0
Научно-технический уровень...	0,145	7	9	-0,29
Уровень развития научно-технического и технологического задела	0,085	9	7	0,170
Возможности «двойной» реализации	0,076	5	3	0,152
Степень поддержки научно-технической базы	0,051	9	3	0,306
Уровни ТТХ	0,091	5	1	0,240
Уровень готовности разработок для практической реализации	0,069	5	7	-0,138
Потенциал модернизации	0,029	9	5	0,116
Экспортный потенциал	0,025	7	7	0,000
Обеспеченность научно-техническим заделом	0,023	9	7	0,046
Обеспеченность материальными ресурсами	0,012	7	7	0,000

1 Орлов В.А., Аносов Р.С., Боев А.С., Бывших Д.М. Программа определения приоритетности технологий РЭБ // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662384.

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5
Обеспеченность научно-техническими и трудовыми ресурсами	0,013	7	5	0,026
Обоснованность содержания работ	0,007	7	5	0,014
Обоснованность продолжительности работ и сроков их выполнения	0,022	5	5	0,000
Обеспеченность материалами и комплектующими	0,009	5	7	-0,018
Обеспеченность по возможностям научно-производственных баз	0,010	9	9	0,000
Соответствие тематики НИОКР специализации исполнителей	0,016	9	7	0,032
Обеспеченность по кооперации	0,006	9	3	0,036
$\sum_{i=1}^I w_i (Y_i^o - Y_i^z) = 0,922$				
$P = \eta \sum_{i=1}^I w_i (Y_i^o - Y_i^z) \approx 0,115 \text{ (незначительное превосходство)}$				

По предлагаемой методике авторами на основе данных ряда работ [24-28] проведен обобщенный сравнительный анализ отечественных и зарубежных технологий в области радиоэлектроники, являющихся базовыми для создания техники РЭТ ВН. Проведены оценки состояния технологий на 2010 год и сделан прогноз их развития на 2027 год с учетом содержания перспективных планов развития радиоэлектроники в РФ¹ и динамики развития зарубежных технологий [29-32]. Результаты приведены на рисунке 2.

Таким образом, предложенная методика сравнительного анализа отечественных и зарубежных технологий в области разработки и производства техники РЭТ ВН в отличие от ранее применявшихся позволяет:

- проводить сравнительный анализ технологий РЭТ ВН на количественной основе и тем самым удовлетворить потребности разработчиков отечественной техники РЭТ ВН в возможности применять адекватный инструмент оценки технологического совершенства создаваемых образцов, а, следовательно, и степени соответствия имеющейся технологической базы мировому уровню;
- выявлять «узкие места» в развитии отечественных технологий в области разработки и производства техники РЭТ ВН, причины возможного отставания от мирового уровня развития аналогичных технологий. Преодоление этих причин ускорит инновационное развитие техники РЭТ ВН по направлениям, считающимся актуальными и перспективными как в РФ, так и за рубежом;
- определять с учетом возможностей научно-технической и производственной базы рациональную совокупность мероприятий в интересах технологий РЭТ ВН [2, 3], реализация которых позволит достичь паритета в уровне развития этих технологий с ведущими зарубежными странами или превзойти этот уровень по наиболее важным направлениям;
- заблаговременно создавать в органах управления Минобороны и организациях оборонно-промышленного комплекса системы поддержки принятия решений (нормативно-расчетную

1 Стратегия развития электронной отрасли России до 2025 года (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 7 августа 2007 г. № 311) // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_99457 (дата обращения: 07.12.2018); Государственная программа Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 329) // http://www.sovel.org/images/upload/ru/1220/gosprogramma_rep_novaya_redakciy_0ktyabr2015.pdf (дата обращения: 07.12.2018); Федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008-2015 годы (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 26 апреля 2007 г. № 809) // <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2010/246> (дата обращения: 07.12.2018).

базу) для планирования совершенствования отечественных технологий РЭТ ВН в соответствии с требованиями мировых тенденций технологического развития.

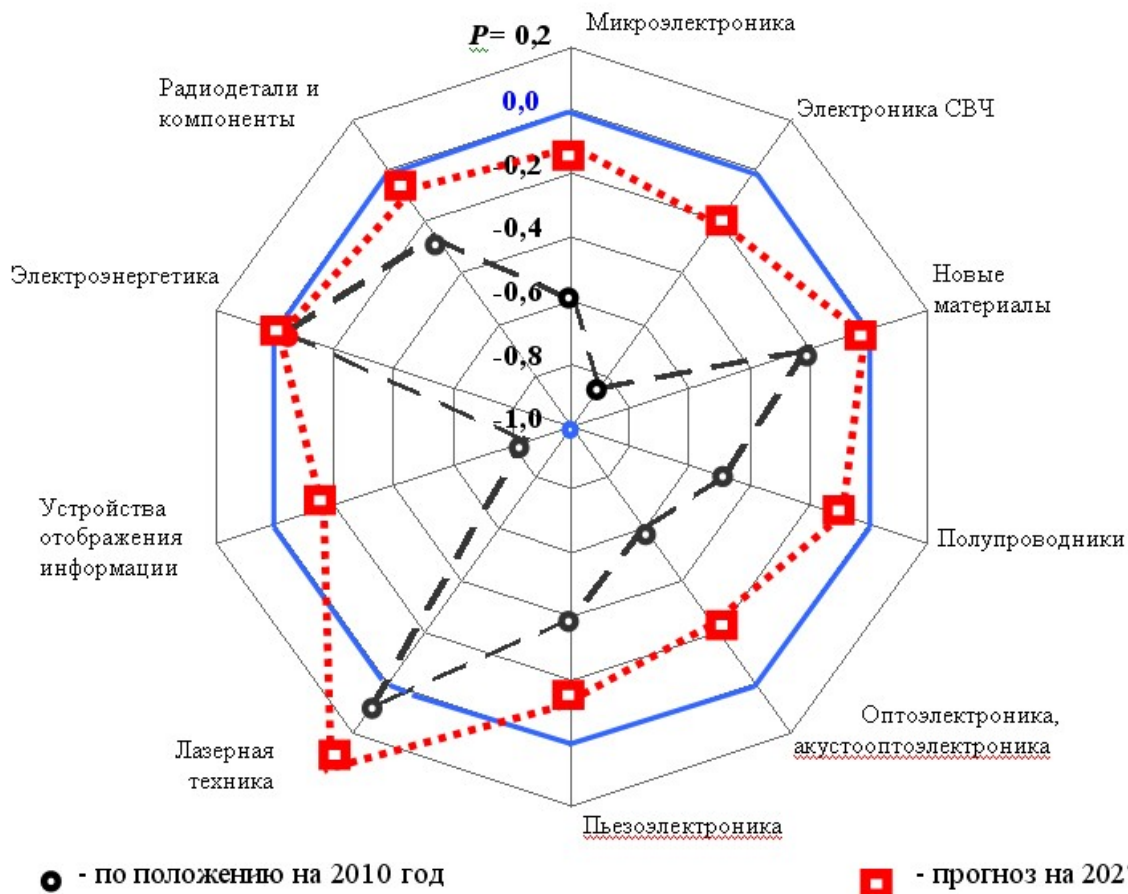


Рисунок 2 – Сравнительный анализ отечественных и зарубежных технологий в области радиоэлектроники

Список использованных источников

1. Соколов А.В. Метод критических технологий // Форсайт. – 2007. – № 4. – С. 64-74.
2. Смирнов С.С., Реулов Р.В. Проблемные вопросы формирования и использования перечня базовых и критических военных технологий и пути их решения // Двойные технологии. – 2010. – № 2. – С. 25-31.
3. Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Реулов Р.В., Хованов Д.Г. Роль научно-технического задела в инновационных процессах создания перспективного вооружения: проблемы и пути решения // Вооружение и экономика. – 2012. – № 4. – С. 41-55.
4. DARPA и наука Третьего рейха. Оборонные исследования США и Германии / Под ред. А.Е. Суворова – М.: Техносфера, 2015. – 208 с.
5. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. – М.: Граница, 2007. – 408 с.
6. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Купол, 2009. – 624 с.
7. Маевский Ю.И. Система вооружений РЭБ: основные направления исследований // Военная мысль. – 2005. – № 11. – С. 9-14.

8. Козирацкий Ю.Л., Аносов Р.С., Бывших Д.М. Обоснование технологий развития системы радиоэлектронной борьбы. Применение морфологических методов // Вооружение и экономика. – 2016. – № 1. – С. 33-43.
9. Леонов А.В., Смирнов С.С., Хованов Д.Г. Адаптивный подход к определению объемов ассигнований на развитие базовых и критических военных технологий // Вооружение и экономика. – 2012. – № 5. – С. 47-59.
10. Корчак В.Ю., Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Реулов Р.В. Программно-целевое планирование развития базовых военных технологий на современном этапе // Вооружение и экономика. – 2017. – № 4. – С. 9-20.
11. Леонов А.В., Семериков Н.В., Пронин А.Ю. Техничко-экономическая оценка эффективности совместного использования новых и традиционных технологий при проектировании наукоемкой продукции двойного назначения // Двойные технологии. – 2015. – № 2. – С. 38-45.
12. Буравлев А.И., Буренок В.М., Брезгин В.С. Методы оценки эффективности вооружения и военной техники. – СПб.: ВАТТ, 2011. – 142 с.
13. Маричев П.А., Корнев А.С., Хайруллин Р.З. К оптимальному управлению показателями эффективности парка измерительной техники // Вестник МГСУ. – 2017. – № 5. – С. 564-571.
14. Луценко А.Д., Бывших Д.М., Шарапов А.И. Методика оценки относительной важности технологий создания специальных систем разведки и информационного обеспечения // Вооружение и экономика. – 2008. – № 3. – С. 31-49.
15. Батьковский М.А., Кравчук П.В., Фомина А.В. Развитие методов и инструментария экономической оценки технологий и НИОКР // Вопросы радиоэлектроники. – 2015. – № 1. – С. 186-201.
16. Батьковский А.М., Батьковский М.А., Фомина А.В. Оптимизация программных мероприятий развития оборонно-промышленного комплекса. – М.: Тезаурус, 2014. – 504 с.
17. Батьковский А.М., Кравчук П.В. Развитие методологии оценки технологий // Сб. науч. трудов по материалам I международной научно-практической конференции «Национальный менеджмент: проблемы и перспективы развития», Нижний Новгород, 25 марта 2016 г. – Нижний Новгород: Профессиональная наука. – 2016. – С. 157-178.
18. Батьковский М.А., Кравчук П.В., Фомина А.В. Экономическая оценка технологий двойного назначения // Вопросы радиоэлектроники. – 2015. – № 4. – С. 222-231.
19. Смирнов С.С., Тужиков Е.З., Хованов Д.Г., Горбунов В.В. Методика комплексной оценки готовности научно-технического задела для перспективного образца вооружения, военной и специальной техники // Стратегическая стабильность. – 2013. – № 2. – С. 39-44.
20. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархии. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
21. Саати Т., Керне К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
22. Бывших Д.М., Орлов В.А., Ярыгин Ю.Н. Методический подход к обоснованию приоритетных направлений сосредоточения усилий в развитии многофункциональной организационно-технической системы военного назначения // Вооружение и экономика. – 2014. – № 3. – С. 51-61.
23. Орлов В.А., Бывших Д.М., Ярыгин Ю.Н. Автоматизация процессов планирования развития техники радиоэлектронной борьбы // Вооружение и экономика. – 2015. – № 4. – С. 75-83.
24. Бендиков М.А., Фролов И.Э., Ганичев Н.А. Финансовый потенциал развития научно-промышленного комплекса России // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 6. – С. 139-148.
25. R&D Magazine. 2012 Global R&D Funding Forecast, December 2011. – P. 35.
26. Николаев А.Е. Развитие научно-технологического потенциала оборонно-промышленного комплекса России на основе реализации модели государственно-частного партнерства // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – № 33. – С. 48-59.

27. Авдодин Б.Н. Стратегические аспекты развития радиоэлектронного комплекса // ИнВест-Регион. – 2006. – № 4. – С. 23-28.

28. Андреечкин А., Присяжнюк С., Шпак В. Формирование технической политики радиоэлектронного комплекса ОПК: задачи и основные направления создания перспективных доверенных отечественных систем связи // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. Научно-технический журнал. – 2017. – № 7. – С. 122-135.

29. Greenhalgh, Ch. Innovation, intellectual property, and economic growth / Ch. Greenhalgh, M. Rogers. – Princeton; Oxford: Princeton Univ. Press, 2010. – 366 p.

30. Быков И.М., Митянов И.В. Состояние и перспективы развития радиоэлектронных систем в вооруженных силах иностранных государств как объектов радиоэлектронной разведки и РЭБ // Наука и военная безопасность. – 2008. – № 2. – С. 61-64.

31. Перунов Ю.М., Мацукевич В.В., Васильев А.А. Зарубежные радиоэлектронные средства / Под ред. Ю.М. Перунова. В 4-х книгах. – М.: Радиотехника, 2010.

32. Radio-Electronics.com. Recourses and analysis for electronic engineers. URL: <https://www.radio-electronics.com/> (дата обращения: 07.12.2018).

А.А. Венедиктов, доктор экономических наук, профессор

Порядок организации работы ВАК как инструмент совершенствования аттестации научных кадров

В статье анализируется влияние последних изменений Порядка организации работы и проведения заседаний Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации на качество рекомендаций Комиссии по вопросам аттестации научных кадров.

Приказом Минобрнауки России от 22.04.2019 № 36н¹ утверждена новая редакция Порядка организации работы и проведения заседаний Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и президиума Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации. Ранее действовавшая редакция данного Порядка, утвержденная приказом Минобрнауки России от 16.05.2016 № 568², с изменениями, внесенными приказом от 20.02.2017 № 164³, признана утратившей силу⁴.

Подавляющее большинство изменений носит технико-юридический (например, наименование «Министерство образования и науки Российской Федерации» заменено на «Министерство науки и высшего образования Российской Федерации»), вкусовой (например, слова «или заместителем председателя Комиссии по его поручению» заменены на «или по его поручению заместителем председателя Комиссии») или несущественный характер (так, предусмотрено направление даты заседания комиссии на согласование заместителю Министра науки и высшего образования Российской Федерации за 15 дней, вместо двух недель по «старому» Порядку). Согласно пояснительной записке к проекту рассматриваемого приказа целью его разработки «является приведение нормативных правовых актов Российской Федерации в сфере государственной научной аттестации в соответствие с действующим законодательством Российской Федерации в части утверждения нормативным правовым актом Минобрнауки России порядка организации работы и проведения заседаний Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России (президиума Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России)»⁵.

Однако достижением только этой продекларированной цели документ не ограничивается. «Новый» Порядок содержит, как минимум, две новеллы, носящих достаточно существенный характер. Во-первых, в нем нормативно закреплено правило, фактически применявшееся с мая 2017 года, о том, что член президиума Комиссии может принимать участие в заседаниях президиума лишь по той научно-отраслевой сессии, в состав которой он включен. При этом предусмотрено, что «по решению председателя Комиссии на заседание президиума в рамках научно-отраслевой сессии могут быть приглашены иные члены Комиссии». «Ранее любой член ВАК⁶ мог присутствовать на заседании любой секции⁷ президиума (за исключением секции по военным наукам⁸)» [1]. Установленный ранее порядок, хотя и выглядел более «демократичным», однако

1 http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_325345

2 http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_198304

3 http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216246

4 Далее в настоящей статье Порядок, действовавший до 07.06.2019 будем условно именовать «старый», а вступивший в силу 07.06.2019 – «новый».

5 <https://regulation.gov.ru/projects#npa=88556>

6 По всей видимости, имеется в виду любой член президиума ВАК.

7 Правильное название – «научно-отраслевая сессия».

8 Научно-отраслевая сессия «Оборонные проблемы науки и техники».

вряд ли соответствовал особенностям положения президиума ВАК на самой вершине иерархии системы экспертной оценки диссертаций.

Любая диссертация до ее рассмотрения Высшей аттестационной комиссией проходит многоступенчатую экспертную оценку:

- заслушивание соискателя и подготовка заключения организацией, где выполнялось исследование;
- рассмотрение работы комиссией диссертационного совета, созданной для предварительного ознакомления с диссертацией, с подготовкой соответствующего заключения;
- подготовка отзывов официальных оппонентов, ведущей (оппонирующей) организации [2], а также отзывов на автореферат диссертации;
- защита на заседании диссертационного совета с принятием соответствующего заключения;
- рассмотрение работы и (или) аттестационного дела экспертным советом ВАК и подготовка заключения о соответствии диссертации установленным критериям и требованиям.

Целесообразно ли предоставление членам президиума ВАК права принять участие в обсуждении работы вне зависимости от того, являются ли они специалистами соответствующей научно-отраслевой сессии? Безусловно, в ряде случаев участие в заседании президиума ВАК таких лиц оправдано. Например, при рассмотрении диссертации по научной специальности 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики» может оказаться так, что математик – член президиума ВАК по научно-отраслевой сессии «Естественные и технические науки» окажется более сведущим и способным оценить научную новизну и актуальность полученных результатов, чем специалист в области экономической теории или, тем более, юрист либо политолог, входящие в состав научно-отраслевой сессии «Гуманитарные и общественные науки». Однако с учетом предоставленного председателю ВАК права приглашать на заседание президиума иных членов Комиссии данное соображение вряд ли может быть признано существенным.

В качестве аргумента в поддержку рассматриваемого нововведения можно упомянуть тот факт, что самым открытым, публичным, этапом экспертизы диссертации является подготовка отзывов на диссертацию и автореферат, а также собственно ее защита. Высказывание всех имеющихся замечаний именно на этой стадии экспертизы научной работы в наибольшей степени соответствует неписаным нормам научной этики, поскольку только в ходе защиты соискатель имеет реальную возможность представить свои возражения на поступившие претензии. Поэтому именно на этом этапе должны быть высказаны все замечания к работе, в том числе и членами президиума ВАК по непрофильным научно-отраслевым сессиям. Как говорится, «кто против, пусть говорит сейчас или замолчит навечно»¹.

Что касается научно-отраслевой сессии «Оборонные проблемы науки и техники», то применительно к ней ранее существовавший «демократичный» порядок никогда не реализовывался, поскольку для участия в ее заседаниях необходимо наличие допуска к работе со сведениями, составляющими государственную тайну. Такой допуск имеют не все члены президиума ВАК.

Вторым значимым нововведением стала отмена нормы, которая предусматривала, что в случае расхождения позиций экспертного совета с позицией Комиссии (т. е. президиума ВАК – А.В.) председатель ВАК «формирует экспертную группу для подготовки мотивированного заключения по принятой рекомендации Комиссии». В эту группу на паритетных началах должны были включаться представители экспертного совета и Комиссии, а также могли быть привлечены ведущие специалисты в соответствующей области науки.

Безусловно, данная норма требовала корректировки. Рассмотрим гипотетическую ситуацию: экспертный совет сделал вывод о соответствии диссертации установленным требованиям и ре-

1 В русском переводе фраза «Let him speak now or forever hold his peace» звучит несколько зловеще.

комендовал утвердить решение диссертационного совета о присуждении соискателю искомой ученой степени, а президиум ВАК с этим не согласился. Сможет ли в этом случае группа, в состав которой на паритетных началах включены представители двух экспертных органов, придерживающихся противоположных точек зрения, выработать обоснование решения, уже принятого одним из этих органов? Не случайно данное положение не применялось на практике¹.

Однако и «новый» Порядок, предоставляющий ВАК ничем не ограниченное право проигнорировать мнение всех предыдущих «ступеней» системы аттестации, в этой части далек от совершенства. Он предполагает, что два десятка членов президиума ВАК, принимающих участие в заседании научно-отраслевой секции, способны за несколько минут оценивать работы по весьма широкому спектру научных специальностей из различных отраслей науки более квалифицированно, чем все те специалисты в области представленной диссертации, которые ранее потратили немало сил и времени на изучение и оценку работы, подготовку на нее отзывов и заключений.

Безусловно, решения на заседаниях президиума принимаются не спонтанно, а тщательно готовятся аппаратом. Также несомненно, что для Минобрнауки в ряде случаев гораздо удобнее иметь возможность сослаться на нужную ему рекомендацию ВАК, чем просто воспользоваться своим правом не согласиться с мнением экспертного совета. Однако система взаимодействия различных «ступеней» системы аттестации научных кадров требует в настоящее время некоторой балансировки.

По нашему мнению, при несогласии президиума ВАК с экспертным советом процедура выработки рекомендации Министерству науки и высшего образования Российской Федерации по соответствующему вопросу должна быть уточнена. В этом случае для подготовки всесторонне обоснованной рекомендации должна создаваться согласительная комиссия, в которую на паритетных началах следует включать представителей экспертного совета и президиума ВАК. При недостижении согласованной позиции вопрос должен быть передан этой комиссией в Минобрнауки России для принятия окончательного решения с перечислением имеющихся разногласий и обоснованием позиции каждой из сторон².

Причем при вынесении Министерством соответствующего решения предпочтение должно отдаваться первоначальному мнению диссертационного совета как органа, проводившего наиболее полную экспертизу рассматриваемой работы, имевшего возможность заслушать ответы соискателя на все поступившие замечания и формирующего свой вывод в наиболее независимой процедуре тайного голосования. Поскольку в большинстве случаев такое решение является положительным (иначе рассмотрение данного вопроса просто не дойдет до уровня президиума ВАК), подобный порядок будет поддерживать концепцию толкования спорных моментов в пользу соискателя, что представляется более правильным, чем презумпция его «виновности» во всем, включая недочеты в работе диссертационного совета, неточности в отзывах и заключениях, несоблюдение малозначущих процедурных формальностей и т. п.

Список использованных источников

1. Муравьев А. Как (не) работает ВАК и его президиум: заметки бывшего инсайдера // Троицкий вариант – Наука. – 2019. – № 17 (286).
2. Венедиктов А.А. Аттестация научных кадров в Российской Федерации и Республике Беларусь: сравнительный анализ // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1 (38). – С. 71-83.

1 По крайней мере, автору не известно ни одного случая ее применения.

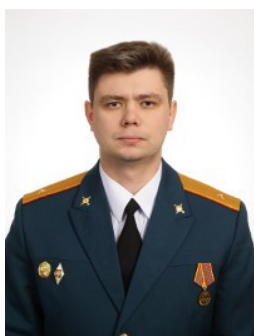
2 Вариант изменения ныне существующего порядка, согласно которому окончательное решение по вопросу присуждения ученой степени (или отказа в этом) принимается Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, в рамках настоящей статьи не рассматривается.



Антипова Самира Алексеевна
кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник ВА МТО
J.alrifai@yandex.ru



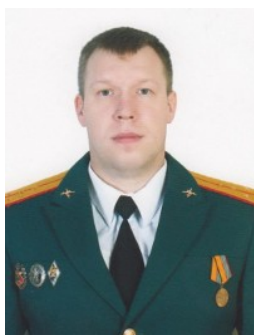
Артеменко Валерий Борисович
кандидат технических наук
начальник отдела 46 ЦНИИ МО РФ
artemenkoval@rambler.ru



Бездenezhных Сергей Игоревич
заместитель начальника исследовательского отдела 924
Государственного центра беспилотной авиации
Bezdenezhnykh@yandex.ru
SPIN-код: 6750-1571



Бобков Сергей Алексеевич
кандидат физико-математических наук
генеральный директор ФГУП «ЦНИИХМ»
2sab@mail.ru



Болдырев Михаил Сергеевич
научный сотрудник 12 ЦНИИ МО РФ
boldurevms@mail.ru



Брайткрайт Сергей Гарриевич
доктор технических наук, старший научный сотрудник
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
braitkrait_e@mail.ru



Буравлев Александр Иванович
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
buravlev46@mail.ru



Буренок Василий Михайлович
доктор технических наук, профессор
президент Российской академии ракетных и артиллерийских наук
bvasil57@rambler.ru



Бывших Дмитрий Михайлович
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
старший научный сотрудник НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА»
biwshih2013@yandex.ru



Венедиктов Андрей Альбертович
доктор экономических наук, профессор
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
a_venediktov@mail.ru
SPIN-код: 5727-0709



Волков Михаил Николаевич
кандидат технических наук
старший научный сотрудник ВА МТО
Mnv7190@yandex.ru



Воробьев Павел Сергеевич
руководитель центра АО «Воентелеком»
p.vorobev@voentelcom.ru



Гусев Вячеслав Иванович
кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник НИИЦ СТ ЖДВ 3 ЦНИИ МО РФ
slava.gusev@yandex.ru



Дульнев Павел Александрович
доктор военных наук, профессор
главный научный сотрудник научно-исследовательского центра
(системных оперативно-тактических исследований Сухопутных войск)
ВУНЦ ВВС «Общевойсковая академия ВС РФ»
ovavcrf@mil.ru



Евдокимов Владимир Александрович
кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
authors@viek.ru



Жданов Сергей Сергеевич
научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
authors@viek.ru



Зайцев Дмитрий Викторович
кандидат технических наук, доцент
заместитель начальника управления 12 ЦНИИ МО РФ
zaitsev_dv@mail.ru



Зеленская Светлана Геннадьевна
кандидат экономических наук
старший научный сотрудник НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА»
zelenskaya8@list.ru



Косенков Олег Иванович
начальник Главного управления Железнодорожных войск
authors@viek.ru



Крамаренко Владимир Никифорович
доктор технических наук, профессор, академик РАН
научный сотрудник ФГУП «ЦНИИХМ»
miniferma2010@yandex.ru



Лагунов Сергей Александрович
кандидат технических наук
начальник НИИЦ СТ ЖДВ 3 ЦНИИ МО РФ
niits.gdv@mail.ru



Лежнев Алексей Васильевич
генеральный директор ООО «ВКО» Символ»
a.lezhnev@vko-simvol.ru



Леонов Александр Васильевич
доктор экономических наук, профессор
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
alex.clein51@yandex.ru



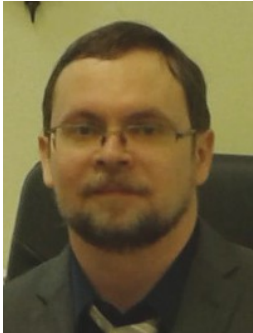
Пронин Алексей Юрьевич
кандидат технических наук
начальник лаборатории 46 ЦНИИ МО РФ
pronin46@bk.ru



Сычев Сергей Анатольевич
кандидат военных наук, доцент
докторант ВУНЦ ВВС «Общевойсковая академия ВС РФ»
ovavcrf@mil.ru



Толстов Георгий Станиславович
кандидат технических наук
старший научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
g.tolstov@voentelcom.ru



Якшин Александр Сергеевич
кандидат технических наук
старший научный сотрудник ВА МТО
Yakshin_as@mail.ru



Ярыгин Юрий Николаевич
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
старший научный сотрудник НИИИ (РЭБ) ВУНЦ ВВС «ВВА»
authors@viek.ru

Концептуальный тупик

В.М. Буренок

Рассмотрены проблемы создания перспективного вооружения в рамках шестого технологического уклада. Показаны наметившиеся концептуальные тупики в развитии традиционных образцов вооружения. Приведены данные о попытках специалистов США создать вооружение, технологически недостижимое для других стран. Указан возможный путь парирования подобных «технологических сюрпризов».

Инициатива в области оборонных инноваций; перспективное вооружение; шестой технологический уклад

Conceptual Deadlock

V.M. Burenok

Certain problems of the advanced military equipment construction in the context of the Sixth Wave of Innovation are considered. There are incipient conceptual deadlocks in the course of the conventional armament development that are presented in the article. The author cites evidence of the USA technical specialists' efforts to construct a type of weapon that is unattainable technologically for other countries. A possible way to parry "technological surprises" of this kind is indicated in the article.

Defense innovation initiative; advanced weapon; the Sixth Wave of Innovation

К вопросу о построении архитектуры информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск

*О.И. Косенков, С.А. Лагунов,
В.И. Гусев, В.Б. Артеменко*

В статье предложена архитектура информационной системы управления жизненным циклом техники Железнодорожных войск, построенная на принципах анализа логистической поддержки. Информационная система направлена на снижение стоимости техниче-

ской эксплуатации с учетом выполнения требований по готовности парка техники.

железнодорожные войска; информационная система; жизненный цикл; управление; анализ логистической поддержки; запчасти; затраты; технико-экономическая эффективность

On the Matter of Railway Troops Life-Cycle Management Information System Architecture Creation

*O.I.Kosenkov, S.A.Lagunov,
V.B.Artemenko, V.I.Gusev*

In the article an architecture of Railway Troops life-cycle management information system is proposed. It is based on the principles of logistic support analysis. The information system is assigned for technical maintenance cost reduction with a glance of equipment fleet readiness requirement.

railway troops; information system; life-cycle; management; logistic support; spare parts; costs; technical-economic efficiency

Проблемные вопросы проектирования бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов большой дальности

*С.Г. Брайткрайц, В.А. Евдокимов,
С.И. Безденежных, С.С. Жданов*

В статье рассмотрены технологические, методические и организационные вопросы проектирования бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов большой дальности. Предложены пути разрешения проблемных вопросов, включающие предложения по применению адаптивной технологии проектирования бортовых систем управления, алгоритмические подходы по распределению требований к компонентам бортовых систем управления, предложения по изменению нормативной базы в области проектирования бортовых систем управления. Предлагаемые решения могут быть использованы при разработке бортовых систем управления беспилотных летательных аппаратов

средней и большой дальностей различного назначения.

беспилотный летательный аппарат большой дальности; бортовые системы управления; технологии проектирования; научно-исследовательская работа; опытно-конструкторская работа; тактико-технические требования; распределение требований; нормативная база

The Problem Matters of an Airborne Control System Designing for Long-Range UAV

*S.G. Braitkraits, V.A. Evdokimov,
S.I. Besdenzhnyh, S.S. Zhdanov*

Technological, methodical and organizational matters of airborne control system designing for long-range UAV are concerned. The means of these matters solution including certain proposals of adaptive technology application for airborne control designing, algorithmic approaches for requirements allocation to the control system elements, proposals for normative framework alteration in the field of airborne control systems designing are proposed. The suggested solutions may be used in the course of long and medium range UAV control system designing.

long-range uninhabited aerial vehicle (UAV); airborne control system; designing technology; research work; development activity; operational requirements; requirements allocation to the control systems elements methodical approach; normative framework

Совершенствование системы вооружения штурмовых подразделений, оснащенных робототехническими комплексами военного назначения

П.А. Дульнев, С.А. Сычев

Рассматриваются направления совершенствования системы вооружения штурмовых подразделений при оснащении их робототехническими комплексами военного назначения с применением функционального подхода.

система вооружения; штурм населенного пункта; штурмовой отряд; робототехнические комплексы; беспилотные летательные аппараты; функциональный подход

Weapon Inventory Improvement of the Military Robotic System Equipped Assault Units

P.A. Dulnev, S.A. Sychyov

The article deals with certain lines of the assault unit weaponry inventory improvement under military robotic system equipment in the course of functional approach employment.

weaponry system; assault of a populated area; assault unit; robotic sets; unmanned aerial vehicles; functional approach

Матричный подход к моделированию боевых действий

Д.В. Зайцев, М.С. Болдырев

Представлен подход к моделированию боевых действий для войскового отделения, имеющего все возможные состояния потерь в ходе выполнения им поставленных боевых задач, основанный на реализации метода параллельного вычисления. Предложены базовые матрицы и операторы, позволяющие получить оценки распределений вероятностей потерь противоборствующих сторон в ходе боевых действий. В качестве примера представлены результаты моделирования конкретного сценария боевых действий. Полученные результаты представляют интерес для проведения оценок боевой эффективности подразделений.

вероятность; эффективность; военный конфликт; моделирование

Matrix Approach to Warfare Mathematical Models

D.V. Zaitsev, M.S. Boldyrev

In the article an approach to combat formation warfare simulation taking into consideration all potential losses in the course of operational task performance is presented. It provides for a method of concurrent computation application. Basic matrix and operators that make possible to receive certain probability distribution estimates of warring parties potential losses. As an example, simulation results for specific warfare scenario are substantiated.

The results are of interest for estimation of the warfare efficiency.

probability; efficiency; the military conflict; simulation

Применение инструментальных средств имитационного моделирования для анализа процессов перевозки войск (сил)

С.А. Антипова, М.Н. Волков, А.С. Якшин

В статье рассматривается задача поиска наилучшего варианта организации перевозки войск (сил) железнодорожным транспортом с использованием среды моделирования AnyLogic. Имитационная модель оперативной перевозки соединений (частей) объединения при перегруппировке предназначена для сокращения времени планирования перевозок войск железнодорожным транспортом при подготовке и в ходе проведения операций (боевых действий). Разработанная имитационная модель позволяет оптимизировать количественные временные показатели перевозки, используемые при осуществлении планирования.

имитационное моделирование; процессы перевозки; железнодорожный транспорт; оптимизация

The Application of Simulation Tools for the Troops (Forces) Transportation Processes Analysis

S.A. Antipova, M.N. Volkov, A.S. Yakshin

The article discusses the solution of troops (forces) rail transporting problem using an AnyLogic modeling environment. The operative forces transportation simulation model is intended for the troops (forces) transportation planning time reduction in the course of operational preparation and conducting warfare. The developed model allows optimizing of quantitative temporary indexes of troops (forces) transportation planning.

simulation; processes of transportation; railway; optimization

Актуальность и пути формирования государственной информационной системы прослеживаемости вооружения и военной техники

П.С. Воробьев, А.В. Лежнев, Г.С. Толстов

В статье изложены подходы к формированию и применению автоматизированной системы прослеживаемости вооружения и военной техники, закупаемых по государственному оборонному заказу. Прослеживаемость продукции является одним из важнейших элементов обеспечения качества, безопасности, снижения стоимости реализации жизненного цикла вооружения и военной техники. Она заключается в создании условий, при которых существенная информация о характеристиках и истории изделий в процессах разработки, производства, эксплуатации, капитального ремонта и утилизации последовательно документируется, хранится, предоставляется всем заинтересованным пользователям с необходимым уровнем полноты, актуальности и достоверности. Изложенные в статье подходы являются предметом обсуждения сформированной Минпромторгом России межведомственной рабочей группы по созданию нормативной правовой базы внедрения обязательной идентификации, маркировки и прослеживаемости вооружения и военной техники.

автоматизированная система; прослеживаемость; вооружение и военная техника

Actuality and Ways of the State Weapons and Military Equipment Automated Traceability System Formation

P.S. Vorobyov, A.V. Lezhnev, G.S. Tolstov

An article describes the approaches to the formation and application of state defense order purchasing weapons and military equipment automated traceability system. Traceability of products is one of the most important element of weapons and military equipment quality, safety and the life cycle cost reducing assurance. It is intended to create conditions under which the essential information about

products characteristics and history in the course of development, production, operation, capital repair and disposal are consistently documented, stored, provided to all interested users at the required level of completeness, relevance and reliability. The approaches outlined in the article are the matter of discussion in the interdepartmental working group formed by the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. This working group creates a regulatory legal framework of the mandatory identification introduction, weapons and military equipment marking and traceability.

automated system; traceability; weapons and military equipment

Диверсификация предприятий оборонно-промышленного комплекса – актуальная научная проблема

А.В. Леонов, А.Ю. Пронин

В данной статье изложен взгляд на диверсификацию оборонных предприятий как актуальную научную проблему. Показана необходимость решения данной проблемы на основе методологии программно-целевого планирования и системного подхода. Выявлены экономические преимущества диверсификации. Разработаны понятийный аппарат, формализованная постановка научной проблемы, критерии и показатели экономической оценки эффективности диверсификации. Основные положения статьи могут быть использованы в решении научных и практических задач, связанных с диверсификацией.

диверсификация; научная проблема; критерии; предприятие; оборонно-промышленный комплекс; показатель

Diversification of the Military-Industrial Complex Enterprises Is an Actual Scientific Problem

A.V. Leonov, A.Y. Pronin

This article sets out a view of the defense enterprises diversification as an actual scientific problem. The necessity of this problem solving is presented by means of program-target planning methodology and systematic ap-

proach. The economic benefits of diversification are revealed. A conceptual apparatus, a formalized scientific problem statement, criteria and indicators of the diversification effectiveness economic evaluation are developed. The main provisions of the article may be exploited in the course of scientific and practical diversification problems solving.

diversification; scientific problem; criteria; military-industrial complex enterprises

О связи военных расходов с боевым потенциалом вооруженных сил

А.И. Буравлев

В статье рассматривается методологический подход к оценке боевых возможностей вооруженных сил и связи их с военными расходами. Для оценки боевых возможностей воинских формирований (ВФ) различного уровня предлагается использовать единый показатель – боевой потенциал (БП), количественно оцениваемый величиной ущерба нанесенного противоборствующей стороне. Моделирование процесса противоборства осуществляется с помощью известных аналитических и имитационных моделей, в которых ВФ представляется как сложная боевая система, включающая в себя ударные средства, подсистемы боевого управления и материально-технического обеспечения. Потребная численность ВФ по вооружению и личному составу рассчитывается по предлагаемой в статье методике, исходя из требуемого соотношения БП противоборствующих сторон. На основе потребной численности ВВТ и личного состава ВФ рассчитываются необходимые расходы на оснащение и содержание ВФ. В результате получается система количественных зависимостей между боевым потенциалом и военными расходами на формирование войсковых группировок различного уровня. Разработанный методический аппарат предлагается использовать для решения задач программно-целевого планирования развития системы вооружения и вооруженных сил страны.

боевой потенциал ВВТ; боевой потенциал воинских формирований; типовые классы воинских формирований; единая система исходных данных (ЕСИД) для военного планирования; показатели автономности и технического совершенства ВВТ; удельные расходы оснащение и содержание ВВТ, личного состава и инфраструктуры воинских формирований; стоимость воинских формирований

On the Matter of Military Expenditures and Armed Forces Combat Potential Relation

A.I. Buravlyov

The article deals with the methodological approach to the relation of the armed forces combat capabilities evaluation and military expenditures. To evaluate different level military formations (MF) of combat capabilities, it is proposed to use a single indicator – combat potential (CP), estimated by the damage inflicted to the warring parties. The confrontation process modeling is carried out with the help of well-known analytical and simulation models, in which the VF is presented as a complex combat system that includes striking power, combat control subsystems and logistics. The required number of armament and military equipment (AME) for weapons and personnel is calculated according to the method proposed in the article, based on the required CP ratio of the warring parties. On the basis of the required AME number and MF personnel, the necessary expenses for MF equipment and maintaining are calculated. Consequently, a system of quantitative combat potential and military expenditures for the military commands formation of different levels relation is obtained. The developed methodical apparatus is proposed for solving the problems of the weapons system and the national armed forces development program-target planning.

the AME combat potential; the military units combat potential; typical classes of military units; a unified system of military planning initial data; the indicators of AME autonomy and technical excellence; specific of military units supply and AME personnel and infrastructure maintenance costs; military units cost

Обоснование структуры методики оценки боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов военного назначения

С.А. Бобков, В.Н. Крамаренко

Статья посвящена разработке методического подхода к оценке боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов военного назначения. На базе анализа существующей методологии по оценке эффективности вооружения и военной техники определен необходимый уровень математических моделей и представительные показатели для оценки боевой и военно-экономической эффективности необитаемых подводных аппаратов специального назначения. Анализ особенностей применения необитаемых подводных аппаратов военного назначения позволил разработать структуру общей методики для оценки боевой и военно-экономической эффективности таких средств, перечень необходимых математических моделей и исходных данных.

необитаемые подводные аппараты военного назначения; методика оценки боевой и военно-экономической эффективности; методический аппарат; системный подход; структура методики; математические модели; средства вооружения; показатель оценки эффективности; вероятность выполнения боевой задачи

Justification of the Methodology Structure for the Combat and Military-Economic Efficiency Estimation of Special Purpose Unmanned Underwater Vehicles

S.A. Bobkov, V.N. Kramarenko

The article is devoted to the development of a methodological approach to the combat and military-economic efficiency estimation of special purpose unmanned underwater vehicles. Based on the existing methodology analysis of the weapons and military equipment efficiency estimation, the necessary level of mathematical models and representative indicators for the combat and military-economic efficiency estimation of special purposes un-

manned underwater vehicles are determined. The analysis of the of the special purposes unmanned underwater vehicles employment features made it possible to develop the structure of general methodology for the combat and military-economic efficiency estimation of appropriate means, and a list of the necessary mathematical models and initial data.

special purposes unmanned underwater vehicles; methodology for combat and military-economic efficiency estimation; methodical apparatus; systems approach; structure of the methodology; mathematical models; weapons; performance indicator; the probability of a combat mission execution

Методика сравнительного анализа отечественных и зарубежных технологий создания радиоэлектронной техники военного назначения

Д.М. Бывших, С.Г. Зеленская, Ю.Н. Ярыгин

Предлагается методика сравнительного анализа уровня развития отечественных и зарубежных технологий создания радиоэлектронной техники военного назначения, основанная на построении и анализе иерархической структуры показателей эффективности этих технологий. Обоснована структура показателей. Разработано оригинальное программное обеспечение, позволяющее в значительной степени сократить трудоемкость расчетов.

технология создания радиоэлектронной техники военного назначения; сравнительный анализ; методика; иерархическая структура показателей

A Method of Domestic and Foreign Technologies Comparative Analysis of Military Electronic Equipment Creation

D.M. Byvshich, S.G. Zelenskaya, Yu.N. Yarygin

Authors of the article propose a method of comparative analysis of the domestic and foreign technologies development level for the military radio-electronic equipment creation based on the hierarchical structure construction and analysis of the technologies efficiency indexes. The indexes structure is grounded. The

original software is developed. It enables the computation intensity reduction significantly.

technology of military electronic equipment creation; comparative analysis; methodology; hierarchical structure of indexes

Порядок организации работы ВАК как инструмент совершенствования аттестации научных кадров

А.А. Венедиктов

В статье анализируется влияние последних изменений Порядка организации работы и проведения заседаний Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации на качество рекомендаций Комиссии по вопросам аттестации научных кадров.

аттестация научных кадров; порядок работы ВАК

The Higher Attestation Commission operating procedure as a tool to improve the scientific staff attestation

A.A. Venediktov

Among other issues, the accepted Operation Procedure of the Higher Attestation Commission results in the Commission's recommendations quality in the domain of scientific staff attestation. The article investigates how do modifications in the Operation Procedure impact this quality.

scientific staff attestation; operating procedure of the Higher Attestation Commission

Правила представления 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.

Представляемая научная работа, как правило, должна соответствовать одной из следующих научных специальностей:

20.02.01 – Теория вооружения, военно-техническая политика, система вооружения;

20.01.07 – Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал;

20.02.03 – Военное право, военные проблемы международного права;

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. Рукописи публикаций в Журнале и прилагаемые к ним материалы представляются авторами по электронной почте на адрес rk@viek.ru. Одновременно подписанный автором (авторами) экземпляр рукописи и прилагаемые материалы высылаются на почтовый адрес: 129327, г. Москва, Чукотский проезд д. 10, Академия проблем военной экономики и финансов.

Рассмотрение статьи начинается с момента получения полного комплекта материалов в электронном виде. Принятие окончательного решения об опубликовании возможно не ранее получения оригиналов прилагаемых документов.

3. Рукопись представляется на русском языке в одном из следующих форматов **odt** (предпочтительно), **rtf**, **doc**, **docx**. Параметры оформления: размер листа А4, все поля по 20 мм, ориентация страницы – книжная, шрифт – **Pt Sans** (предпочтительно) или Times New Roman; размер шрифта – 14 pt; межстрочный интервал – полуторный; расстановка переносов – автоматическая; 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.

В начале файла с рукописью статьи указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень и ученое звание, адрес электронной почты и телефон автора. Если у статьи несколько авторов, перечисленные сведения указываются для каждого из них, при этом контактные данные (адрес электронной почты, телефон) могут быть указаны только для одного из авторов.

В статье помимо текста допускается наличие математических формул, рисунков и таблиц.

Математические формулы должны быть вставлены в файл как объект OpenOffice.org (LibreOffice.org) **Math**.

Каждая иллюстрация должна быть вставлена в виде отдельного объекта «изображение» («рисунок») в одном из общепринятых растровых графических форматов (JPEG, TIFF, BMP, GIF, PNG). Рекомендуется формат GIF с прозрачным фоном. Размер каждой иллюстрации не должен превышать 800x600 точек. Допускается приложение отдельных файлов, содержащих включенные в статью иллюстрации. Подпись к рисунку не должна быть включена в рисунок.

Не рекомендуется применять сложное оформление таблиц: разнообразное обрамление, объединение и разбиение ячеек и т. п.

В случае необходимости их использования таблицу рекомендуется оформлять в виде рисунка.

Подписи иллюстраций, заголовки таблиц, формулы, сноски, ссылки на литературу оформляются в текстовом виде в соответствии с ГОСТом.

Учитывая, что издатель не использует пакет Microsoft Office и производит верстку в программе LibreOffice, **рекомендуем** перед отправкой в редакцию открыть направляемую статью в программе LibreOffice (OpenOffice) Writer с тем, чтобы убедиться в корректности отображения формул, таблиц, рисунков. Невыполнение данной рекомендации может привести к возврату статьи для приведения ее в соответствие с настоящими правилами и поддержке с помещением ее в Журнал.

4. Статья должна оканчиваться списком использованных источников, в котором указываются только авторские произведения, 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 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». Образцы оформления библиографических ссылок в соответствии с упомянутым стандартом приведены [на сайте Журнала](#).

5. К рукописи должны быть приложены в отдельных файлах:

- заполненная карточка статьи по приведенной ниже форме;
- заполненная карточка автора (если авторов несколько, составляется на каждого автора) по приведенной ниже форме;
- заключение комиссии о возможности открытого опубликования статьи, утвержденное и заверенное печатью организации. В состав комиссии должен входить

представитель службы защиты государственной тайны;

- фотография автора (авторов) 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 (представляется по желанию);
- два экземпляра договора между издателем электронного научного журнала «Вооружение и экономика» и автором (авторами), подписанных авторами. Если авторы не желают заключать договор в письменной форме, то договор на тех же условиях считается заключенным в устной форме. Направляя на адрес редакционной коллегии рукопись, автор тем самым соглашается с условиями данного договора;
- документ об оплате рецензирования статьи (см. [Порядок рецензирования рукописей](#)).

6. В случае несоответствия рукописи или прилагаемых материалов настоящим правилам ответственный секретарь редакции возвращает их автору для устранения недостатков.

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 Журнала. По решению редакционной коллегии для рецензирования могут привлекаться также иные специалисты, если среди перечисленных лиц отсутствуют эксперты по проблематике представленной статьи.

3. Оплата рецензирования статей производится авторами из расчета 300 руб. за каждую полную или неполную страницу предлагаемого к опубликованию материала, оформленного в соответствии с Правилами представления авторами рукописей.

Способы оплаты:

наличными по месту нахождения Академии проблем военной экономики и финансов по квитанции установленного образца;

безналичным переводом на банковский счет со следующими реквизитами:

Получатель: Региональная общественная организация «Академия проблем военной экономики и финансов».

ИНН 7716161379.

Р/с 40703810538050100402 в Московском банке Сбербанка РФ.

БИК 044525225.

Кор./счет 30101810400000000225.

Плата за рецензирование статей не взимается с сотрудников 46 ЦНИИ Минобороны России, Российской академии ракетных и артиллерийских наук, Академии проблем военной экономики и финансов.

4. В течение недели с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил представления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирова-

ние одному из экспертов, указанных в пункте 2 настоящего положения. При направлении статьи на рецензирование из нее удаляется информация об авторе.

5. 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 рецензирования работы на срок до одного месяца либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

6. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (сам ведет исследования по аналогичной проблематике, не является экспертом по проблематике представленной статьи и т. п.), он в течение пяти рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

7. После получения рецензии главный редактор (заместитель главного редактора) вправе направить рукопись на дополнительное рецензирование другому рецензенту.

8. Отрицательная рецензия высылается автору (авторам) рукописей на указанный ими адрес электронной почты без указания лица, проводившего рецензирование (анонимно). Положительные рецензии направляются авторам лишь по их просьбе.

При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

Рецензии представляются редакцией по запросам Минобрнауки России.

9. Автор, не согласный с рецензией, вправе в месячный срок представить свои возражения по ее содержанию.

10. После получения рецензии рукопись представляется ученым секретарем на ближайшем заседании редакционной коллегии. В случае если рецензия не является положительной (содержит замечания, указания на необходимость переработки, вывод о нецелесообразности опубликования в представленном виде и т. п.), представление на заседании редакционной коллегии производится не

раньше, чем по истечении срока, указанного в п. 9 настоящего Порядка.

11. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

12. Оплата труда рецензентов производится Региональной общественной организации «Академия проблем военной экономики и финансов».

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 статьи.doc](#)

Карточка автора

Фамилия	
Имя	
Отчество ^{*)}	
Ученая степень ^{*)}	
Ученое звание ^{*)}	
Место работы	
Должность	
Контактный телефон	
Адрес электронной почты	
SPIN-код ^{*)}	
Дополнительная информация ^{**)}	

^{*)} При наличии.

^{**)} Заполняется по желанию автора. Здесь могут быть указаны сведения, которые автор желает дополнительно сообщить о себе (наличие почетных званий и др.). Указание приведенных дополнительных сведений в Журнале остается на усмотрение редакции.

[Карточка автора.doc](#)

Условия подписки на полнотекстовую версию

Свободный доступ к полнотекстовой версии электронного научного журнала «Вооружение и экономика» осуществляется на сайте Министерства обороны Российской Федерации по адресу <http://sc.mil.ru/social/media/magazine/more.htm?id=10696@morfOrgInfo> либо на сайте журнала <http://www.viek.ru>.

Сведения о членах редакционной коллегии

1. **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, ректор Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана.
2. **Анищенко Владимир Николаевич** – доктор технических наук, профессор, лауреат премии Ленинского комсомола, профессор кафедры экономических и финансовых исследований Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.
3. **Ачасов Олег Борисович** – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РАН, заместитель начальника 46 Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации по научной работе.
4. **Бочкарев Олег Иванович** – кандидат экономических наук, член-корреспондент РАН, заместитель председателя коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации.
5. **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, президент Российской академии ракетных и артиллерийских наук – *главный редактор*.
6. **Быстров Андрей Владимирович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики промышленности Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова.
7. **Венедиктов Андрей Альбертович** – доктор экономических наук, профессор, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, ведущий научный сотрудник 46 Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации – *заместитель главного редактора – ученый секретарь*.
8. **Викулов Сергей Филиппович** – доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, президент РОО «Академия проблем военной экономики и финансов» – *заместитель главного редактора*.
9. **Горчица Геннадий Иванович** – доктор военных наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, главный ученый секретарь Российской академии ракетных и артиллерийских наук.
10. **Горшков Владимир Анатольевич** – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации.
11. **Кашин Валерий Михайлович** – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик РАН, Герой Труда Российской Федерации, заведующий кафедрой Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, генеральный конструктор Научно-производственной корпорации «Конструкторское бюро машиностроения», 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.

12. **Козин Михаил Николаевич** – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института Федеральной службы исполнения наказаний России.
13. **Кокошин Андрей Афанасьевич** – доктор исторических наук, профессор, академик РАН, академик РАН, декан факультета мировой политики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.
14. **Лавринов Геннадий Алексеевич** – доктор экономических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, первый вице-президент Российской академии ракетных и артиллерийских наук – *заместитель главного редактора*.
15. **Леонов Александр Васильевич** – доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник 46 Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации.
16. **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, председатель научно-технического совета Военно-промышленной комиссии Российской Федерации – заместитель председателя коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации.
17. **Хрусталеv Евгений Юрьевич** – доктор экономических наук, профессор, заведующий лабораторией имитационного моделирования взаимодействия экономических объектов Центрального экономико-математического института РАН.
18. **Цельковских Александр Александрович** – доктор военных наук, профессор, заместитель начальника Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева по учебной и научной работе.