

2014  
№ 1 (26)

Вооружение  
и экономика

<p>46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации</p> <p>Российская академия ракетных и артиллерийских наук</p> <p>Академия проблем военной экономики и финансов</p>	<p><b>Вооружение и экономика</b>  <b>№ 1 (26) / 2014</b>          Электронный научный журнал</p> <p><a href="http://www.viek.ru">http://www.viek.ru</a></p>												
	<p><b>Содержание</b></p>												
	<p><b><u>Военно-техническая политика</u></b></p>												
<p>Издается с 2008 года</p> <p>Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-30824 от 25.12.2007 г.</p> <p>Регистрационное свидетельство ФГУП НТЦ «Информрегистр» № 521 от 10 октября 2011 г.</p> <p>ISSN 2071-0151</p> <p><b>Издатель:</b> Российская академия ракетных и артиллерийских наук: 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3  <a href="mailto:rk@viek.ru">rk@viek.ru</a></p> <p><b>Главный редактор</b>          дтн проф. Буренок В.М.</p>	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="499 757 1390 913"> <p><b><i>Ачасов О.Б., Вылегжанин Г.Н.</i></b> Проблемы обеспечения эффективного решения задач силами общего назначения в современных условиях</p> </td> <td data-bbox="1390 757 1471 913" style="text-align: right; vertical-align: top;"> <p><b>6</b></p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 913 1390 1155"> <p><b><i>Горшков В.А., Крутоверцев А.И., Осадчиев А.А.</i></b> Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Постановка задачи</p> </td> <td data-bbox="1390 913 1471 1155" style="text-align: right; vertical-align: top;"> <p><b>12</b></p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 1155 1390 1294"> <p><b><i>Артеменко В.Б., Безденежных С.И.</i></b> Обзор системы оборонного заказа МО США</p> </td> <td data-bbox="1390 1155 1471 1294" style="text-align: right; vertical-align: top;"> <p><b>21</b></p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 1294 1390 1536"> <p><b><i>Козирацкий Ю.Л., Иванцов А.В.</i></b> Оценка оперативности выполнения противником циклических задач поражения в условиях противодействия его техническим средствам разведки</p> </td> <td data-bbox="1390 1294 1471 1536" style="text-align: right; vertical-align: top;"> <p><b>34</b></p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 1536 1390 1727"> <p><b><i>Буравлев А.И.</i></b> Марковская модель восстановления вооружения и военной техники в новой системе технического обслуживания и ремонта</p> </td> <td data-bbox="1390 1536 1471 1727" style="text-align: right; vertical-align: top;"> <p><b>39</b></p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="499 1727 1390 2042"> <p><b><i>Имховик Н.А., Селиванов В.В., Симонов А.К., Сергеева А.И., Яшин В.Б.</i></b> Об исследованиях по разработке за рубежом новых высокоплотных реактивных материалов («High-Density Reactive Materials») и их применению в боеприпасах повышенного могущества действия</p> </td> <td data-bbox="1390 1727 1471 2042" style="text-align: right; vertical-align: top;"> <p><b>53</b></p> </td> </tr> </table>	<p><b><i>Ачасов О.Б., Вылегжанин Г.Н.</i></b> Проблемы обеспечения эффективного решения задач силами общего назначения в современных условиях</p>	<p><b>6</b></p>	<p><b><i>Горшков В.А., Крутоверцев А.И., Осадчиев А.А.</i></b> Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Постановка задачи</p>	<p><b>12</b></p>	<p><b><i>Артеменко В.Б., Безденежных С.И.</i></b> Обзор системы оборонного заказа МО США</p>	<p><b>21</b></p>	<p><b><i>Козирацкий Ю.Л., Иванцов А.В.</i></b> Оценка оперативности выполнения противником циклических задач поражения в условиях противодействия его техническим средствам разведки</p>	<p><b>34</b></p>	<p><b><i>Буравлев А.И.</i></b> Марковская модель восстановления вооружения и военной техники в новой системе технического обслуживания и ремонта</p>	<p><b>39</b></p>	<p><b><i>Имховик Н.А., Селиванов В.В., Симонов А.К., Сергеева А.И., Яшин В.Б.</i></b> Об исследованиях по разработке за рубежом новых высокоплотных реактивных материалов («High-Density Reactive Materials») и их применению в боеприпасах повышенного могущества действия</p>	<p><b>53</b></p>
<p><b><i>Ачасов О.Б., Вылегжанин Г.Н.</i></b> Проблемы обеспечения эффективного решения задач силами общего назначения в современных условиях</p>	<p><b>6</b></p>												
<p><b><i>Горшков В.А., Крутоверцев А.И., Осадчиев А.А.</i></b> Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Постановка задачи</p>	<p><b>12</b></p>												
<p><b><i>Артеменко В.Б., Безденежных С.И.</i></b> Обзор системы оборонного заказа МО США</p>	<p><b>21</b></p>												
<p><b><i>Козирацкий Ю.Л., Иванцов А.В.</i></b> Оценка оперативности выполнения противником циклических задач поражения в условиях противодействия его техническим средствам разведки</p>	<p><b>34</b></p>												
<p><b><i>Буравлев А.И.</i></b> Марковская модель восстановления вооружения и военной техники в новой системе технического обслуживания и ремонта</p>	<p><b>39</b></p>												
<p><b><i>Имховик Н.А., Селиванов В.В., Симонов А.К., Сергеева А.И., Яшин В.Б.</i></b> Об исследованиях по разработке за рубежом новых высокоплотных реактивных материалов («High-Density Reactive Materials») и их применению в боеприпасах повышенного могущества действия</p>	<p><b>53</b></p>												

<p><b>Редакционная коллегия</b> дтн проф. Анищенко В.Н. ктн доц. Ачасов О.Б. дтн проф. Буравлев А.И. дэн проф. Венедиктов А.А. (отв. редактор) дэн проф. Викулов С.Ф. (зам. гл. редактора) дтн проф. Гальцов Е.М. дтн проф. Горчица Г.И. дтн проф. Горшков В.А. дэн проф. Козин М.Н. ктн снс Косенко А.А. дэн проф. Лавринов Г.А. (зам. гл. редактора) дэн снс Леонов А.В. кэн проф. Савинский П.Ф. дэн проф. Хрусталева Е.Ю. двн проф. Цельковских А.А.</p> <p><b>Редакционный совет</b> дтн двн проф. Анисимов Е.Г. дтн Архипов Н.Ф. дтн проф. Балыко Ю.П. дтн проф. Василенко В.В. дэн снс Корчак В.Ю. дтн проф. Минаев В.Н. дтн проф. Козирацкий Ю.Л. кэн Пискунов А.А. дтн проф. Рахманов А.А. кэн Сторонин В.В. дэн проф. Чистов И.В. дтн проф. Ягольников С.В.</p> <p><b>Оформление, верстка</b> Венедиктова М.М.</p> <p><b>Редактор</b> Молчанова Т.М.</p>	<p><b>Комраков Н.Ю., Коростелев С.Ю.</b> Автоматизированная информационно-расчетная система для прогнозирования характеристик уязвимости летательных аппаратов <b>64</b></p>	
	<p><b>Мужичек С.М., Корзун М.А., Новиков И.А., Ефанов В.В.</b> Автоматизированная технология оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия при проведении их наземных испытаний <b>71</b></p>	
	<p><b><u>Военная экономика и финансы</u></b></p>	
	<p><b>Викулов С.Ф., Фиров Н.В.</b> Постановка задачи обоснования рациональной степени радикальности инноваций при разработке образцов вооружения и военной техники <b>77</b></p>	
	<p><b>Анищенко Г.Н., Анищенко Е.В.</b> Прогнозирование в военном строительстве: достоверность финансово-экономических прогнозов <b>89</b></p>	
	<p><b>Сведения об авторах</b> <b>99</b></p>	
	<p><b>Аннотации и ключевые слова</b> <b>103</b></p>	
	<p><b>Правила представления авторами рукописей</b> <b>108</b></p>	
	<p><b>Порядок рецензирования рукописей</b> <b>110</b></p>	
	<p><b>Карточка статьи</b> <b>111</b></p>	
<p><b>Карточка автора</b> <b>111</b></p>		
<p><b>Условия подписки на полнотекстовую версию в Интернете</b> <b>111</b></p>		

## 90-летию со дня рождения доктора технических наук профессора Жукова Геннадия Павловича



Поколениям военнослужащих, служивших на фронтах, учившихся в Военной академии имени Ф.Э.Дзержинского, работавших в НИИ-4, на Военном финансово-экономическом факультете при МФИ, в других организациях и органах военного управления хорошо знакомо имя Геннадия Павловича Жукова. В этом году ему исполнилось бы 90 лет. Его уже нет с нами, но все мы, кто служил и работал с ним, помним его как нашего учителя, друга, Человека с большой буквы, серьезного ученого.

15 февраля 1924 года в семье Жуковых появились на свет близнецы Геннадий и Вениамин. Родились они в деревне Титово Костромской области, затем семья переехала в Миасс Челябинской области. Летом 1941 года братья окончили школу на отлично и без экзаменов были приняты в Новосибирский институт военных инженеров железнодорожного транспорта.

Из Новосибирска 13 августа 1942 г. весь курс направили в Томск, где дислоцировалось артиллерийское училище. Молодые студенты прошли обучение по ускоренной программе и в апреле 1943 года были отправлены на фронт. За годы войны офицер Жуков Г.П. и его брат прошли боевой путь от реки Северский Донец, где приняли первый бой, до Одера, от Курска до Праги, как командиры огневых взводов, а затем батареи противотанковых пушек.

Геннадий Павлович имел четыре ранения, в том числе два – тяжелых. За годы войны был неоднократно награжден боевыми наградами, в том числе орденом Красного Знамени, Отечественной войны 1-й и 2-й степени, орденом Красной Звезды, медалью «За боевые заслуги», двумя медалями Чехословакии и двумя – Румынии, другими отечественными медалями.

За героические боевые действия 20 мая 1945 г. гвардии лейтенант командир батареи 33-го Гвардейского артиллерийского Висленского Краснознаменного ордена Б.Хмельницкого 20-го стрелкового полка Г.П. Жуков был представлен к присвоению звания Героя Советского Союза. В наградном листе сказано: «28-го апреля 1945 года в Германии во время контратаки немцев силой 10 танков, двух бронетранспортеров и двух рот пехоты батарея Жукова была отрезана от своей пехоты. Артиллеристы приняли неравный бой. Тов. Жуков лично стал за панораму одного из орудий и прямой наводкой подбил два танка и два транспортера. Целый день батарея героически дралась сседающим противником. Когда на помощь подоспела наша пехота, вокруг батареи валялось более 90 трупов немецких солдат и стояли два подбитых танка и два бронетранспортера. Рубеж батареи был удержан. Гвардии лейтенант Жуков достоин присвоения звания «ГЕРОЙ СОВЕТСКОГО СОЮЗА» с вручением ордена ЛЕНИНА и медали «ЗОЛОТАЯ ЗВЕЗДА».

Представление успешно прошло несколько инстанций, но, к сожалению, на последней было принято решение наградить его орденом Красного Знамени.

Победу Геннадий Павлович встретил 9 мая в Праге, правда, к сожалению, без брата-близнеца Вениамина: он погиб всего за два месяца до окончания войны.

После войны Г.П. Жуков продолжил обучение, но уже не в гражданском институте, а в Военной академии имени Ф.Э.Дзержинского. После установленного срока обучения он занимался освоением современной по тому времени электронной вычислительной техники М-20, М-50, которая в те годы бурно развивалась. В 1957 г. Жуков был направлен на научную работу в НИИ-4 Минобороны и несколько лет работал начальником лаборатории, начальником отдела Вычислительного центра института. Он участвовал в создании теоретических основ, а затем и алгоритмов и программ для моделирования на ЭВМ сложных процессов и систем, руководил специалистами нового направления – программистами для ЭВМ. Здесь же он защитил кандидатскую диссертацию по решению новой и трудной задачи – оптимизации целераспределения новых боевых средств по объектам вероятного противника.

Одновременно Г.П. Жуков исполнял обязанности секретаря Государственной комиссии, которая обеспечивала пуски стратегических ракет. Она же готовила знаменитые «тассовки», которые обычно начинались знакомыми всему миру словами: «ТАСС уполномочен заявить...». В них сообщалось о запусках советских ракет, выводящих на орбиту искусственные спутники Земли. На заседания Комиссии нередко приезжал Секретарь ЦК КПСС по обороне Брежнев Л.И. Он обычно не вмешивался в работу Комиссии, просто присутствовал при этих исторических событиях.

Следующий принципиально важный шаг творчества Геннадия Павловича – в июле 1964 г. он был назначен начальником нового формируемого отдела военно-экономических исследований и новых методов планирования и управления. Две лаборатории отдела пришлось комплектовать из специалистов с различной подготовкой и разного профиля: инженеров, математиков, экономистов.

Становление отдела шло по ходу выполнения новейших и сложнейших задач развития Ракетных войск стратегического назначения. Геннадию Павловичу помогал боевой опыт, неукротимая энергия, умение работать с людьми. За короткое время были подготовлены специалисты нового профиля. Отдел совместно с НИИ оборонной промышленности занимался разработкой методов прогнозирования стоимостных показателей сложных военно-технических систем, в конце 60-х гг. участвовал в стартовых разработках методологических и организационных основ программного планирования, обосновании структуры программных документов (Основных направ-

лений развития ВВТ РВСН и программ вооружения), методик военно-экономической оценки образцов ракетного вооружения).

По тематике выполняемых отделом работ Геннадий Павлович защитил докторскую диссертацию по системному подходу и экономико-математическому моделированию сложных систем, стал профессором. В эти годы он общался с выдающимися учеными, лауреатами Ленинской премии докторами наук генералами Соколовым А.И., Тюлиным Г.А., Мозжоринным Ю.А., Долговым В.Т., Маршалом инженерных войск Геловани А.В., с Президентом Академии наук СССР Келдышем М.В.

Труды отдела стали заметными в научном мире, использовались заказывающими управлениями, Научно-техническим комитетом РВСН, управлениями Генерального штаба Вооруженных Сил, соответствующим отделом Военно-промышленной комиссии при Президиуме Совмина СССР. Отдел проводил научные конференции, депонировал закрытые работы, т.к. в те годы результаты такого рода исследований не публиковались в открытой печати.

В связи с развитием потребности в специалистах военно-экономического профиля Министерством обороны было принято решение усилить подготовку таких специалистов на Военном факультете при Финансовом институте. Геннадий Павлович был приглашен на беседу к генерал-полковнику Дутову Владимиру Николаевичу, который был в те годы начальником Центрального финансового управления Министерства обороны. В результате в феврале 1976 г. Г.П. Жуков был назначен начальником кафедры экономики Вооруженных Сил.

Вновь созданная кафедра была сложной. Здесь, кроме традиционных, велось преподавание совершенно новых по тому времени дисциплин: машинная обработка военно-экономической информации, военно-экономический анализ и исследование операций. В это же время факультет стал готовить специалистов с высшим военным образованием.

За короткое время Г.П. Жуков создал кафедру высокого научного и методического уровня. Он пользовался огромным уважением всех, кто его знал.

После увольнения с военной службы Геннадий Павлович продолжал преподавательскую и научную работу. Был членом экспертного совета Высшей аттестационной комиссии и диссертационного совета факультета, а также экспертного совета Миноборонпрома. Он подготовил более 20 кандидатов и докторов наук, опубликовал около 130 научных работ, учебники и учебные пособия.

За активную учебную и научную деятельность и большой вклад в подготовку кадров он был награжден орденом «За службу Родине в Вооруженных Силах СССР». А 12 июля 2002 года Г.П. Жуков стал лауреатом Форума «Общественное признание» и получил диплом, подписанный академиками Велиховым Е.П., Чазовым Е.И., Алферовым Ж.И., Маршалом Советского Союза Язовым Д.Т.

Герой войны, специалист высочайшей квалификации, принципиальный и несгибаемый человек, большой ученый Геннадий Павлович Жуков останется в истории и нашей памяти как герой нашего времени, обаятельный и коммуникабельный человек, душа любой компании и будет всегда с нами как образец для подражания и восхищения.

Материал подготовлен доктором экономических наук профессором Викуловым С.Ф. совместно с дочерью Г.П. Жукова Ольгой Геннадьевной.

О.Б.Ачасов, кандидат технических наук,  
доцент  
Г.Н.Вылегжанин

## **Проблемы обеспечения эффективного решения задач силами общего назначения в современных условиях**

*В статье рассмотрены основные задачи, решаемые силами общего назначения на различных стратегических уровнях, проведен анализ современного состояния системы вооружения и обозначены цели строительства СОН. Определены проблемы обеспечения эффективного решения задач СОН в современных условиях и рассмотрены пути их решения.*

Прогноз развития военно-политической обстановки в мире показывает, что она будет характеризоваться активными и противоречивыми процессами геополитического переустройства, а также обостряющимися изменениями в международных отношениях. Попытки Соединенных Штатов Америки и их союзников ослабить роль международных институтов и демонстрация готовности использовать военную силу, не считаясь с нормами международного права, активизируют процесс пересмотра сложившейся системы межгосударственных отношений и ведут к снижению уровня доверия к существующим механизмам обеспечения безопасности.

Характеризуя перспективы военно-политического и, отчасти, экономического положения Российской Федерации в современных условиях, можно констатировать, что в обозримом будущем Россия останется в числе государств, оказывающих существенное влияние на развитие военно-политической обстановки в мире<sup>1</sup>.

Вместе с тем, наличие мощных наступательных группировок вооруженных сил стран, входящих в Организацию Североатлантического договора (НАТО), а также существование ряда нерешенных проблем и противоре-

чий во взаимоотношениях с ними обуславливают сохранение потенциальной опасности возникновения вооруженных конфликтов различной интенсивности на ближайшую перспективу на всем постсоветском пространстве.

Если рассматривать более отдаленную перспективу, например, до 2030 года, то имеются достаточные основания считать, что уровень существующих и потенциальных военных опасностей для России в значительной степени может повыситься [1].

Основные внешние военные угрозы национальной безопасности государства на ближайшую перспективу обозначены в Военной доктрине Российской Федерации. В данной статье будет рассмотрена одна из новых угроз, подаваемая мировым сообществом, и, в первую очередь, США, как повышение всеобщей мировой безопасности, а именно – «подталкивание» Российской Федерации к дальнейшему ядерному разоружению и, в первую очередь, в области тактического ядерного оружия (ТЯО)<sup>2</sup>.

1 Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года (утв. Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года») // Российская газета. – 2009. – 19 мая.

2 В 2009 году в Праге президент США Барак Обама, характеризуя складывающуюся ситуацию, сделал заявление, что «сейчас, наконец, Вашингтон готов совершить конкретные шаги в направлении мира, свободного от ядерного оружия. С помощью этих шагов США будут укреплять принципы ДНЯО и восстановят доверие к его авторитету и эффективности». В целях осуществления заявленных обязательств американцами была запущена инициатива «Глобальный ноль» («Global Zero»), которая предусматривает поэтапный демонтаж и верифицируе-

Определим, что тактическое ядерное оружие – ядерное оружие, предназначенное для отражения агрессии на театре военных действий (ТВД). ТЯО включает оснащенные ядерными боеприпасами тактические ракеты, авиационные бомбы, глубинные бомбы, торпеды, атомные фугасы и др. [2]. Кроме того, в отличие от стратегических наступательных вооружений, которые применяются в основном по запланированным неподвижным целям, для которых заблаговременно рассчитываются и вводятся в систему управления ракет полетные программы, ТЯО обладает более высокой оперативностью, способностью наносить удары по целям, появляющимся в ходе боевых действий, по подвижным группировкам войск и сил флота.

И хотя «хитрость» государств, имеющих на вооружении высокоэффективные неядерные ударные средства, объединенные в единую систему со средствами разведки и управления, вроде бы понятна, однако нестабильность в принятии решений в области военно-технической политики государства в последние годы не позволяет исключить вероятность рассмотрения вопроса о сокращении ТЯО, находящегося на вооружении ВС РФ, под каким-нибудь ярким лозунгом, например: важность перехода на гиперзвуковое оружие и оружие на новых физических принципах.

Особенно актуален вопрос о сокращении ТЯО в преддверии формирования государственной программы вооружения на очередной период (2016-2025 годы). Ответ на него можно дать, проанализировав задачи, возложенные на ТЯО в составе сил общего назначения (СОН), и рассмотрев возможные варианты развития СОН в период до 2025 года с учетом возможностей государства по обеспечению оборонных потребностей.

В настоящее время целью строительства сил общего назначения является придание межвидовым группировкам войск (сил)

---

мое уничтожение всех ядерных взрывных устройств, находящихся в арсеналах официальных и неофициальных членов ядерного клуба.

способностей по предотвращению внешних и внутренних военных угроз, локализации и нейтрализации вооруженных конфликтов, сдерживанию и отражению агрессии локального масштаба, обеспечению военной безопасности Российской Федерации в границах стратегических направлений.

В условиях локальной войны на силы общего назначения ложатся основные задачи по сдерживанию и отражению агрессии. Решение задач достигается решительными действиями по нейтрализации конфликта (блокированию и прекращению военных действий), а также демонстрацией готовности к усилению существующих и формированию новых группировок ВС РФ на стратегических направлениях за счет изменения исходного состояния и положения группировок сил общего назначения.

На региональном уровне силы общего назначения во взаимодействии с разнородными силами и средствами ядерного сдерживания, в первую очередь, оснащенными ТЯО, должны обеспечить срыв возможных наступательных операций. При этом основными задачами являются: срыв воздушных кампаний противника, недопущение завоевания им стратегического господства в воздухе и на море; срыв возможного наземного вторжения противника. Содержание задач конкретизируется для каждого стратегического направления и включает поражение отдельных объектов государственного управления, вооруженных сил агрессора и его союзников, элементов инфраструктуры на их территории и объектов военного сектора региональной экономики, а также воздействие на объекты в зонах воздушного пространства и морских акваторий вне границ Российской Федерации и ее союзников.

Исследования по обоснованию перспектив развития отечественных средств вооруженной борьбы, проводимые научно-исследовательскими организациями Минобороны России, показывают, что современный уровень технического оснащения и боевые воз-



возможности сил общего назначения не в полной мере соответствуют предъявляемым требованиям. Основной проблемой в части обеспечения боеготовности парка ВВТ является прогрессирующее физическое и моральное старение техники, значительное превышение темпов ее выхода из боевого состава над темпами восстановления исправности и обновления парка вооружений. Помимо этого, в настоящее время при сравнительной достаточности средств поражения практически отсутствуют современные средства разведки, спутниковой навигации, радиоэлектронного подавления, связи и на их базе автоматизированные системы управления войсками и оружием, особенно в тактическом звене боевого управления [3].

Приходится признать, что после краха мощных Вооруженных Сил СССР потенциал отечественных обычных вооружений значительно снизился и на сегодняшний день большую часть системы вооружения ООН составляет устаревшая техника, технический уровень которой не в полной мере обеспечивает паритет с образцами армий развитых зарубежных государств.

Кроме того, анализ, проведенный при условии выполнения мероприятий Государственной программы вооружения на 2011-2020 годы, которые ориентированы на практически максимальную загрузку предприятий ОПК, показал, что количественное соотношение сил группировок ОВС НАТО и ВС РФ по основным типам обычных вооружений на Западном стратегическом направлении в ближайшие пять – десять лет достигнет многократного перевеса в пользу альянса. Похожая картина складывается и на других стратегических направлениях.

Если допустить, что в рамках стремления к безъядерному миру принято решение о сокращении тактического ядерного оружия, то необходимым условием обеспечения военной безопасности России становится устранение образовавшегося военно-силового дисбаланса в первую очередь со странами НАТО

и Китаем в обычных вооружениях. А это можно осуществить двумя путями: первый – обеспечить симметричное по отношению к противнику развитие системы обычных вооружений; второй – создать такую систему вооружения, которая бы обладала способностью обеспечить действия ассиметричного характера.

Рассмотрим возможности обеспечения первого пути.

В рамках исследований, проводимых в научно-исследовательских организациях Министерства обороны России, показано, что требуемое количественное соотношение группировок сторон для обеспечения успешного оборонительного характера военной политики Российской Федерации в зависимости от вида средств вооруженной борьбы не должно быть больше, чем двукратным в пользу противника.

По нашим оценкам, чтобы достичь требуемого соотношения для устранения складывающегося дисбаланса в обычных вооружениях, необходимо в разы увеличить расходы на оснащение группировок ООН по сравнению с выделяемыми ассигнованиями. Если учесть, что на реализацию мероприятий действующей Государственной программы вооружения на 2011-2020 годы выделены беспрецедентно высокие ассигнования, большая часть которых идет на развитие системы вооружения ООН, то становится ясно, что устранение количественного дисбаланса экономически неоправдано.

При этом необходимо отметить, что на современном этапе развития средств вооруженной борьбы оценка возможностей противоборствующих сторон через количественную характеристику соотношения разнородных средств ВВТ (корабли, танки, самолеты, артиллерия и пр.) не является достаточно показательной. Необходимо учитывать не только «голые» боевые единицы, но и возможность их интегрального применения с учетом вклада современных средств разведки, связи и управления в повышение боевой эффек-

тивности в целом, для чего необходимо проводить моделирование боевых действий.

Второй путь связан с созданием системы вооружения совершенно нового технологического уровня.

В настоящее время ведущими зарубежными странами осуществляется масштабное целенаправленное реформирование своих вооруженных сил. Возрастающее значение приобретают высокоточное, электромагнитное, лазерное, инфразвуковое оружие, информационно-управляющие системы, беспилотные летательные и автономные морские аппараты, управляемые роботизированные образцы вооружения и военной техники.

В основополагающих документах нашей страны также декларируется, что Вооруженные Силы Российской Федерации должны быть оснащены образцами вооружений, не уступающими или превосходящими по своим характеристикам зарубежные аналоги, что, в свою очередь, должно достигаться за счет развития высокотехнологичного сектора ОПК<sup>1</sup>.

В соответствии с основными нормативными и правовыми документами в области обороны в числе приоритетных направлений совершенствования системы вооружения ВС РФ рассматриваются следующие [4]:

развитие систем и комплексов ВВСТ на основе технологий робототехники и интеллектуальных процессов управления;

приоритетное развитие высокоточного (высокоинтеллектуального) оружия с приданием ему способности интегрирования в межвидовые разведывательно-ударные системы;

развитие систем и комплексов нетрадиционного вооружения;

создание малогабаритных и сверхмалых средств вооруженной борьбы на основе микроминиатюризации и нанотехнологий, осо-

бенно для решения задач разведки, контрразведки и боевого управления;

создание базовых информационно-управляющих систем и их интеграция с системами управления оружием и комплексами средств автоматизации органов управления стратегического, оперативно-стратегического, оперативного, оперативно-тактического и тактического уровней и др.

Таким образом, Россия позиционирует себя как государство, способное обеспечивать технологические и технические «прорывы» в области развития средств вооруженной борьбы, а важнейшим условием развития системы вооружения ВС РФ объявлено, по меньшей мере, равенство с ведущими странами мира по техническому уровню вооружения и военной техники.

Однако сравнение выделяемых ассигнований двух прошедших лет на развитие системы вооружения ВС РФ и армии США показывают, что расходы на эти цели (закупки, нисокр, техническое обслуживание) в армии США в 2011, 2012 годах составили 369,67 млрд. долл. и 392,76 млрд. долл. соответственно<sup>2</sup>. На те же цели для развития системы вооружения ВС РФ в 2011, 2012 годах было выделено 770 и 1000 млрд. руб. соответственно, что на порядок меньше.

Помимо этого, неизменным условием успешного развития системы вооружения является своевременное создание научно-технического задела (НТЗ), являющегося базой для разработок новых образцов вооружения. Анализ перечня и содержания работ (фундаментальных, поисковых, прикладных и др.), выполняемых в рамках ГПВ-2020, показал, что доля (процент) специализированных разработок, направленных на обеспечение создания следующих поколений перспективного вооружения, остается крайне низкой, не соответствующей существующей практике ана-

1 Военная доктрина Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 5 февраля 2010 г. № 146 «О Военной доктрине Российской Федерации»). – М., 2010.

2 Ежегодник СИПРИ 2013. Вооружение, разоружение и международная безопасность. – М.: Наука, 2013. – 895 с.

логичных исследований, ведущихся в США и странах НАТО.

Например, в США объем финансирования фундаментальных, прикладных исследований и технологических разработок в 2012 году составил порядка 12 млрд. долл. США (это более чем в 100 раз больше, чем в России). Причем наблюдается фактически равномерное распределение ассигнований между всеми заказывающими управлениями МО США, что, прежде всего, говорит о важности развития элементов НТЗ для создания перспективных образцов вооружения всех видов и родов войск [5].

Сохранение подобных диспропорций в объемах финансирования разработок, направленных на формирование научно-технического задела, уже сегодня создает реальные предпосылки значительного отставания Российской Федерации в вопросах обеспечения военной безопасности и национальной безопасности в целом, поэтому говорить о создании системы вооружения совершенно нового технологического уровня в настоящее время преждевременно.

Бесспорно, характер развития отечественных образцов вооружения и военной техники должен определяться возможностью достижения технического и технологического уровня образцов, находящихся на вооружении мировых лидеров. Для этого необходимо повышать объемы финансирования работ по созданию НТЗ, по отдельным перспективным направлениям продолжать разработки и выходить на экспериментальные образцы ВВТ, расширять область исследований, направленных на обоснование следующих поколений перспективного вооружения, тогда на следующем этапе планирования развитие системы вооружения в направлении нового технологического уровня станет достижимым.

В целом, необходимо отметить, что хотя на мероприятия действующей государственной программы вооружения выделяются беспрецедентно высокие финансовые средства, снижение темпов роста ВВП и снижение це-

лого ряда показателей, влияющих на бюджетную политику, уже сегодня создают сложную ситуацию по их выполнению<sup>1</sup>.

Из этого следует, что ожидать коренного увеличения финансовых средств на развитие системы вооружения до 2025 года не придется, в лучшем случае сохранится существующая динамика расходов на оборону.

Подводя итог, можно констатировать, что в складывающихся условиях обеспечить финансирование рассмотренных путей развития системы обычных вооружений государству достаточно сложно. Кроме того, в современной ситуации необходимо учитывать недостаток временных ресурсов, необходимых для ликвидации количественного и качественного отставания от вероятных противников. Данный недостаток отчетливо обозначен на заседании «круглого стола» в Государственной думе Российской Федерации, на котором подводились итоги работы нового руководства Министерства обороны<sup>2</sup>.

Таким образом, необходимо признать, что для решения задач сдерживания и отражения агрессии на региональном уровне в настоящее время и на среднесрочную перспективу из доступных России средств именно ТЯО является и будет являться «уравнителем» сил сторон, лишаящим НАТО (а также Китай) военного превосходства в обычных вооружениях. Тактическое ядерное оружие должно рассматриваться как инструмент сдерживания потенциальных конфликтов на региональном уровне, и поэтому одним из основных направлений военно-технической политики Российской Федерации в области развития системы вооружения должно стать приоритетное поддержание и развитие в составе ВС РФ комплексов тактического ядерного оружия наземного, воздушного и морского

1 Министр финансов Российской Федерации Антон Силуанов сообщил, что Минфин обсуждает с Минобороны возможность переноса на два-четыре года части расходов по государственной программе вооружений / <http://www.minfin.ru>.

2 Строить – не ломать // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 49 (517). – С. 4.

видов базирования. Обязательным условием для успешного решения задач межвидовыми группировками, оснащенными ТЯО, должно стать сбалансированное развитие его как

класса вооружений, то есть должно быть обеспечено взаимное развитие обеспечивающих его боевое применение систем, в том числе необходимой группировки носителей.

#### **Список использованных источников**

1. Герасимов В.В. Будущее закладывается сегодня // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 10 (478). – С. 4.
2. Вопросы безопасности и стратегической стабильности в терминах и определениях // Под общей редакцией академика РАН Михайлова В.Н. – М.: Институт стратегической стабильности Государственной корпорации «Росатом», 2009. – 200 с.
3. Букреев Ю.Д. Пути повышения боеспособности Сухопутных войск и других сил общего назначения в системе стратегического сдерживания // Стратегическая стабильность. – 2009. – № 1. – С. 32-34.
4. Буренок В.М. Технологические и технические основы развития вооружения и военной техники. – М.: Граница, 2010. – 216 с.
5. 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 (20). – С. 41-56.

В.А.Горшков, доктор технических наук,  
профессор  
А.И.Крутоверцев  
А.А.Осадчиев, кандидат физико-математических наук

## **Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Постановка задачи**

*В настоящее время интерактивная электронная документация (ИЭД) широко применяется при производстве, эксплуатации и на других этапах жизненного цикла летательных аппаратов, становясь серьезной альтернативой бумажной документации. Тем не менее, для государственной авиации до сих пор не были разработаны и четко регламентированы критерии для оценки качества ИЭД летательных аппаратов. Цель данной работы заключается в создании методологии по выработке системы требований, предъявляемых к свойствам ИЭД летательного аппарата, выполнение которых позволит максимизировать эффективность и функциональность использования ИЭД.*

### **Введение и постановка задачи**

Документация летательного аппарата (ЛА), как и в случае любой большой технической системы (БТС), является его неотъемлемой функциональной частью. Совокупность нормативных, технических, эксплуатационных, ремонтных и прочих документов, имеющих непосредственное отношение к ЛА в рамках данной БТС, определяет собой его систему документации (СД). Для каждой модели ЛА, являющейся продуктом серийного производства, соответствующая ей уникальная СД должна представлять собой конечный и завершенный набор человеческих знаний, достаточный для обеспечения правильного функционирования ЛА в течение всех этапов его жизненного цикла, начиная от его сборки на заводе-изготовителе и заканчивая мероприятиями по его утилизации. СД должна быть представлена в материальном виде, пригодном для восприятия человеком или вычислительной машиной, и удовлетворять условиям полноты, функциональности, стабильности и ряду других требований.

В условиях современного развития информационных технологий и непрерывного

роста вычислительных мощностей серийных процессоров СД для ЛА целесообразно реализовывать в форме ИЭД. ИЭД представляет собой совокупность структурированных данных и электронных носителей информации, связь между ними осуществляется с помощью файловой системы, которая, в общем случае, определяет формат данных ИЭД и способ физического хранения информации на электронных носителях. В число возможных форматов данных ИЭД наряду с текстовыми файлами входят различные медиаформаты, такие, как изображения, аудио- и видеозаписи. Файловая система, кроме непосредственной организации доступа к данным через электронные носители, с помощью системы утилит может предоставлять сервисные возможности, такие, как поиск по данным или организация шифрования и разграничения доступа. Непосредственными преимуществами ИЭД перед другими существующими формами СД, в первую очередь, бумажными носителями, являются ее сравнительно высокая скорость работы, простота создания, использования и эксплуатации, мобильность, малая портативность, интерактивность.

Актуальность данной работы определяется фактическим моральным устареванием бумажной документации и перспективой ее последовательного перевода в электронную форму. В то же самое время для ИЭД государственной авиации до сих пор не была разработана теоретическая база для оптимизации эффективности и функциональности ИЭД с точки зрения ее технических и экономических характеристик. В рамках данной работы, опираясь на методы системного моделирования и методы вариационного исчисления, будет представлена и обоснована методология оптимизации качества ИЭД ЛА государственной авиации.

Проблеме оптимизации качества ИЭД ЛА государственной авиации посвящен цикл из двух статей. Данная статья является первой частью цикла, в ней представлена математическая формализация и постановка задачи.

### Общая макро модель ИЭД как части системы летательного аппарата

Первым шагом решения поставленной задачи будет разработка макро модели системы летательного аппарата (СЛА), в которой центральное место отводится ИЭД. В качестве основы для создания этой макро модели будет рассматриваться существующая рабочая макро модель БТС (РМБТС), описанная в работе [1]. Эта макро модель описывает взаимодействие БТС с внешней средой и человеком. Человек определяет внутреннюю структуру БТС на основе имеющихся внутренних ресурсов, а внешние условия являются входными

данными для работы получившейся БТС. Результаты работы БТС рассчитываются с помощью функции эффективности, которая зависит как от детерминированного поведения человека, так и от конфигурации внешних условий, которые могут иметь случайную природу или быть источником детерминированного хаоса для макро модели [2, 3].

Центральным понятием для РМБТС является понятие состояния БТС  $q$ , которое представляет собой оператор, ставящий в соответствие набору входных данных макро модели некоторый набор выходных данных. Конечное множество возможных состояний РМБТС, которое фактически является множеством доступных ресурсов, определяется как пространство существования модели  $D_s = \{q\}$ . Неопределенность состояния БТС, связанная с влиянием внешней среды, реализуется посредством введения функции  $P_s$  на пространстве существования модели  $D_s$ , которая задает вероятность реализации того или иного состояния БТС. Влияние человека на функционирование БТС в зависимости от ресурсов, распределенных в пространстве  $D_s$ , задается как элемент пространства функций  $D_\phi = \{\phi(q)\}$ , которая определяет конкретную реализацию организации БТС в зависимости от доступных ресурсов. Наконец, последним элементом РМБТС служит множество  $D_E$ , формализующее понятие эффективности работы БТС. Итак, РМБТС задается как вероятностное пространство  $|D_E, D_\phi, D_s, P_s|$  (рисунок 1).

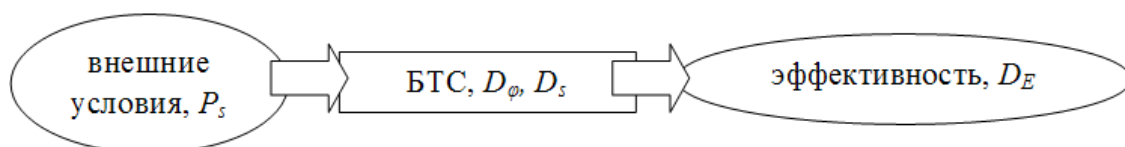


Рисунок 1 – Топология рабочей макро модели большой технической системы (РМБТС) (более подробно см. [1])

Центральным элементом в РМБТС служит вся БТС. Для того чтобы построить макро модель взаимодействия ИЭД с другими компонентами системы летательного аппарата (СЛА),

необходимо ввести ИЭД как центральный элемент в РМБТС. Для этого, в первую очередь, нужно разделить БТС на собственно ИЭД и прочие компоненты БТС, которые необходимо

вынести за рамки центрального элемента макромодели. Это можно сделать, задавая прочие компоненты БТС как внешние условия для центрального элемента, т.е. как входные данные (как внешняя среда в РМБТС), однако их нельзя смешивать с внешней средой, а необходимо определить отдельно как внутренние условия. Внутренние и внешние условия, безусловно, взаимодействуют друг с другом, а также воздействуют на ИЭД в качестве входных данных. Далее наряду с пространством состояний ИЭД (т.е. по аналогии с РМБТС) необходимо определить систему свойств ИЭД, которые являются ее внутренней структурой. Это позволит рассматривать свойства ИЭД в качестве управляющих параметров, определяющих функционирование системы, а макромодель – в качестве обоснования для выработки системы требований к ИЭД. Наконец, эффективность, которая играет роль выходных данных макромодели, необходимо разделить на экономическую и техническую составляющие, т.е. отдельно рассматривать, с одной стороны, стоимость разработки и функционирования ИЭД и с другой – качество функционирования ИЭД.

Для каждой конкретной реализации ИЭД все технические характеристики, которые гипотетически могут быть присущи ИЭД, принимают конкретные значения, и весь список этих значений может быть зафиксирован в виде технического описания ИЭД. Таким образом, пространство возможных состояний ИЭД  $A$  определяется как множество всех возможных технических описаний совокупности характеристик ИЭД.

Внутренние условия ( $U$ ), которые влияют на ИЭД ( $E$ ), включают в себя внутреннее устройство ЛА, квалификацию эксплуатирующего и обслуживающего персонала, материально-техническое обеспечение и прочие внутренние факторы СЛА. Они налагают определенные ограничения и связи на структуру ИЭД. Так, например, степень секретности устройства ЛА накладывает целый комплекс требований к защите информации, содержащейся в ИЭД, а материально-техническая база, с помощью которой используется ИЭД, влияет на формат медиафайлов ИЭД. Так как управляющим фактором макромодели должны стать свойства ИЭД (правильный выбор которых обеспечивает техническую и экономическую эффективность БТС), то управляющий фактор РМБТС, а именно, влияние человека на функционирование БТС, перестает быть управляющим фактором в новой макромодели, и поэтому он также должен быть отнесен к внутренним условиям.

Внешние условия ( $O$ ) как и в РМБТС влияют на центральный элемент макромодели, которым в данном случае является ИЭД. Однако, также внешние условия влияют и на внутренние условия, вынесенные за рамки центрального элемента. Тем самым, выходные данные макромодели, экономические (стоимость или, в более общей форме, ресурсоемкость ИЭД  $Q$ ) и технические (качество технического функционирования ИЭД  $C$ ), зависят от внешних и внутренних условий среды (рисунок 2).

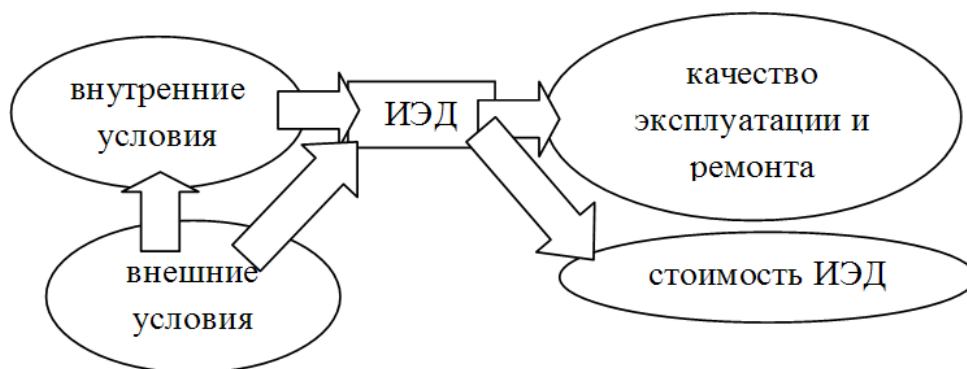


Рисунок 2 – Топология макромодели большой технической системы летательного аппарата (БТС ЛА), центральным элементом которой служит интерактивная электронная документация (ИЭД)

## Математическая формализация макромоде- ли ИЭД

Итак, в рамках представлений о топологической макромодели СЛА, известной из общей теории систем, вводится следующая структура ее составляющих элементов как формальных топологических объектов:  $E$  – ИЭД,  $A$  – пространство состояний ИЭД,  $U$  – внутренние конфигурационные условия (ВКУ),  $O$  – внешние условия (ВУ). Также для описания макромодели понадобится задать следующие формальные отображения, которые подробнее будут описаны ниже:

$L: E \times U \rightarrow R$  – структура ИЭД,

$Q: E \times A \times O \times U \rightarrow R$  – ресурсоемкость ИЭД,

$C: E \times A \times O \times U \rightarrow R$  – качество технического функционирования ИЭД.

Здесь и далее  $R$  будет обозначать множество действительных чисел.

1. Пространство существования макромоде-  
ли  $S$  определяется через конечный фиксированный набор возможных свойств ИЭД  $S_i$  (СИЭД). Каждое СИЭД  $S_i$  представляет собой отображение пространства состояний ИЭД  $A$  на некоторое подмножество поля действительных чисел  $B_i$ , т.е.  $S_i: A \rightarrow B_i$ .  $B_i$  может быть дискретным подмножеством, если рассматривается качественное СИЭД, например, существование системы разграничения доступа в ИЭД, или непрерывным, если оно соответствует количественному СИЭД, например, размеру базы данных ИЭД. Ввиду представления о СЛА как о системе конечных элементов, во всем множестве возможных свойств  $S_i$  можно выбрать конечное подмножество независимых СИЭД мощности  $N$ , которое фактически будет определять ортогональный базис для  $E$ . Таким образом,  $E$  можно рассматривать как конечномерное функциональное пространство, порожденное совокупностью СИЭД  $S_i, i=1, \dots, N$ , имеющее областью определения пространство состояний ИЭД  $A$ , а областью значений  $R^N$ . Таким образом,  $E = \{S_1, \dots, S_N\}: A \rightarrow B$ :

$$E = E(A) = S_1(A) \times \dots \times S_N(A) = B_1 \times \dots \times B_N = B.$$

2. Понятие пространства состояний ИЭД  $A$  тесно связано с понятием ИЭД, определенным выше. Пользуясь общими принципами макромоделирования, совокупность элементов пространства  $A$  можно определять как набор всевозможных различных конфигураций, однозначно задающих конкретные значения на всем множестве свойств ИЭД. В частности, можно представить пространство  $A$  как совокупность всех возможных технических описаний  $a$  количественных и качественных свойств ИЭД, для каждого из которых существует и единственный элемент  $b \in R^N$ , такой, что:  $E(a) = S_1(a) \times \dots \times S_N(a) = b_1 \times \dots \times b_N = b$ . В силу своего определения как прообраза подмножества конечномерного евклидова пространства  $A$  является конечным или счетным множеством.

3. Множество  $U$ , соответствующее всевозможным различным ВКУ, параметризуется сходным образом с множеством  $A$  и также является конечным или счетным. Каждый элемент  $u \in U$  задает систему связей и ограничений для множества СИЭД  $S_i$ . Ввиду определения  $E$  эту систему можно выразить как структуру ИЭД  $L: E \times U \rightarrow R$ , задаваемую системой равенств и неравенств  $L_i$ , переменными которой являются базисные СИЭД  $S_i, i=1, \dots, N$  и элемент  $u \in U$ :

$$L_i(E, u) = L_i(S_1, \dots, S_N, u) = 0, i=1, \dots, k;$$

$$L_i(E, u) = L_i(S_1, \dots, S_N, u) \geq 0, i=k+1, \dots, m.$$

Таким образом, для каждого  $u$  система уравнений  $L_i, i=1, \dots, k$  в общем случае снижает размерность базиса до  $l \leq N$ , а  $E$  уменьшает до собственного подпространства пространства нового базиса  $\{S_1, \dots, S_l\}$  в  $\{S_1, \dots, S_N\}$ .

4. Множество ВУ, обозначаемое как  $O$ , по-видимому, является наиболее сложно параметризуемым объектом макромоде-  
ли СЛА. Одним из ключевых свойств, которым в силу общих принципов системного проектирования, как правило, характеризуется воздействие ВУ на другие элементы макромоде-  
ли, является его нелинейная природа, что в некоторых случаях может стать источником дина-



мического хаоса в поведении макромоделей. Множество  $O$  параметризуется сходным образом с множествами  $A$  и  $U$  и также является конечным или счетным.

5. Отображение  $Q$ , определяющее численное значение ресурсоемкости ИЭД  $E$  на основе заданных конфигурации свойств  $a \in A$ , ВКУ  $u \in U$  и ВУ  $o \in O$ , служит одной из главных характеристик, учитываемых при разработке ИЭД. Управление значением  $Q$  происходит посредством вариации конфигурации свойств  $a$ , при этом должен учитываться выбор ВКУ и ВУ. Формальное описание отображения  $Q$  имеет следующий вид:

$$Q(E, a, u, o) = Q(S_1(a), \dots, S_N(a), u, o).$$

6. Семейство отображений  $C_i$  описывает влияние ВКУ и ВУ на качество технического функционирования ИЭД. Неравенства, налагаемые на отображения  $C_i$ , параметризуют технические характеристики, возникающие при эксплуатации ИЭД при заданных конфигурации свойств  $a \in A$ , ВКУ  $u \in U$  и ВУ  $o \in O$ . Таким образом, конечный набор численных значений функций  $C_i$  служит индикатором для макромоделей СЛА, так как именно обеспечение определенного уровня качества технического функционирования ИЭД является необходимым условием функционирования СЛА в целом и, в частности, имеет большое значение для обеспечения безопасности полетов. Таким образом, общий вид условий и ограничений на качество технического функционирования ИЭД определяется с помощью конечной системы уравнений на отображения  $C_i$  следующим образом:

$$\begin{aligned} C_i(E, a, u, o) = C(S_1(a), \dots, S_N(a), u, o) &= 0, \\ i &= 1, \dots, s, \\ C_i(E, a, u, o) = C(S_1(a), \dots, S_N(a), u, o) &\geq 0, \\ i &= s+1, \dots, t. \end{aligned}$$

### Постановка задачи оптимизации качества ИЭД

Описанная выше модель эксплуатации БТС ЛА может рассматриваться как динамическая система, входными данными для кото-

рой служат внешние и внутренние условия, меняющиеся с течением времени, а траектории представляют собой изменение оптимального набора свойств ИЭД при заданных условиях. Задача поиска этого набора, при котором ресурсоемкость и качество функционирования ИЭД удовлетворяют определенным ограничениям, может быть формализована методами вариационного исчисления. В этом случае поиск решения происходит с помощью принципа наименьшего действия для выбранной функции Лагранжа, которая и задает динамическую систему [4, 5]. Поэтому макромоделю можно рассматривать как лагранжеву динамическую систему. Для оперирования с системами такого типа разработан математический аппарат, на основе которого можно определить энтропию этой лагранжевой динамической системы и исследовать степень хаотичности траекторий макромоделей в зависимости от внешних и внутренних условий [6]. Таким образом, на основе разработанной макромоделей СЛА можно сформулировать условия для задачи оптимизации качества ИЭД. Каждая группа равенств и неравенств из числа сформулированных выше может служить как показателем качества функционирования ИЭД или ее эффективности, требующим максимизации, так и ограничивающим фактором в зависимости от конкретных условий, предъявляемых к СЛА. Таким образом, не только идентификация, но и разделение полученных математических соотношений на две эти группы являются значимыми частями постановки задачи.

Первой группой математических соотношений и одной из наиболее существенных качественных характеристик функционирования СЛА служит обеспечение определенного уровня качества технического функционирования ИЭД. В формальной макромоделе этой характеристике соответствует семейство отображений  $C$ .

Вторая группа математических соотношений, которую необходимо учитывать при разработке ИЭД, заключается в воспроизводстве

необходимой внутренней структуры и функциональности ИЭД в соответствии с требованиями нормативных документов, регулирующих сферу применения рассматриваемой СЛА, и реальными условиями эксплуатации. Данное свойство в макромодели СЛА описывается семейством отображений  $L$ .

Ввиду смысловой близости отображений из семейств  $C$  и  $L$  при формализации макромодели СЛА возможна выработка единого объединяющего семейства для параметризации внутренней структуры и функциональности ИЭД с одновременным обеспечением определенного уровня качества технического функционирования ИЭД.

Третья группа математических соотношений возникает в результате расширения первой и второй групп. В качестве количественного показателя при разработке ИЭД могут служить параметры дополнительной функциональности ИЭД, превышающей необходимые требования, описываемые первой и второй группами соотношений. В рамках макромодели эти параметры задаются на основе базисных свойств ИЭД  $S_i$  в пространстве существования ИЭД  $E$ .

Наконец, четвертой возможной группой математических соотношений, выражающей свойство оптимальности для ИЭД, является стоимость или ресурсоемкость ИЭД, которая задается формальным отображением  $Q$ .

Все четыре выделенные группы свойств могут служить в качестве показателей эффективности, за исключением второй группы, отображающей соответствие внутренней структуры ИЭД внешним требованиям. Поэтому на основе этих четырех групп математических соотношений, выражающих свойства оптимальности для ИЭД в составе СЛА, были сформулированы три наиболее естественные постановки задачи разработки ИЭД (таблица 1).

Таблица 1 – Варианты постановки задачи Лагранжа для разработки ИЭД (extr – показатель эффективности, lim – ограничивающий фактор)

Группа свойств оптимальности ИЭД	Номер оптимизационной задачи		
	1	2	3
Необходимая функциональность ИЭД, $C$	extr	lim	lim
Внутренняя структура ИЭД, $L$	lim	lim	lim
Расширенная функциональность ИЭД, $S_i$	–	extr	–
Ресурсоемкость ИЭД, $Q$	lim	lim	extr

Первая постановка задачи рассматривает первую группу соотношений как показатель эффективности, а вторую и четвертую – как ограничивающие факторы: «Максимизации функциональности ИЭД при воспроизводстве необходимой внутренней структуры и при ограничениях на ресурсоемкость ИЭД». Эта постановка задачи является наиболее общей и пригодной для широкого практического использования из-за того, что, как правило, априорно известны как ограничения на ресурсоемкость ИЭД, так и общие параметры внутренней структуры ИЭД.

В случае, когда можно ввести дополнительные ограничения на функциональность ИЭД, возникает вторая постановка задачи. В ней третья группа рассматривается как показатель эффективности, а первая, вторая и четвертая – как ограничивающие факторы: «Максимизации дополнительной функциональности ИЭД при обеспечении определенного уровня качества технического функционирования ИЭД, воспроизводстве необходимой внутренней структуры и функциональности ИЭД и ограничениях на стоимость ИЭД». Для этого необходимо ввести функцию  $C = C(C_1, \dots, C_t)$ , характеризующую общую функциональность ИЭД.

Третья постановка задачи, которая относится к более узким и частным случаям, чем первые две, рассматривает четвертую группу как показатель эффективности, а первую и вторую – как ограничивающие факторы: «Минимизация стоимости ИЭД при обеспечении определенного уровня качества технического функционирования ИЭД и воспроизводстве

необходимой внутренней структуры и функциональности ИЭД». Ниже приведена формальная математическая постановка всех трех задач в терминах вариационного исчисления в рамках топологической макромодели СЛА.

**Задача 1.**

Пусть  $E = \{S_1, \dots, S_N\}$  – конечномерное функциональное пространство,  $A, U, O$  – конечные или счетные множества. Необходимо для всех  $o \in O$ , для всех  $u \in U$  найти  $a_0 \in A$ , такое, что:

$$C(E, a_0, o, u) = \max_{a \in A} C(E, a, o, u) = \max_{a \in A} C_i(S_1(a), \dots, S_N(a), o, u).$$

При этом выполняются условия

1. Для всех  $o \in O$ , для всех  $u \in U$  верно:  
 $Q(E, a_0, o, u) = Q(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), o, u) \leq Q_{max}$ .

2. Для всех  $u \in U$  верно:

$$L_i(E, a_0, u) = L_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), u) = 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$L_i(E, a_0, u) = L_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), u) \geq 0, \quad i = k + 1, \dots, m.$$

**Задача 2.**

Пусть  $E = \{S_1, \dots, S_N\}$  – конечномерное функциональное пространство,  $A, U, O$  – конечные или счетные множества,  $\| \cdot \|$  – норма в пространстве  $R^N$ . Необходимо найти  $a_0 \in A$ , такое, что:

$$\|E(a_0)\| = \max_{a \in A} \|E(a)\| = \max_{a \in A} \|S_1(a) \times \dots \times S_N(a)\|.$$

При этом выполняются условия

1. Для всех  $o \in O$ , для всех  $u \in U$  верно:  
 $C_i(E, a_0, o, u) = C_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), o, u) = 0, \quad i = 1, \dots, s,$   
 $C_i(E, a_0, o, u) = C_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), o, u) \geq 0, \quad i = s + 1, \dots, t.$

2. Для всех  $o \in O$ , для всех  $u \in U$  верно:  
 $Q(E, a_0, o, u) = Q(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), o, u) \leq Q_{max}.$

3. Для всех  $u \in U$  верно:

$$L_i(E, a_0, u) = L_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), u) = 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$L_i(E, a_0, u) = L_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), u) \geq 0, \quad i = k + 1, \dots, m.$$

**Задача 3.**

Пусть  $E = \{S_1, \dots, S_N\}$  – конечномерное функциональное пространство,  $A, U, O$  – конечные или счетные множества. Необходимо для всех  $o \in O$ , для всех  $u \in U$  найти  $a_0 \in A$ , такое, что:

$$Q(E, a_0, o, u) = \min_{a \in A} Q(E, a, o, u) = \min_{a \in A} Q(S_1(a), \dots, S_N(a), o, u).$$

При этом выполняются условия

1. Для всех  $o \in O$ , для всех  $u \in U$  верно:  
 $C_i(E, a_0, o, u) = C_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), o, u) = 0, \quad i = 1, \dots, s,$   
 $C_i(E, a_0, o, u) = C_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), o, u) \geq 0, \quad i = s + 1, \dots, t.$

2. Для всех  $u \in U$  верно:

$$L_i(E, a_0, u) = L_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), u) = 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$L_i(E, a_0, u) = L_i(S_1(a_0), \dots, S_N(a_0), u) \geq 0, \quad i = k + 1, \dots, m.$$

**Решение задачи оптимизации качества ИЭД методами вариационного исчисления**

Математический аппарат вариационного исчисления, разработанный к настоящему времени, позволяет решать большой класс экстремальных задач такого типа с ограничениями типа равенств и неравенств. В частности, в достаточно распространенном случае, когда минимизируемая/максимизируемая функция имеет вид специального интегрального функционала, для нахождения ее экстремума используется уравнение Эйлера-Лагранжа [6]. Все три задачи, сформулированные выше, при выполнении ряда условий входят в класс гладких задач с ограничениями типа равенств и неравенств. Для задач из этого класса имеется хорошо разработанный общий метод их решения.

Первым этапом поиска решения задачи является формулировка ее конкретного вида, а именно, определение, какой конкретный вид имеют множества  $E, A, O, U$  и функции  $C, L, Q, \| \cdot \|$  (норма в пространстве  $R^N$ ). Далее полученная задача проверяется на гладкость, а

именно, являются ли непрерывными функции  $C, L, Q, \parallel \parallel$ . Так как часть функций  $S_i$  может быть дискретна, то и функции  $C, L, Q, \parallel \parallel$  могут быть дискретными по соответствующим переменным  $S_i(a)$ . Эту проблему можно обойти следующим образом. При решении оптимизационной задачи дискретные области значений функций  $S_i(a)$  можно расширить до непрерывных и рассматривать их как нечеткие множества [7], тем самым, функции  $C, L, Q, \parallel \parallel$  становятся непрерывными по всем переменным. Рассматриваемые значения переменных  $S_i(a)$ , выходящие за рамки изначально заданных дискретных множеств, получают интерпретацию на основе теории нечеткой логики и нечетких множеств.

Далее условия задачи записываются в следующем виде:

$$\begin{aligned} f_0(a) &= \|E(a)\| \rightarrow \max; \\ f_i(a) &= C_i(a) = 0, \quad i=1, \dots, s; \\ f_{s+i}(a) &= L_i(a) = 0, \quad i=1, \dots, k; \\ f_{s+k+i}(a) &= C_i(a) \geq 0, \quad i=s+1, \dots, t; \\ f_{t+k+i}(a) &= L_i(a) \geq 0, \quad i=k+1, \dots, m; \\ f_{t+m+1}(a) &= Q_{\max} - Q(a) \geq 0. \end{aligned}$$

Переменные  $o \in O, u \in U$ , которые по-прежнему входят в условия задачи, рассматриваются как параметры, а сама задача на этом этапе решается относительно  $a_0 \in A$ . Если переопределить коэффициенты  $s+k=r, t+m+1=n$ , то задачу можно записать короче:

$$\begin{aligned} f_0(a) &\rightarrow \max; f_i(a) = 0, \quad i=1, \dots, r \\ f_i(a) &\geq 0, \quad i=r+1, \dots, n \end{aligned}$$

Для такой постановки задачи справедлива следующая теорема (правило множителей Лагранжа для гладких задач с равенствами и неравенствами). Если  $\hat{a}$  является решением задачи, т.е.  $f_0(\hat{a})$  принимает максимальное значение для всех, тогда найдутся такие множители  $\hat{\eta}_0, \hat{\eta}_1, \dots, \hat{\eta}_n$ , для которых выполняются условия:

1. Условие стационарности функции Лагранжа  $\ell(a, \eta_0, \eta_1, \dots, \eta_n) = \sum_{i=0}^n \eta_i f_i(a)$  в точке  $(\hat{a}, \hat{\eta}_0, \hat{\eta}_1, \dots, \hat{\eta}_n)$ :

$$\frac{\partial \ell(\hat{a}, \hat{\eta}_0, \hat{\eta}_1, \dots, \hat{\eta}_n)}{\partial a} = \frac{\partial \sum_{i=0}^n \hat{\eta}_i f_i(\hat{a})}{\partial a} = 0.$$

2. Условие согласования знаков

$$\hat{\eta}_0 \leq 0, \quad \hat{\eta}_{r+1} \leq 0, \quad \dots, \quad \hat{\eta}_n \leq 0.$$

3. Условия дополняющей нежесткости

$$\hat{\eta}_i f_i(\hat{a}) = 0, \quad i=1, \dots, n.$$

Необходимо отметить, что в теореме описываются необходимые, но не достаточные условия для максимизирующего значения. В связи с этим, среди множества получившихся (в результате решения составленной системы уравнений) значений  $\hat{a}$  только часть (или даже только одно из них) действительно является максимальной точкой для функции  $f_0(a)$ . Кроме того, получившиеся значения  $\hat{a}$  будут зависеть от  $o \in O, u \in U$ , которые рассматривались в качестве управляющих параметров задачи. Таким образом, для каждой конкретной пары заданных внешних и внутренних условий  $o, u$  все получившиеся значения  $\hat{a} = \hat{a}(o, u)$  нужно проверять, например, по очереди подставляя их в функцию  $f_0$  и выбирая максимальное получившееся  $f_0(\hat{a})$ . В общем случае разным парам  $o, u$  могут соответствовать разные максимизирующие элементы  $\hat{a} = \hat{a}(o, u)$ . Исследование зависимости максимизирующего элемента  $\hat{a}$  от внешних и внутренних условий  $o \in O, u \in U$ , представляет собой обособленную задачу, которую необходимо рассматривать отдельно для каждого конкретного случая.

### Заключение

В данной работе предложена методология по выработке системы требований, предъявляемых к свойствам интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации, выполнение которых позволит максимизировать эффективность и функциональность использования

интерактивной электронной документации. В рамках этой методологии были сформулированы три альтернативные математические постановки задачи оптимизации качества интерактивной электронной документации, реализация которых зависит от конкретных условий, предъявляемых к летательному аппарату. Также приведен общий алгоритм решения

широкого класса реальных задач оптимизации качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов.

Решение этой задачи будет подробно рассмотрено во второй статье цикла: «Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Решение задачи».

#### **Список использованных источников**

1. Матвеевский С.Ф. Основы системного проектирования комплексов летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
2. Ивин А.А. Основания логики оценок. – М.: МГУ, 1970. – 230 с.
3. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Наука, 1972. – 496 с.
4. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
5. Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. – М.: Наука, 1979. – 430 с.
6. Тихомиров В.М., Иоффе А.Д. Теория экстремальных задач. – М.: Наука, 1979. – 479 с.
7. Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. Математические принципы нечеткой логики. – М.: Физматлит, 2006. – 352 с.

В.Б.Артеменко  
С.И.Безденежных

## Обзор системы оборонного заказа МО США

*Предлагается обзор устройства системы оборонного заказа МО США. Начиная с основных понятий, рассматриваются нормативно-правовые основы системы закупок. Далее раскрыто содержание трех основных подсистем: Объединенной системы разработки и интеграции характеристик; Системы планирования, программирования, бюджетирования и исполнения; Системы оборонного заказа. Где возможно, проводятся параллели с российской системой организации разработки и закупки ВВСТ. В заключении отмечены наиболее интересные, по мнению авторов, черты системы оборонного заказа МО США. Статья может представлять интерес для лиц, связанных с формированием и исполнением государственного оборонного заказа.*

Во всем мире расходование национального бюджета на оборону является предметом пристального изучения и острых дискуссий. В последние десятилетия безоговорочным лидером по объемам трат в этой области являются Соединенные Штаты Америки. Так, в 2013 г., по данным Стокгольмского института исследования проблем мира, США израсходовали на национальную оборону (без учета секретных программ NASA) 550 млрд. долларов, что является почти половиной общемировых финансовых трат на военные нужды.

В структуре оборонных расходов треть военного бюджета США приходится на долю программ приобретения вооружения (НИОКР и закупку). Приобретение и создание нового вооружения происходит за счет так называемой системы оборонного заказа (Defense Acquisition System). Система оборонного заказа США находится под пристальным контролем со стороны Конгресса (законодательный орган США), гражданского общества и руководства минобороны и постоянно совершенствуется. В связи с вышеизложенным, опыт формирования структуры управления закупками и созданием нового вооружения США может представлять интерес и для других государств.

Данная статья написана по открытым материалам с сайтов: <https://dap.dau.mil> (официальная энциклопедия системы заказов); <http://acqnotes.com> (база знаний по закупкам

МО США в аэрокосмической сфере); <http://comptroller.defense.gov/> (официальная страница ЗМО США); <https://ilc.dau.mil/> (официальная страница, посвященная интегрированной логистической поддержке ВВСТ); <http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/> (журнал по внедрению инноваций в МО США). Перевод используемых терминов произведен по смыслу, англоязычные оригиналы приведены в скобках.

### 1. Программы закупок и категории заказов

Прежде чем перейти к рассмотрению правовых основ системы закупок МО США и ее устройства, необходимо разъяснить фундаментальное понятие, используемое во всех нормативных документах США – *программа закупки* (acquisition program). Зачастую в нормативных документах речь о программе уже идет тогда, когда никакой фактической программы закупки или создания изделия еще не разработано. Это связано с тем, что в МО США практикуется так называемый проектный подход к управлению жизненным циклом, и каждая программа закупки, еще до ее непосредственной разработки и утверждения, уже рассматривается как отдельный проект (программа).

Под программой закупки (или просто программой) далее понимаются усилия и мероприятия, направленные на приобретение

чего-либо. *Приобретение*<sup>1</sup> в этом случае термин, который означает не просто покупку товара, а комплекс мер, направленных на появление в вооруженных силах необходимого материального обеспечения. То есть процедура приобретения может включать его разработку, конструирование, проведение испытаний, внедрение, обеспечение снабжения и т.п.

Каждая программа закупок управляется отдельным подразделением заказов (acquisition program office), каждое такое подразделение возглавляет *Руководитель программы* (Program Manager). Руководитель программы отвечает за сроки выполнения, расходование средств и соблюдение показателей программы (в том числе соответствие создаваемого изделия заданным ТТХ). Руководитель, как правило, имеет штат подчиненных, который включает офицеров, инженеров-техников, инженеров-испытателей, специалистов по логистике, финансистов и других специалистов, необходимых для качественного контроля выполнения программы.

Руководитель программы подчиняется Офицеру, ответственному за выполнение программы (Program Executive Officer). Однако руководители некоторых крупных или специальных программ подчиняются напрямую<sup>2</sup> Руководителю управления заказов вида (рода) войск (Component Acquisition Executive).

Офицер, ответственный за выполнение программы, подчиняется Руководителю управления заказов и, как правило, контролирует ряд схожих программ. Так же как и руководители программ, ответственные офицеры могут назначаться из кадровых офицеров во-

оруженных сил или из федеральных гражданских служащих.

Руководители управлений заказов непосредственно подчинены командующим (как правило, они находятся в ранге заместителей командующих родами (видами) войск). Однако все они в рабочем порядке подчиняются заместителю министра обороны по закупкам, технологиям и логистике<sup>3</sup> (Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics).

Заместитель министра обороны по закупкам, технологиям и логистике в соответствии с директивой МО 5000.01 является Ответственным за исполнение оборонного заказа (Defense Acquisition Executive). Ответственный имеет приоритет по всем вопросам, относящимся к закупкам и разработке вооружения, после министра и первого заместителя министра обороны США (Deputy Secretary of Defense). Таким образом, видимо, частично компенсируется влияние командующих видов (родов) войск на процесс закупок.

Все программы закупок в зависимости от их значимости относят к одной из нескольких категорий. Контроль над выполнением программы увеличивается с ростом ее значимости. Наиболее значительные усилия по контролю со стороны руководства минобороны и Конгресса США сфокусированы на так называемых Главных оборонных программах (Major Defense Acquisition Programs), которые относятся к категории «ACAT I», и Главных автоматизированных информационных системах (Major Automated Information System), относящихся к категории «ACAT IA».

Должностное лицо, ответственное за принятие решений о соответствии программы нормам и требованиям в ключевые моменты ее выполнения, называют *Ответственным за ключевые решения* (Milestone Decision Authority). В зависимости от категории программы Ответственный может быть в ранге заместителя министра обороны (по заказам, технологи-

1 В федеральных законах США термины приобретение (acquisition) и закупка (procurement) используются равнозначно. Однако, в бюджетных документах термин закупка (procurement) чаще упоминается в контексте статей бюджета (Procurement budget account) – источников финансирования, а не бюджетных категорий (исследования и разработки, эксплуатация и ТО и др.).

2 Таких руководителей называют «Напрямую докладывающими» (Direct Reporting Program Managers).

3 С 25 мая 2012 г. служащий Френк Кендал 3-й.

ям и логистике), командующего или руководителя управления заказов.

В таблице 1 приведены критерии отнесения программ к категориям и должности лиц,

назначаемых Ответственными за ключевые решения по этим программам.

Таблица 1 – Описание категорий заказов<sup>7</sup>

Категория	Критерии отнесения программы к категории	Ответственный за ключевые решения (MDA)
ACAT I	Программу относят к <i>Главным оборонным программам</i> (Major Defense Acquisition Program – MDAP) если: - стоимость программы утверждается заместителем министра обороны по закупкам, технологиям и логистике - совокупные затраты на этапах исследования, разработки и конструирования превышают \$365 млн. или стоимость поставки превышает \$2,19 млрд.	ACAT ID: заместитель министра обороны по закупкам, технологиям и логистике ACAT IC: Руководитель подразделения потребителя или (при назначении) Руководитель управления заказов
ACAT IA	Программу по созданию АСУ относят к <i>Главным автоматизированным информационным системам</i> (Major Automated Information System – MAIS) если расходы на программу превышают: за один (любой) год создания системы \$32 млн. (включая все циклы, для эволюционных систем); \$126 млн. для всех затрат на систему, начиная с Фазы анализа вариантов решения до полного внедрения (включая все циклы, для эволюционных систем); \$378 млн. для всех затрат на систему, начиная с Фазы анализа вариантов решения до снятия с эксплуатации (включая все циклы, для эволюционных систем).	ACAT IAM: заместитель министра обороны по закупкам, технологиям и логистике или назначенный ACAT IAC: командующий видом (родом) войск или (при назначении) Руководитель управления заказов
ACAT II	- не соответствует условиям для категории ACAT I - совокупные затраты на этапах исследования, разработки и конструирования превышают \$140 млн. или стоимость поставки превышает \$660 млн.	Руководитель управления заказов или назначенное им лицо
ACAT III	- не соответствует условиям для категорий ACAT II и ACAT IA	Назначается руководителем управления заказов

<sup>7</sup> Все цены в таблице приведены в ценах 2000 финансового года.

## 2. Нормативно-правовые основы системы оборонного заказа США

Федеральными законами США ответственность за оснащение вооруженных сил возложена на руководителей родов войск (СВ, ВМФ, ВВС). Часть 10 Кодекса США (сборник федеральных законов), определяющая организацию, структуру и деятельность ВС США, среди прочего касается вопросов закупок. В ней затрагиваются вопросы распределения ответственности, описание процедур заказа и необходимости отчета МО США перед Конгрессом за программы закупок. На-

ряду с Кодексом США деятельность МО США в области закупок регулируют еще три законодательных документа:

Федеральный закон о закупках (Federal Acquisition Regulation) (в некоторой степени аналог Федерального закона РФ от 05.04.2013 г. N 44-ФЗ);

сборник дополнений к Федеральному закону о закупках, составляемый МО США (Defense Federal Acquisition Regulation Supplement);

правила закупок в интересах отдельных структур МО США.



Кроме вышеперечисленных, форму законов имеют ежегодные Акты расходов на национальную оборону (National Defense Authorization Acts, в какой-то мере аналог Государственного оборонного заказа РФ). Содержание актов устанавливает требования, применимые как к конкретным программам, так и к системе закупок в целом. Акты являются одним из основных механизмов, с помощью которых Конгресс оказывает влияние на содержание и процедуры оборонного заказа.

Для разъяснения федеральных правил и собственных уточнений в МО США разработан и широко применяется ряд документов, раскрывающих порядок и установленные правоотношения в системе оборонного заказа. К ним относятся:

Директива МО США от 20.11.2007 г. №5000.01 «Система оборонного заказа»

(DoDD 5000.01: The Defense Acquisition System);

Инструкция МО США от 8.12.2008 г. №5000.02 «Функционирование системы оборонного заказа» (DoDI 5000.02: Operation of the Defense Acquisition System);

«Руководство по системе оборонного заказа» (Defense Acquisition Guidebook) с изменениями от 28.06.2013 г.;

Инструкция МО США от 10.01.2012 г. №3170.01H «Объединенная система разработки и интеграции характеристик» (CJCS Instruction 3170.01H: Joint Capabilities Integration and Development System);

Директива МО США от 25.01.2013 г. №7045.14 «Система планирования, программирования, бюджетирования и исполнения» (The Planning, Programming, Budgeting and Execution System).

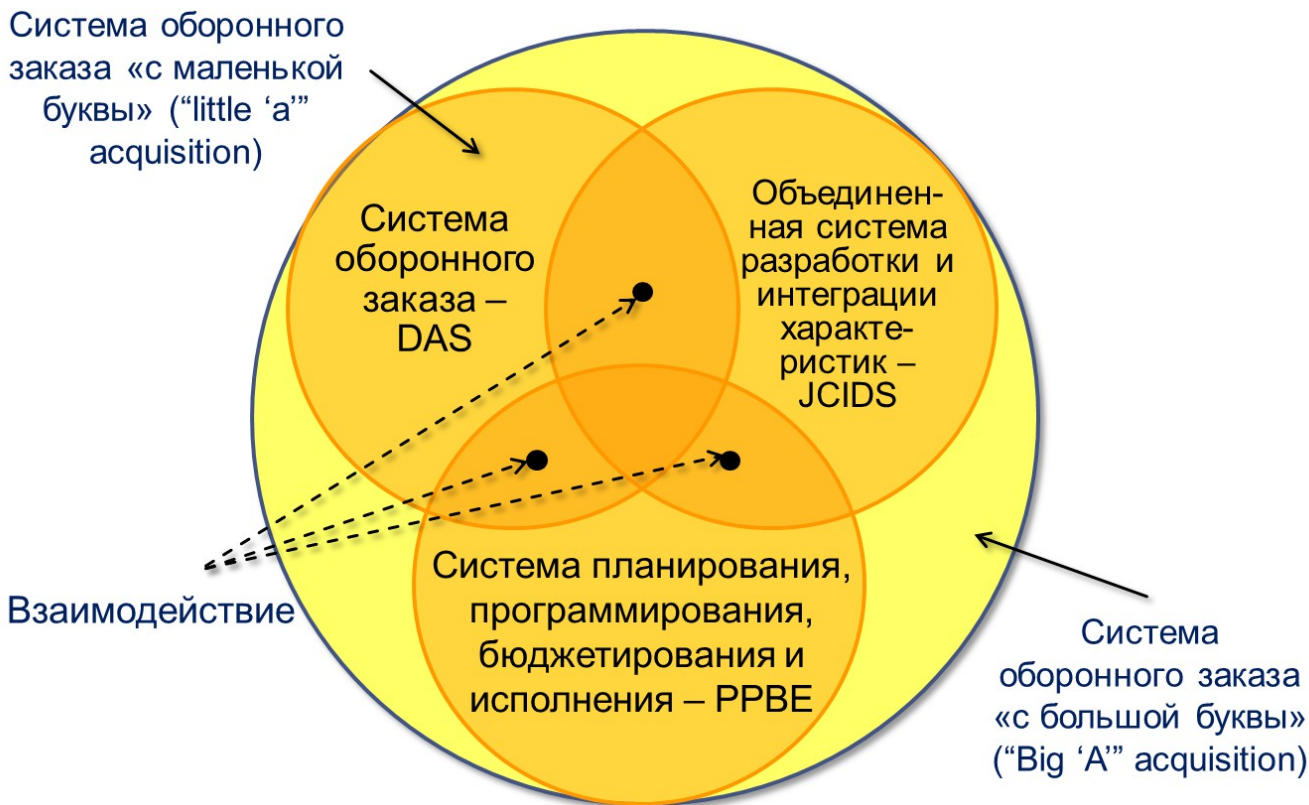


Рисунок 1 – Система оборонного заказа МО США

### 3. Система оборонного заказа

В соответствии с нормативно-правовыми документами МО США, от идеи до поставки предмет заказа проходит через трехступенчатый процесс:

определения потребности, выделения денежных средств и непосредственно приобретения. Эти три ступени организованы в следующие системы (рисунок 1):

1. Определение требований – Объединенная система разработки и интеграции характеристик (The Joint Capabilities Integration and Development System – JCIDS);

2. Выделение ресурсов и денежных средств – Система планирования, программирования, бюджетирования и исполнения (The Planning, Programming, Budgeting, and Execution System – PPBE);

3. Разработка, испытания и закупка – Система оборонного заказа (The Defense Acquisition System – DAS).

В правительстве США эти три, объединенные вместе, системы часто называют системой заказов «с большой буквы»<sup>1</sup> (“Big ‘A’ acquisition”) в противоположность Системе оборонного заказа «с маленькой буквы» (“little ‘a’” acquisition), описанной в директиве МО № 5000.1.

### 3.1 Объединенная система разработки и интеграции характеристик

Инструкция МО США 3170.01H определяет объединенную систему разработки и интеграции характеристик (The Joint Capabilities Integration and Development System – JCIDS) как процесс, с помощью которого МО США идентифицирует, оценивает и устанавливает приоритеты характеристик (потенциалов), которыми должны обладать вооружение и вооруженные силы, чтобы эффективно выполнять свои задачи. Поэтому о системе JCIDS обычно говорят как о *процессе задания требований*.

Возможности вооружения и вооруженных сил, сформулированные в ходе JCIDS, могут быть обеспечены разными способами. Например, желаемые возможности могут быть достигнуты изменением доктрины, обучением личного состава, реорганизацией структуры подразделений или приобретением (созданием) новых систем вооружения.

До 2003 г. при определении требований к вооружению МО США использовало так называемый подход на основе противодействия угрозам (threat-based, оформленный как Система формирования требований – Requirements Generation System). Однако руководство МО США пришло к мнению, что при подходе, основанном на противодействии угрозам, каждый вид и род войск выделяет специфические для него угрозы и вырабатывает меры, приводящие к созданию своих независимых систем вооружения. В результате чего в 2003 году была разработана и внедрена система JCIDS.

С внедрением в МО США системы JCIDS определение требований к вооружению начало происходить с использованием так называемого подхода на основе возможностей (capabilities-based). Другими словами, вместо разработки, производства и развертывания систем, предназначенных для отражения конкретных предполагаемых угроз, министерство обороны США перешло к политике определения характеристик, необходимых для решения задач, изложенных в стратегических руководящих документах и Четырехлетнем обзоре оборонной стратегии.

Основные задачи, стоящие перед новым процессом определения требований JCIDS, стали включать: выявление необходимых вооруженным силам возможностей и, вместе с тем, формулирование требований к вооружению, обеспечивающих достижение выявленных возможностей. При этом JCIDS проходит параллельно и в тесном взаимодействии с процессами Системы оборонного заказа (разработка изделия) и Системы планирования, программирования, бюджетирования и исполнения (выделение денежных средств).

Утверждение разрабатываемых требований возложено на так называемый *Совет по надзору за межвидовыми требованиями* (The Joint Requirements Oversight Council – JROC). Совет возглавляет Вице-председатель Объединенного комитета начальников штабов. Кроме него в совет входят помощники командующих войск (сил), заместители на-

1 В этой статье, следуя правилам русского языка, термин «система оборонного заказа» в широком смысле будет писаться с маленькой буквы, а Система оборонного заказа, определенная директивой МО США №5000.1 – с большой.

чальников отдельных служб и командиры войсковых подразделений (Combatant Commanders) (или их представители), в чьих интересах предполагается приобретение.

Взаимосвязь процессов определения требований и разработки (приобретения) изделий изображена на рисунке 2.

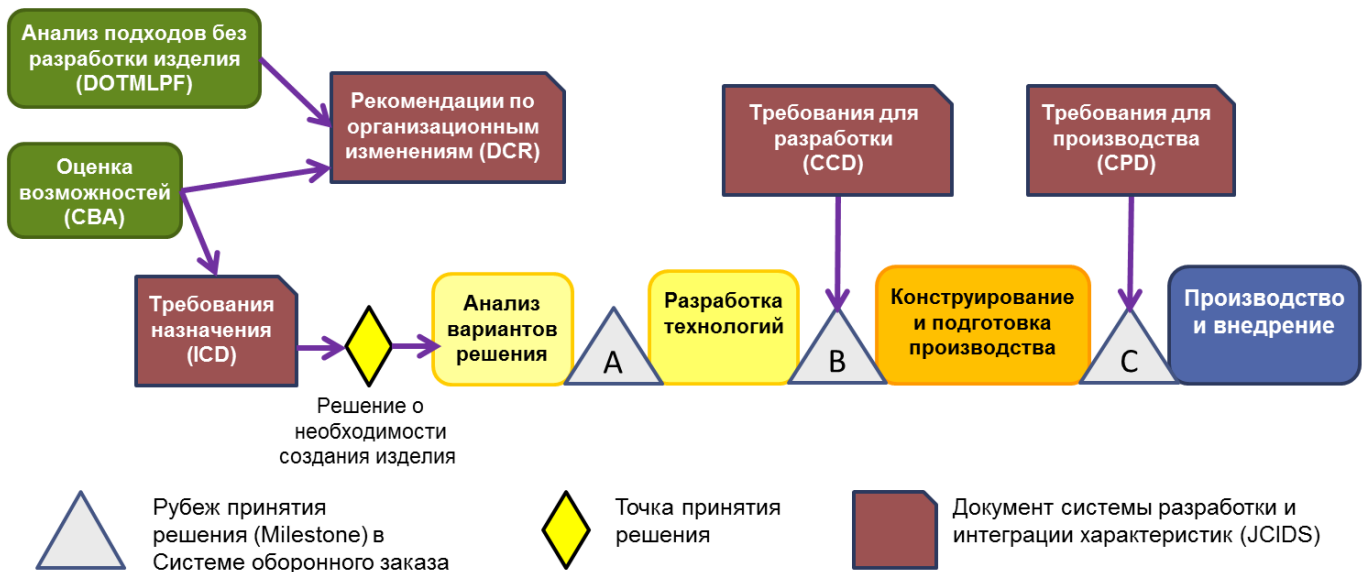


Рисунок 2 – Взаимосвязь процессов определения требований (JCIDS) и разработки изделия (DAS)

Процесс JCIDS включает четыре основных этапа:

1. Оценку возможностей (Capabilities Based Assessment);
2. Утверждение Требований назначения (Initial Capabilities Document);
3. Утверждение Требований для разработки (Capabilities Development Document);
4. Утверждение Требований для производства (Capabilities Production Document).

**Оценка возможностей** помогает выявить проблемные вопросы – так называемые *пробелы в возможностях* (capability gap), а затем на основе их анализа сформировать предложения по решению их организационным путем или путем приобретения (разработки) *изделий*<sup>1</sup>.

В ходе оценки возможностей проводят функциональный анализ области деятельности (Functional Area Analysis), функциональный анализ потребностей (Functional Needs Analysis), функциональный анализ возможных решений (Functional Solutions Analysis).

В рекомендациях по разработке нового изделия не содержится каких-либо конкретных характеристик возможного изделия. Они обычно указывают на возможный тип решения и общие его черты (например, что выявленные «пробелы» могут быть устранены с помощью АСУ, функционирующего в таком-то звене и т.п.). С этой точки зрения результаты оценки возможностей формируют граничные условия для этапа анализа альтернатив, проводимого в дальнейшем в Системе оборонного заказа.

Если результатом оценки возможностей является рекомендация о создании изделия (системы вооружения), вторым шагом (в рамках процесса JCIDS) разрабатывается и утверждается документ, определяющий **требования**

имущества, инженерных сетей и сооружений).

1 Словарь военных терминов МО США (DOD Dictionary of Military Terms) определяет изделие (materiel item) как объект, предназначенный для всестороннего обеспечения военной деятельности вне зависимости от того применяется он в управленческих или в боевых целях (например: корабль, танк, САУ, самолет, АСУ, необходимый ЗИП, оборудование для обслуживания, за исключением недвижимого

**назначения** изделия (Initial Capabilities Document – ICD). Требования назначения описывают проблемы и пути их решения с точки зрения стратегии и ее ограничений, соответствующего спектра военных операций, необходимых возможностей и желаемых результатов. Требования назначения являются руководящим документом для фаз определения концепции и разработки технологий и используются при анализе альтернатив и принятии решения о прохождении так называемого Рубежа А.

Надо отметить, что в последние годы в случае необходимости решения неотложных вопросов по устранению выявленных пробелов вместо Требований назначения могут подготавливаться Срочные оперативные требования (Urgent Operational Need) или Неотложные оперативные требования (Emergency Operational Need).

После рассмотрения проекта Требований назначения Совет по надзору за межвидовыми требованиями может поступить одним из трех способов:

решить, что операционные риски низки и никаких действий больше не требуется;

рекомендовать организационные меры для устранения выявленных «пробелов» в возможностях;

утвердить требования назначения для инициации процесса создания нового изделия.

Если Совет подтверждает необходимость разработки изделия, программа переходит в зону ответственности Системы оборонного заказа. Утвержденные требования назначения в дальнейшем не пересматриваются.

Формально программа закупки (создания нового образца) начинается после того, как Ответственный за ключевые решения примет решение о необходимости создания нового изделия. При этом Ответственный может принять решение о начале программы с любого<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Большая часть программ США по созданию изделий начинаются с Рубежа В, т.е. основываются на уже зрелых технологиях.

рубежа системы оборонного заказа, если она удовлетворяет соответствующим требованиям.

Программа разработки нового изделия, как правило, начинается с этапа Анализа вариантов решения, в ходе которого проводится анализ альтернатив, выбирается конкретный вариант изделия, наилучшим образом удовлетворяющий Требованиям назначения, создается проект Требований для разработки, оценивается стоимость программы по созданию изделия.

Следующий значимый шаг – утверждение **Требований для разработки**. Совет по надзору за межвидовыми требованиями осуществляет этот шаг в конце этапа «Разработка технологий». К этому моменту должен быть разработан облик и состав изделия, испытаны технологии, предполагаемые к использованию в изделии, утверждены целевые показатели программы, детализирующие характеристики выполнения, временные и стоимостные показатели программы.

В Требованиях для разработки впервые с начала программы появляются основные характеристики (Key Performance Parameters) и основные свойства системы (Key System Attributes) будущего изделия. Также в новом документе содержится расчет стоимости жизненного цикла (Life-Cycle Cost) или, если возможно, общая стоимость владения (Total Ownership Costs).

По всей видимости, требования для разработки – наиболее близкий по смыслу документ к отечественному ТТЗ. На его основе разрабатывается программа испытаний опытного образца и заключается контракт на конструирование и опытное производство изделия. В то же время, даже после утверждения, в ходе разработки изделия этот документ может быть частично пересмотрен.

**Требования для производства** – четвертый шаг и третий основной документ, разрабатываемый в ходе JICDS. В нем сосредоточена информация, используемая при производстве и эксплуатации изделия, а также для

проверки его работоспособности (технической приемке). До определенной степени этот документ соответствует техническим условиям по ГОСТ 2.114-95.

### 3.2 Система планирования, программирования, бюджетирования и исполнения

Следуя нормативным документам, система планирования, программирования, бюджетирования и исполнения (The Planning, Programming, Budgeting and Execution – PPBE)

предназначена для обеспечения вооруженных сил наилучшим сочетанием людей, вооружения и предметов снабжения в рамках существующих бюджетных ограничений. Несмотря на всеобъемлющую цель, PPBE часто рассматривают просто как процесс выделения бюджетных ассигнований. В соответствии с названием он включает четыре стадии (рисунок 3): планирование, программирование, бюджетирование и исполнение.



Рисунок 3 – Система планирования, программирования, бюджетирования и исполнения

На стадии **планирования** Секретариат министра обороны (Office of the Secretary of Defense) совместно с Объединенным штабом (Joint Staff), учитывая пожелания департаментов МО (Military Departments) и оборонных агентств (Defense Agencies), анализируют стратегические руководящие документы<sup>1</sup> и

Четырехлетний обзор оборонной стратегии (Quadrennial Defense Review). Результаты анализа руководящих документов сводятся в

военную стратегию (National Military Strategy), Национальную оборонную стратегию (National Defense Strategy), Национальную стратегию обороны Отечества (National Strategy for Homeland Defense), Стратегию национальной безопасности (National Security Strategy).

1 К таким документам в США относят: Национальную

«Рекомендации по планированию» (Defense Planning Guidance). Этот документ учитывает возможные изменения геостратегической и политической обстановки на пяти-, десяти- и двадцатилетний период.

Стадия **программирования** начинается с разработки управлениями видов и родов войск МО США так называемых «Меморандумов программ» (Program Objective Memorandum). В ходе разработки, руководствуясь «Рекомендациями по планированию», управления МО составляют перечень желаемых программ, учитывая доведенные предварительные финансовые ограничения. На выходе в меморандумах отражают назначение, цели предлагаемых программ, время их выполнения, а также распределение на ближайшие пять лет сил и средств, необходимых для их выполнения. Управления по своему усмотрению могут разрабатывать и представлять Меморандумы программ, финансирование которых не обеспечено.

Секретариат министра обороны совместно с Объединенным штабом и назначенными командирами войсковых подразделений (специалистами) рассматривает предложенные управлениями МО меморандумы и, при необходимости, объединяет их. Изменения, внесенные специалистами в частные меморандумы, оформляются в виде «Ресурсных решений<sup>2</sup>» (Resource Management Decision), утверждаются министром и доводятся до подразделений, разработчиков меморандумов, для учета.

**Бюджетирование** происходит параллельно с этапом программирования. Каждое подразделение одновременно с разработкой меморандума программы формирует бюджетную заявку (Budget Estimate Submission). Бюджетная заявка отражает необходимое финансирование по каждой программе только на следующий год, но содержит больше финансовых атрибутов. До утверждения все заявки рассматриваются и согласуются Секре-

тариатом ЗМО и Административно-бюджетным управлением при президенте США (Office of Management and Budget). Внесенные ими изменения отражаются все в тех же «Ресурсных решениях» и через них доводятся до заинтересованных подразделений. Обновленные заявки представляются в Административно-бюджетное управление, где в сведенном виде в составе Президентского проекта бюджета (President's Budget request) представляются на рассмотрение и утверждение в Конгресс.

Анализ **исполнения** обеспечивает механизм обратной связи для контроля текущего и будущего выделения ресурсов. Во время выполнения программы оцениваются на соответствие установленным показателям эффективности, в том числе по темпам финансирования прямых обязательств и других расходов.

### 3.3 Система оборонного заказа

Согласно директиве МО США от 20.11.2007 г. №5000.1 Система оборонного заказа (The Defense Acquisition System – DAS) представляет собой управленческий процесс, посредством которого МО США покупает и разрабатывает ВВСТ и другие материальные средства. Процессы, описанные в документах Системы оборонного заказа, в некоторой степени схожи с процессами отечественной Системы разработки и постановки продукции на производство (ГОСТ РВ 15.ХХХ).

Для контроля и управления программами в системе оборонного заказа используются так называемые «рубежи» (milestones) (рисунок 4).

На каждом рубеже, прежде чем программа перейдет на следующий этап, она проверяется на соответствие заданным нормам и требованиям. Выделяют три рубежа:

Рубеж А – начало разработки технологий;

Рубеж В – начало конструирования;

Рубеж С – начало производства и внедрения.

2 До 1.10.2012 г. – Решения по финансированию программы (Program Budget Decision PMB).



Рисунок 4 – Система оборонного заказа МО США

После принятия решения о необходимости разработки изделия программа может быть начата с любого из трех рубежей, если она удовлетворяет соответствующим критериям для этого рубежа.

Для новых изделий, после решения о необходимости их создания, первой фазой является «**Анализ вариантов решения**» (Material Solution Analysis). В ней оцениваются возможные варианты концептуальных проектов изделия, которое реализовывало бы необходимые возможности. Во время этой фазы проводится анализ альтернатив (Analysis of Alternatives) и разрабатывается Стратегия разработки технологий (Technology Development Strategy).

Назначение анализа альтернатив, как видно из названия, состоит в исследовании возможных альтернативных методов достижения необходимых характеристик. Анализ включает сравнение эффективности, стоимости жизненного цикла (включая стоимость создания), планов и концепций применения, возможных рисков и ключевых технологий, ассоциированных с каждой предложенной альтернативой, включая чувствительность

каждой альтернативы к возможным изменениям требований.

При утверждении определенного, выбранного при анализе альтернатив, решения одновременно происходит утверждение стоимости предстоящей разработки. Поэтому, по своему усмотрению Ответственный за ключевые решения может поручить не связанной с проектом Группе анализа и корректировки расходов (Cost Analysis Improvement Group) представить независимый расчет стоимости программы.

Стратегия разработки технологий должна включать: рассмотрение вопроса выбора способа разработки технологий – эволюционного (evolutionary) или одноступенчатого (single-step); предложения в будущую стратегию приобретения (Acquisition Strategy); специфические стоимостные, временные и целевые показатели для каждой разрабатываемой технологии, входящей в изделие.

Переход к следующей фазе осуществляется после выполнения условий Рубежа А и выделения ассигнований для финансирования следующего этапа. Рубеж А может быть пройден только после утверждения Ответствен-

ным за ключевые решения, выбранного при анализе альтернатив концептуального проекта изделия, а также его Стратегии разработки технологий.

В фазе **«Разработка технологий»** происходит создание, отработка и испытание новых технологий, предполагаемых к использованию в изделии. Чтобы считаться отработанными или, как принято говорить, зрелыми (mature), технологии испытывают в адекватных или реальных эксплуатационных условиях. Для этого предприятия промышленности создают и представляют на испытания прототипы разрабатываемых систем. В отношении критических для изделия технологий задача разработки прототипа может быть поставлена одновременно нескольким конкурирующим предприятиям промышленности. Кроме всего, в этой фазе разрабатывают проект Требований для разработки изделия и Стратегию обеспечения надежности, работоспособности и ремонтпригодности (Reliability, Availability, and Maintainability Strategy).

Здесь следует обратить внимание на разницу толкования термина технология в отечественной и иностранной литературе. В США под технологией понимают не только процессы, необходимые для создания чего-либо, но и по сути конструкции составных частей, реализующие определенные требования. Другими словами, на этапе разработки технологий часто создают реальные прототипы составных частей изделия.

Фазу разработки технологий считают завершенной, когда в адекватных условиях продемонстрирована работоспособность критических для изделия технологий, их производственный процесс, а также сформирована реализуемая (или инкрементная) программа создания изделия.

Чтобы пройти Рубеж В, Ответственный за ключевые решения, кроме всего прочего, должен утвердить Стратегию приобретения (Acquisition Strategy), Целевые показатели программы (Acquisition Program Baseline) и

форму договора, по которому будет произведен заказ системы.

Целевые показатели программы детализируют показатели выполнения, временные и стоимостные показатели программы. В этом документе также указаны как целевые (желаемые), так и пороговые (допустимые) значения тактико-технических характеристик создаваемого изделия.

В фазе **«Конструирование и подготовка производства»** (Engineering and Manufacturing Development Phase) происходит непосредственно конструирование изделия – все разработанные технологии интегрируются в единую систему (проводится т.н. системная интеграция), кроме того проводятся мероприятия подготовки производства (включая разработку процесса производства, планирование массового производства, управление стоимостью).

Как правило, для перехода программы в фазу конструирования используемые в ней технологии должны быть зрелыми (отработанными). Тем не менее, это не догма. Программа может быть переведена Ответственным через Рубеж В даже тогда, когда разработка части технологий, предполагаемых к использованию в создаваемой системе, еще не завершена. Некоторые технологии, испытания которых еще не окончены, могут оставаться в фазе разработки технологий, если остальные обеспечивают достижимые и полезные характеристики создаваемого изделия. Подход к разработке изделий, когда осуществляется переход к конструированию и интеграции зрелых технологий и одновременно производится снижение рисков использования еще не зрелых технологий (которые могут быть интегрированы позднее), в МО США называют эволюционным заказом (Evolutionary Acquisition). В настоящее время эволюционный заказ рекомендуется как основная форма приобретения новых изделий. По сути это программа модернизации, которая разрабатывается на этапе создания изделия.



Фаза конструирования и подготовки производства состоит из двух этапов: этапа системной интеграции, также известного как Проектирование интегрированной системы (Integrated System Design) и этапа испытаний (этапа Демонстрации возможностей системы и процесса производства (System Capability & Manufacturing Processes Demonstration)).

На этапе системной интеграции различные подсистемы объединяются в одну, разрабатывается рабочая конструкторская документация и собирается опытный образец всего изделия. Например, в отношении авианосца, системная интеграция заключается в объединении в одном корабле авиационной катапульты, РЛС, ядерного реактора и других подсистем.

Для перехода от этапа системной интеграции к этапу испытаний системы Ответственный за ключевые решения должен рассмотреть и согласовать Оценку предварительного анализа проекта (Post-Preliminary Design Review Assessment) и Оценку критического анализа проекта (Post-Critical Design Review Assessment). Эти оценки соответственно определяют, в какой степени создаваемая система удовлетворяет заложенным требованиям и в какой степени готова рабочая конструкторская документация.

В ходе испытаний опытный образец подвергается проверкам на соответствие основным тактико-техническим характеристикам. Кроме этого, проверяется возможность постановки разрабатываемого изделия на производство.

Этап конструирования и подготовки производства завершается, когда опытный образец системы в результате испытаний в адекватных (или реальных эксплуатационных) условиях доказал свое соответствие заданным ТТХ, а также продемонстрированы основные производственные процессы для начала серийного производства изделия.

Для последующего перехода в фазу «**Производства и внедрения**» (Production and

Deployment) должно быть выполнено несколько условий:

1. Опытный образец должен успешно пройти все испытания.
2. Должно быть продемонстрировано, что создаваемое изделие совместимо с другими системами и может быть оперативно обслужено.
3. Подготовлено обоснование реализуемости программы.
4. Должно быть обеспечено полное финансирование программы.

На Рубеже С Ответственный за ключевые решения дает разрешение начать мелкосерийное (единичное) производство изделий. Это решение призвано обеспечить подготовку процессов производства и контроля качества для более крупных серий, а также позволяет произвести предсерийные образцы для проведения Государственных испытаний (Operational Test and Evaluation).

После завершения Государственных испытаний, демонстрации адекватного управления процессами производства и с согласия Ответственного за ключевые решения производство может быть выведено на полную мощность.

После поставки определенного количества систем и выполнения ряда других условий программа проходит так называемую точку Начала применения (Initial Operating Capability), после которой приступают к эксплуатации системы. К этому моменту обычно налаживают обслуживание, логистику, взаимодействие с другими боевыми системами, обучение персонала и т.п. Однако по результатам войсковой эксплуатации в систему все еще могут вноситься изменения.

Когда поставка и работы полностью завершены, налажено обучение и обслуживание, программа подходит к заключительной Точке полномасштабного применения (Full Operational Capability).

#### 4. Выводы

В заключение, отметим наиболее интересные черты системы оборонного заказа США:

1. Открытость информации о функционировании системы оборонного заказа. Так, кроме множества официальных сайтов существует шесть ведомственных и еще несколько коммерческих журналов, посвященных данной тематике.

2. Закрепление в руководящих документах проектного подхода управления жизненным циклом, реализующего процедуры, описанные в стандарте ISO 21500 (созданного на базе PMBoK).

3. Концентрирование специалистов, необходимых МО США для руководства и контроля выполнения программы, в отдельном подразделении заказа (acquisition program office), контролирующем одну программу.

4. Разделение оборонных программ по важности и стоимости на несколько категорий и увеличение контроля над ними с ростом их значимости.

5. Возможность параллельного выполнения одних и тех же работ на ранней стадии разработки несколькими конкурирующими организациями.

6. Регламентирование подхода к определению требований на основе возможностей (JCIDS), результатом которого может быть как решение о создании изделия, так и рекомендации о проведении организационных мероприятий.

7. Отсутствие единого документа, определяющего требования к изделию. В ходе разработки выходит последовательность документов (ICD, CCD, CPD и др.), уточняющая характеристики создаваемого изделия, которые не являются догмой и могут изменяться. Неизменяемым является только документ, задающий требования назначения (основные функции).

8. Существование т.н. эволюционного заказа, когда часть составных частей (с незрелыми технологиями) будет создана и установлена (заменена) позже, во время спланированной на этапе разработки модернизации изделия.

Ю.Л.Козирацкий, доктор технических наук, профессор  
А.В.Иванцов, кандидат технических наук

## **Оценка оперативности выполнения противником циклических задач поражения в условиях противодействия его техническим средствам разведки**

*При оценке эффективности противодействия техническим средствам разведки важно учитывать его вклад в конечную эффективность системы поражения, в интересах которой функционирует система разведки, определяемую математическим ожиданием времени поражения объектов противостоящей стороны, а также дисперсией этого времени. Разработана методика определения среднего времени поражения, позволяющая оценивать оперативность поражения объектов с учетом вероятностно-временных показателей эффективности процесса разведки. Показано, что среднее время поражения при больших значениях вероятности правильного обнаружения определяется средним временем выполнения задачи разведки. При уменьшении вероятности правильного обнаружения до 0,4 и ниже среднее время поражения резко возрастает.*

При оценке мероприятий и средств противодействия техническим средствам разведки (ПД ТСР) противника в качестве показателей эффективности противодействия различным видам технических разведок рассматриваются, как правило, показатели информационного уровня, позволяющие оценивать эффекты, возникающие в результате противодействия. Как известно, эти эффекты носят вероятностно-временной характер, то есть проявляются в снижении вероятностных показателей функционирования системы разведки или увеличении времени, необходимого для выполнения задачи разведки.

Однако при обосновании требований к средствам и способам ПД ТСР противника необходимо оценивать влияние исследуемых средств и способов на конечную эффективность системы поражения, в интересах которой функционирует система разведки.

На практике при исследовании процессов, связанных с ведением разведки и комплексного (радиоэлектронного и огневого) поражения, а также с ведением защитных действий от разведки и поражения возникает необходи-

мость в определении показателей, отражающих оперативность достижения поставленной цели. Кроме того, актуальным является количественная оценка хода и исхода циклических информационных процессов, когда предыдущий цикл связан с последующим информационным циклом через некоторый процесс поражения, эффективность которого зависит от характеристик предыдущего цикла, а наступление последующего информационного цикла связано с исходом поражения [1]. Одним из ключевых показателей, определяющих эффективность выполнения системой комплексного (огневого и радиоэлектронного) поражения своих задач, является математическое ожидание времени, затрачиваемого на поражение объектов противостоящей стороны [1], а также дисперсия этого времени.

Рассмотрим процесс поражения противником объекта нашей стороны, выделив входящие в него процессы выполнения задач разведки и комплексного воздействия, который можно представить в форме передаточных функций, показанный на рисунке 1.

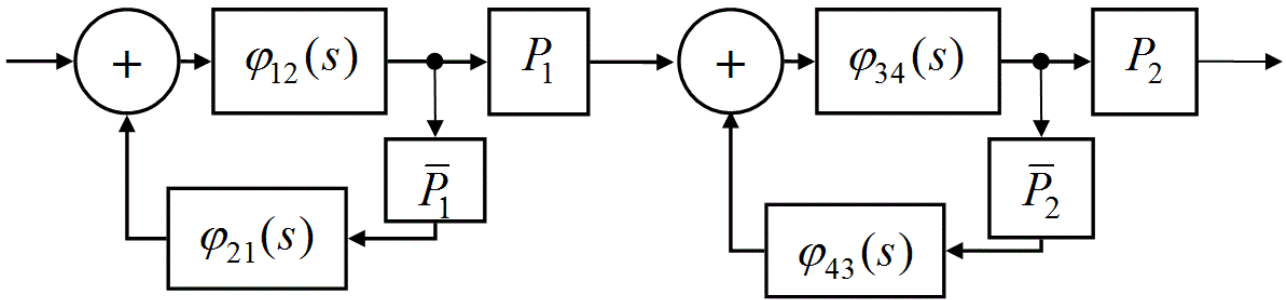


Рисунок 1 – Модель процесса поражения в форме передаточных функций:  $\phi_{12}(s)$  – плотность вероятности времени выполнения задачи разведки;  $\phi_{21}(s)$  – плотность вероятности времени возвращения системы разведки в исходное состояние;  $\phi_{34}(s)$  – плотность вероятности времени выполнения задачи комплексного воздействия;  $\phi_{43}(s)$  – плотность вероятности времени приведения системы воздействия в исходное состояние;  $P_1$  – вероятность правильного обнаружения цели при наступлении контакта с целью;  $\bar{P}_1=1-P_1$ ;  $P_2$  – вероятность успешного воздействия;  $\bar{P}_2=1-P_2$

Применительно к передаточным функциям, представленным на рисунке 1, можно записать:

$$H_1(s) = \frac{P_1 \phi_{12}(s)}{1 - \bar{P}_1 \phi_{12}(s) \phi_{21}(s)}; \quad (1)$$

$$H_2(s) = \frac{P_2 \phi_{34}(s)}{1 - \bar{P}_2 \phi_{34}(s) \phi_{43}(s)}. \quad (2)$$

Функция  $H_1(s)$  описывает в форме преобразования Лапласа циклический процесс разведки. За один цикл принимается переход  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 1$ . Длительность цикла характеризуется произведением  $\phi_{12}(s) \cdot \phi_{21}(s)$ , а результативность разведки характеризуется условной вероятностью  $P_1$ .

Функция  $H_2(s)$  описывает последующий этап, этап воздействия. Очевидно, что этап воздействия наступает после принятия решения об обнаружении цели. Произведение  $\phi_{34}(s) \cdot \phi_{43}(s)$  характеризует, в форме преобразования Лапласа, длительность цикла воздействия (подготовки), а вероятность  $P_2$  определяет эффективность воздействия. Последовательность рассматриваемых этапов позволяет представить процесс поражения в целом в виде равенства

$$H_{\Sigma}(s) = H_1(s) \cdot H_2(s). \quad (3)$$

Среднее время разведки объекта ( $\bar{T}_p$ ), подлежащего поражению, определяем исходя

из свойств преобразования Лапласа, которое позволяет записать

$$\frac{d\phi(s)}{ds^k} = (-1)^k \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} t^k \phi(t) e^{-st} dt. \quad (4)$$

Следовательно,

$$\bar{T}_p = - \left. \frac{dH_1(s)}{ds} \right|_{s=0}, \quad (5)$$

а среднее время воздействия по объекту, после его обнаружения

$$\bar{T}_B = - \left. \frac{dH_2(s)}{ds} \right|_{s=0}. \quad (6)$$

Дисперсии времени обнаружения и воздействия (после обнаружения):

$$\sigma_{TP}^2 = \frac{d^2 H_1(s)}{ds^2} - \left( \frac{-dH_1(s)}{ds} \right)^2 \Big|_{s=0}; \quad (7)$$

$$\sigma_{TB}^2 = \frac{d^2 H_2(s)}{ds^2} - \left( \frac{-dH_2(s)}{ds} \right)^2 \Big|_{s=0}; \quad (8)$$

В свою очередь, среднее время поражения объекта, включающего длительность процессов обнаружения и последующего комплексного воздействия, описывается выражением

$$\bar{T}_n = - \left. \frac{dH_{\Sigma}(s)}{ds} \right|_{s=0}, \quad (9)$$

а дисперсия времени поражения

$$\sigma_{T_{\Sigma}}^2 = \frac{d^2 H_{\Sigma}(s)}{ds^2} - \left( -\frac{dH_{\Sigma}(s)}{ds} \right)^2 \Big|_{s=0}. \quad (10)$$

Применяя к (1) и (2) z-преобразование [2], найдем

$$H_1(z_1, s) = \frac{P_1 \phi_{12}(s)}{1 - z_1 \bar{P}_1 \phi_{12}(s) \phi_{21}(s)}; \quad (11)$$

$$H_2(z_2, s) = \frac{P_1 \phi_{12}(s)}{1 - z_2 \bar{P}_1 \phi_{12}(s) \phi_{21}(s)}. \quad (12)$$

Используя (11) и (12), с учетом обратного z-преобразования [2] определим вероятность того, что объект будет поражен к моменту времени  $t$ , при этом система осуществит  $n_1$  циклов разведки и  $n_2$  циклов воздействия. Если начальное состояние, по отношению к выражениям (1) и (2), соответствует исходному состоянию, когда система подготовлена к ведению разведки, то искомая вероятность может быть представлена в виде

$$P(n_1, n_2, t) = L_s^{-1} \left\{ P_1 \phi_{12}(s) (\bar{P}_1 \phi_{12}(s) \phi_{21}(s))^{n_1} \times P_2 \phi_{34}(s) (\bar{P}_2 \phi_{34}(s) \phi_{43}(s))^{n_2} \right\}. \quad (13)$$

Рассмотрим часто встречающийся на практике пример, когда плотности вероятности  $\phi_{12}$ ,  $\phi_{21}$ ,  $\phi_{34}$  и  $\phi_{43}$  подчинены экспоненциальному закону распределения. Тогда в форме преобразования Лапласа указанные плотности вероятности могут быть представлены в виде:

$$\phi_{12}(s) = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{12} + s}; \quad \phi_{21}(s) = \frac{\lambda_{21}}{\lambda_{21} + s}; \quad (14)$$

$$\phi_{34}(s) = \frac{\lambda_{34}}{\lambda_{34} + s}; \quad \phi_{43}(s) = \frac{\lambda_{43}}{\lambda_{43} + s}.$$

Используя рекомендации, изложенные в [1], можно записать выражения для определения интенсивностей наступления контакта с целью и возвращения в исходное состояние:

$$\lambda_{12} = \frac{1}{\bar{T}_{12}}; \quad \lambda_{21} = \frac{1}{\bar{T}_{21}}; \quad \lambda_{34} = \frac{1}{\bar{T}_{34}}; \quad \lambda_{43} = \frac{1}{\bar{T}_{43}} \quad (15)$$

$$H_{\Sigma}(s) = H_1(s) \cdot H_2(s) = \frac{P_1 \lambda_{12} \lambda_{21} + P_1 \lambda_{12} s}{s^2 + s(\lambda_{12} + \lambda_{21}) + P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}} \cdot \frac{P_2 \lambda_{34} \lambda_{43} + P_2 \lambda_{43} s}{s^2 + s(\lambda_{34} + \lambda_{43}) + P_2 \lambda_{34} \lambda_{43}} \quad (19)$$

Соответственно,

где  $\bar{T}_{12}$ ,  $\bar{T}_{21}$ ,  $\bar{T}_{34}$ ,  $\bar{T}_{43}$  – соответствующие средние времена.

Как видно из рисунка 1, типовым элементом модели является элемент передаточного звена с положительной обратной связью. Передаточная функция такого элемента (например, для процесса разведки) при экспоненциальном распределении времен выполнения задачи разведки и возвращения системы разведки в исходное состояние в форме преобразования Лапласа определяется выражением

$$H_1(s) = \frac{P_1 \phi_{12}(s)}{1 - \bar{P}_1 \phi_{12}(s) \phi_{21}(s)} = \frac{P_1 \lambda_{12} \lambda_{21} + P_1 \lambda_{12} s}{s^2 + s(\lambda_{12} + \lambda_{21}) + P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}} \quad (16)$$

Среднее время успешного выполнения задачи разведки определим, используя (5):

$$\bar{T}_p = -\frac{dH_1(s)}{ds} \Big|_{s=0} = \frac{\lambda_{21} + \lambda_{12} - P_1 \lambda_{12}}{P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}} = \frac{\bar{T}_{12} + \bar{P}_1 \bar{T}_{21}}{P_1} \quad (17)$$

Соответственно, используя (7), найдем дисперсию времени выполнения задачи разведки:

$$\sigma_{\bar{T}_p}^2 = \left\{ \frac{d^2 H_1(s)}{ds^2} - \left( -\frac{dH_1(s)}{ds} \right)^2 \right\} \Big|_{s=0} = \left[ \frac{[(\lambda_{12} + \lambda_{21}) - 2] (\lambda_{12} + \lambda_{21})(2 - \lambda_{21})}{P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}^2} - \frac{P_1^2 \lambda_{12}^2 \lambda_{21}^3}{P_1^2 \lambda_{12}^2 \lambda_{21}^3} \right] - \left[ \frac{\lambda_{12} + \lambda_{21} - P_1 \lambda_{12}}{P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}} \right]^2 \quad (18)$$

Для процесса поражения в целом суммарная передаточная функция в соответствии с (3) в форме преобразования Лапласа будет определяться выражением

$$\frac{dH_{\Sigma}(s)}{ds} = H_2(s) \frac{dH_1(s)}{ds} + H_1(s) \frac{dH_2(s)}{ds}, \quad (20)$$

где

$$\frac{dH_1(s)}{ds} = \frac{P_1 \lambda_{12} (s^2 + s(\lambda_{12} + \lambda_{21}) + P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}) - (2s + \lambda_{12} + \lambda_{21})(P_1 \lambda_{12} \lambda_{21} + P_1 \lambda_{12} s)}{[s^2 + s(\lambda_{12} + \lambda_{21}) + P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}]^2}; \quad (21)$$

$$\frac{dH_2(s)}{ds} = \frac{P_2 \lambda_{23} (s^2 + s(\lambda_{23} + \lambda_{32}) + P_2 \lambda_{23} \lambda_{32}) - (2s + \lambda_{23} + \lambda_{32})(P_2 \lambda_{23} \lambda_{32} + P_2 \lambda_{23} s)}{[s^2 + s(\lambda_{23} + \lambda_{32}) + P_2 \lambda_{23} \lambda_{32}]^2}. \quad (22)$$

Выражение для определения общего математических преобразований будет иметь вид:

$$\bar{T}_{\Sigma} = - \left. \frac{dH_{\Sigma}(s)}{ds} \right|_{s=0} = \frac{P_1 \lambda_{12} - \lambda_{12} - \lambda_{21}}{P_1 \lambda_{12} \lambda_{21}} + \frac{P_2 \lambda_{34} - \lambda_{34} - \lambda_{43}}{P_2 \lambda_{34} \lambda_{43}} = \frac{1}{P_1 \lambda_{12}} + \frac{1}{P_1 \lambda_{21}} + \frac{1}{P_2 \lambda_{23}} + \frac{1}{P_2 \lambda_{32}} - \frac{1}{\lambda_{21}} - \frac{1}{\lambda_{32}} \quad (23)$$

или, учитывая (15):

$$\bar{T}_{\Sigma} = \frac{\bar{T}_{12} + \bar{P}_1 \bar{T}_{21}}{P_1} + \frac{\bar{T}_{34} + \bar{P}_2 \bar{T}_{43}}{P_2} = \frac{1}{P_1 P_2} [P_2 (\bar{T}_{12} + \bar{P}_1 \bar{T}_{21}) + P_1 (\bar{T}_{23} + \bar{P}_2 \bar{T}_{32})] \quad (24)$$

На рисунке 2 представлены графики зависимости общего среднего времени поражения от вероятности правильного обнаружения

для средних времен  $\bar{T}_{12}=1, 2, 4$ ,  $\bar{T}_{21}=1$ ,  $\bar{T}_{43}=1$ ,  $\bar{T}_{34}=1$  и вероятности успешного воздействия  $P_2=0,8$  соответственно.

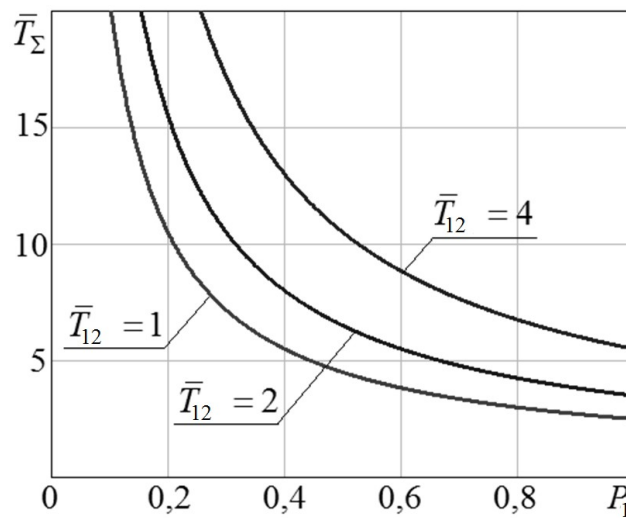


Рисунок 2 – Графики зависимости общего среднего времени поражения от вероятности правильного обнаружения

Анализ графиков, представленных на рисунке 2, позволяет сделать вывод о том, что величина общего среднего времени поражения при значениях вероятности правильного обнаружения  $P_1 \geq 0,5$  при фиксированной вероятности успешного воздействия  $P_2$  определяется средним временем выполнения задачи разведки. При уменьшении вероятности правильного обнаружения до 0,4 и ниже

общее среднее время поражения резко возрастает.

Выражение для определения дисперсии общего времени поражения, полученное в соответствии с (10), здесь не приводится из-за его громоздкости.

Графики зависимости дисперсии общего времени поражения от вероятности правильного обнаружения для средних времен

$\bar{T}_{12}=1,2,4$ ,  $\bar{T}_{21}=1$ ,  $\bar{T}_{43}=1$ ,  $\bar{T}_{34}=1$  и вероятности успешного воздействия  $P_2=0,8$  соответственно представлены на рисунке 3.

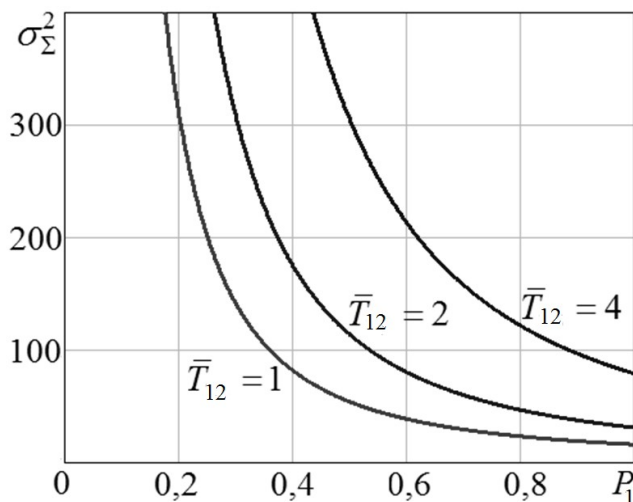


Рисунок 3 – График зависимости дисперсии общего времени поражения от вероятности правильного обнаружения

Анализ графиков, представленных на рисунке 3, показывает аналогичную картину резкого возрастания дисперсии при малых значениях вероятности правильного обнаружения.

На основании представления процессов разведки и воздействия в виде ориентированных графов состояния, отражающих цикличность каждого, и описания этих процессов в виде прямых интегро-дифференциальных уравнений получена модель поражения в виде передаточных функций. Использование положительной обратной связи обеспечивает строгий учет влияния цикличности. Представление в отдельности процессов разведки и воздействия в виде передаточных функций позволяет весьма обоснованно сформировать модель сложных многоэтапных процессов с

различными структурами и внутренними взаимосвязями. Используя свойства прямых интегро-дифференциальных уравнений, метод характеристических функций и подобие действий в процессе преобразования Лапласа, разработана методика определения среднего времени поражения, позволяющая оценивать оперативность поражения объектов с учетом вероятностно-временных показателей эффективности процесса разведки.

Показано, что общее среднее время поражения для больших значений вероятности правильного обнаружения определяется средним временем выполнения задачи разведки. При уменьшении вероятности правильного обнаружения до 0,4 и ниже общее среднее время поражения резко возрастает.

#### Список использованных источников

1. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения / Под ред. Козирацкого Ю.Л. – М.: Радиотехника, 2013. – 232 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1974. – 832 с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988. – 480 с.

А.И.Буравлев, доктор технических наук,  
профессор

## **Марковская модель восстановления вооружения и военной техники в новой системе технического обслуживания и ремонта**

*В статье рассмотрена модель двухуровневой системы технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники (ВВТ) в рамках новой организационной структуры системы материально-технического обеспечения Вооруженных сил РФ. В основе предлагаемой модели использованы аналитические модели массового обслуживания с нестационарными потоками заявок. В рамках этих моделей решены задачи оптимального проектирования системы технического обеспечения и ремонта, обеспечивающие минимальную стоимость системы при заданной вероятности выполнения технического обслуживания и ремонта ВВТ.*

### **Введение**

В соответствии с концепцией новой системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) восстановление ВВТ в Вооруженных Силах РФ будет производиться как силами войсковых ремонтных подразделений, так и силами центров ОАО «Оборонсервис» и промышленности. Восстановление ВВТ в объеме текущего ремонта предполагается осуществлять непосредственно в войсках, а средний и капитальный ремонт ВВТ – в подразделениях и центрах ТОиР «Оборонсервис» и на предприятиях промышленности.

При реализации данной организационной схемы возникает задача оценки мощностей войсковых ремонтных подразделений и ремонтных подразделений ОАО «Оборонсервис» в интересах обеспечения требуемой боеготовности и боеспособности войсковых частей при проведении военных операций различного масштаба. С этой целью в данной работе рассматривается модель двухуровневой системы восстановления ВВТ, включающая органы войскового ремонта и заводского ремонта (ремонта в сервисных центрах и заводах промышленности). В основе предлагаемой модели используются аналитические модели систем массового обслуживания, ин-

терес к которым вновь стал возрастать в последнее время [1, 2].

В рамках новой системы ТОиР система восстановления ВВТ имеет двухуровневую структуру. Первый уровень системы восстановления (рисунок 1) включает в себя ремонтные подразделения войсковых частей и ремонтно-восстановительные батальоны оперативно-тактических командований.

Каждая войсковая часть (бригада, авиабаза, полк) имеет в своем составе ремонтное подразделение (ПТОР, ТЭЧ, ПАРМ), осуществляющее мелкий и текущий ремонт ВВТ агрегатным методом. Образцы ВВТ, требующие значительных трудозатрат, направляются в восстановительно-ремонтный батальон или приравненное к нему ремонтное подразделение. В составе оперативно-стратегического командования могут формироваться восстановительно-ремонтные батальоны комплексного ремонта ВВТ.

Второй уровень системы восстановления включает технические центры «Оборонсервис» и предприятия промышленности.

Для усиления сил и средств войсковых ремонтных подразделений используются выездные ремонтные бригады (ВРБ) сервисных центров «Оборонсервис».



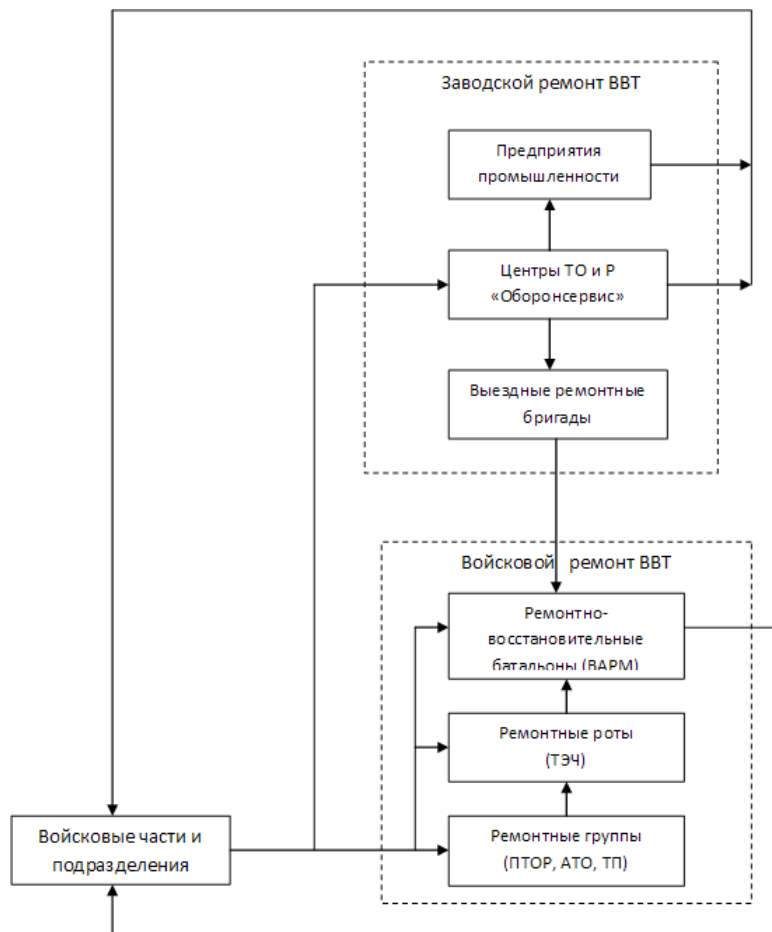


Рисунок 1 – Структурная схема взаимодействия войсковых и заводских органов ремонта ВВТ

**1. Марковская модель войскового ремонта первого уровня**

Представим систему войскового ремонта первого уровня как систему массового обслуживания (СМО) с ограниченным числом каналов и накопителем необслуженных заявок. Каждый канал обслуживания представляет собой ремонтное подразделение первого уровня (АТО, ПТОР, ТЭЧ). На вход СМО поступает поток заявок на ремонт с интенсивностью  $\lambda(t)$ , соответствующий текущему ремонту ВВТ. Каждый канал может обслуживать

только одну заявку. Ремонт выполняется с интенсивностью  $\mu(t)$ . Потоки заявок и обслуживания в общем случае могут быть нестационарными и неординарными, но с отсутствием последствия [3, 4]. После восстановления изделие направляется в боевые подразделения. Необслуженные заявки направляются в накопитель, где ожидают своего обслуживания. Накопитель может иметь ограниченное число мест ожидания.

На рисунке 2 показан граф многоканальной СМО с  $n$  каналами обслуживания и накопителем из  $m$  мест ожидания.

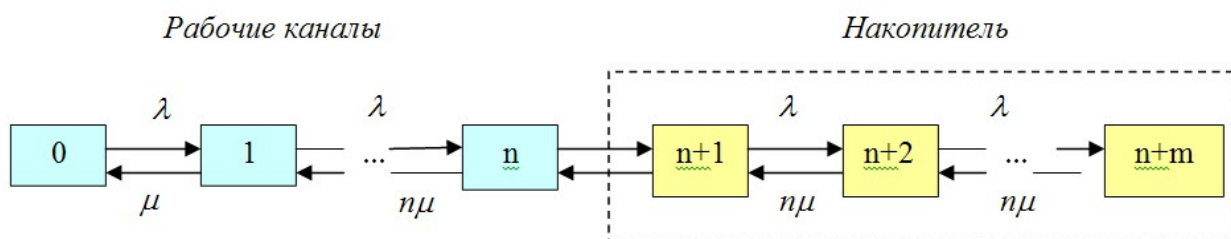


Рисунок 2 – Граф многоканальной СМО с накопителем

Номера состояний СМО означают:

0 – все каналы обслуживания свободны;  
 1 – один канал занят обслуживанием заявки;  
 n – все рабочие каналы заняты обслуживанием заявок;  
 n+1 – в накопителе находится одна заявка в ожидании обслуживания;  
 n+m – в накопителе находится m заявок в ожидании обслуживания.

Далее для удобства будем обозначать многоканальную систему с n рабочими каналами и m местами в накопителе G(n, m).

Динамика вероятностей состояний СМО P<sub>k</sub>(t) описывается системой дифференциальных уравнений [3,4]:

$$\begin{aligned} \frac{dP_k}{dt} &= -(\lambda + k\mu)P_k + \lambda P_{k-1} + (k+1)\mu P_{k+1}; \\ &0 \leq k \leq n; \\ \frac{dP_k}{dt} &= -(\lambda + n\mu)P_k + \lambda P_{k-1} + n\mu P_{k+1}; \\ &n < k \leq m. \end{aligned} \tag{1}$$

с начальными условиями:

$$t=0; P_0(0)=1; P_k(0)=0; k=\overline{1, n+m}$$

и условием нормировки  $\sum_{k=0}^{n+m} P_k(t) = 1$ .

Для практических расчетов часто принимается кусочно-постоянная функция интенсивности

$$\mu(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < t_{min} \\ \frac{\beta}{\bar{T}_p}, & t \geq t_{min} \end{cases} \tag{2}$$

где t<sub>min</sub> – минимальное время, в течение которого образец ВВТ, поврежденный по определенному типу, не может быть восстановлен;

$\bar{T}_p$  – среднее время восстановления образца;

$\beta \geq 1$  – коэффициент форсирования процесса восстановления.

Минимальное время задержки восстановления образца ВВТ t<sub>min</sub> определяется типом его повреждения. Так, в нормативах по оценке эффективности огневого поражения ВВТ принимаются: t<sup>D</sup><sub>min</sub> = 0,5 часа при поражении образца ВВТ по типу D; t<sup>C</sup><sub>min</sub> = 2...3 часа при

поражении образца по типу C; t<sup>B</sup><sub>min</sub> = 24 часа (1 сутки) при поражении образца по типу B; t<sup>A</sup><sub>min</sub> = 7 суток при поражении образца по типу A.

Коэффициент форсирования β зависит от условий проведения ремонта ВВТ (в полевых условиях, в подвижных или стационарных ремонтных органах).

Для приближенных расчетов нестационарные потоки заявок и обслуживания осредняются на некотором интервале времени T, характеризующем внешние условия функционирования СМО. Например, в качестве такого интервала времени может быть выбран период проведения боевой операции или его отдельные этапы. В этом случае в уравнениях (1) используются средние значения интенсивностей потоков заявок и обслуживаний

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{T} \int_0^T \lambda(t) dt; \quad \bar{\mu} = \frac{1}{T} \int_0^T \mu(t) dt,$$

а модель СМО описывает квазистационарный режим работы ремонтного органа. Данный режим интересен для исследования тем, что для него существует стационарное решение системы уравнений (1). Стационарные вероятности состояний СМО в этом случае определяются известными соотношениями [4]:

$$\begin{aligned} \bar{P}_k &= \frac{\bar{\alpha}^k}{k!} \bar{P}_0, & 0 \leq k \leq n; \\ \bar{P}_k &= \left(\frac{\bar{\alpha}}{n}\right)^{k-n} \bar{P}_n, & n < k \leq m, \end{aligned} \tag{3}$$

где

$$\bar{P}_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\bar{\alpha}^k}{k!} + \frac{\bar{\alpha}^n}{n!} \sum_{k=1}^m \left(\frac{\bar{\alpha}}{n}\right)^k} \tag{4}$$

стационарная вероятность свободного состояния СМО;  $\bar{\alpha} = \frac{\bar{\lambda}}{\bar{\mu}}$  – приведенная средняя интенсивность потока заявок.

Зная стационарные вероятности состояний СМО  $\bar{P}_k$  можно рассчитать показатели эффективности многоканальной СМО типа G(n, m) [4]:

- вероятность обслуживания заявки:  $P_{обсл} = 1 - \bar{P}_{n+m}$ ;

• интенсивность обслуживания заявок (абсолютная пропускная способность СМО):

$$\bar{\lambda}_{обсл} = \bar{\lambda} P_{обсл};$$

• среднее число занятых каналов:

$$\bar{n}_{обсл} = \bar{\alpha} P_{обсл};$$

• вероятность занятости одного канала

обслуживания:  $\rho = \frac{\bar{n}}{n};$

• вероятность полной занятости СМО:

$$P_{зан} = \sum_{k=1}^n \bar{P}_k;$$

• среднее число заявок в очереди:

$$\bar{m} = \sum_{k=1}^m k \bar{P}_{n+k}.$$

Рассмотренная модель позволяет моделировать процесс восстановления ВВТ в ремонтных органах с любой производственной мощностью, в том числе в динамике функционирования.

Пример 1. Войсковая авиаремонтная мастерская (ВАРМ) авиабазы имеет три технологические линии для проведения ТО и ремонта самолетов. Среднее время выполнения текущего ремонта составляет 6-8 часов. Работа

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -\lambda P_0 + \mu P_1; & \frac{dP_1}{dt} &= -(\lambda + \mu)P_1 + \lambda P_0 + 2\mu P_2; & \frac{dP_2}{dt} &= -(\lambda + 2\mu)P_2 + \lambda P_1 + 3\mu P_3; \\ \frac{dP_3}{dt} &= -(\lambda + 3\mu)P_3 + \lambda P_2 + 3\mu P_4; & \frac{dP_4}{dt} &= -(\lambda + 3\mu)P_4 + \lambda P_3 + 3\mu P_5; \\ \frac{dP_5}{dt} &= -(\lambda + 3\mu)P_5 + \lambda P_4 + 3\mu P_6; & \frac{dP_6}{dt} &= -\mu P_6 + \lambda P_5 \end{aligned} \quad (5)$$

с начальными условиями:

$$\mu(t) = \begin{cases} 0, & t < 8; \\ 0,14, & t \geq 8; \end{cases}$$

$$t=0; P_0(0)=1; P_k(0)=0; k=(\overline{1,6}).$$

Интегрирование данной системы уравнений позволяет определить вероятности состояний ВАРМ и рассчитать основные показатели ее эффективности. На рисунке 3 показана динамика вероятности обслуживания  $P_{обсл}$ , среднего числа занятых технологических потоков

ВАРМ осуществляется в две смены в течение 16 часов. В течение суток в ВАРМ в среднем может поступить от трех до пяти самолетов. ВАРМ имеет накопительную площадку для трех самолетов. Требуется оценить эффективность работы ВАРМ по выполнению текущего ремонта авиационной техники.

Решение. Средняя интенсивность поступления самолетов на ремонт в среднем составляет  $\bar{\lambda} = \frac{3+5}{2 \cdot 16} = 0,25 \text{ час}^{-1}$ . Среднее время выполнения ремонта одного самолета равно

$$\bar{t}_p = \frac{6+8}{2} = 7 \text{ час.}$$

При двухсменной работе ВАРМ интенсивность восстановления составит  $\bar{\mu} = \frac{1}{\bar{t}_p} = 0,14 \text{ час.}^{-1}$ . В качестве минимального

времени задержки восстановления самолета примем  $t_{min} = 8 \text{ час.}$  Функция интенсивности восстановления самолета в этом случае будет равна

$$\mu(t) = \begin{cases} 0 \text{ час.}^{-1}, & t < 8 \\ 0,14 \text{ час.}^{-1}, & t \geq 8 \end{cases}$$

Система уравнений динамики вероятностей состояний ВАРМ имеет вид:

токов  $\bar{n}$  и вероятности занятости одной технологического потока  $\rho$  в течение рабочего времени ВАРМ.

Из рисунка видно, что процесс работы ВАРМ к концу рабочего дня приобретает стационарный характер. Вероятность восстановления одного самолета составляет  $P_{обсл} = 0,99$ . Среднее число занятых технологических потоков равно  $\bar{n} = 1,67$ , вероятность занятости одного технологического потока составляет  $\rho = 0,56$ .

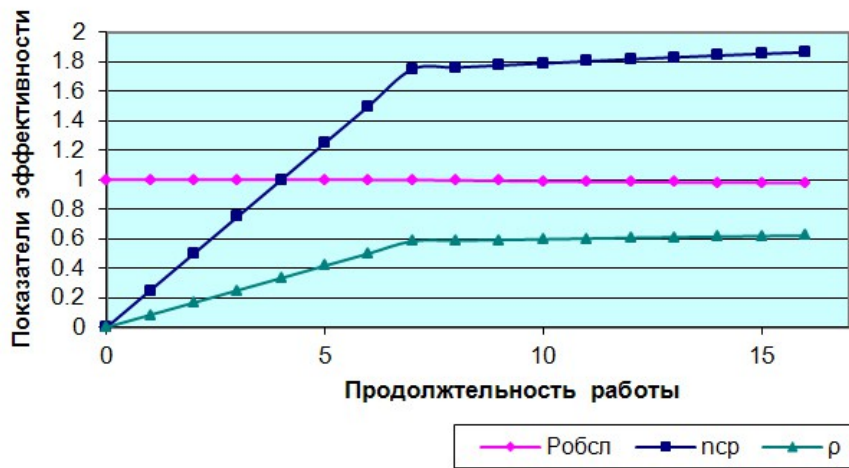


Рисунок 3 – Динамика показателей эффективности ВАРМ

Как следует из расчетов, ВАРМ полностью справляется с выполнением текущего ремонта самолетов при заданных условиях работы. Она загружена чуть более 50% своей производственной мощности. Площадка накопления для размещения самолетов практически свободна, что позволяет принимать дополнительно 2...3 самолета в сутки на ремонт.

**Пример 2.** В условиях примера 1 требуется оценить предельные возможности ВАРМ.

**Решение.** Предельные возможности ВАРМ соответствуют установившемуся характеру ее работы. В этом случае для расчета показателей эффективности используем формулы (3), (4) для предельных значений вероятностей состояний СМО.

Рассчитываем среднюю интенсивность восстановления самолета в течение суток  $\bar{\mu} = \frac{0,14 \cdot 16}{24} = 0,105 \text{ час.}^{-1}$  и приведенную среднюю интенсивность заявок  $\bar{\alpha} = \frac{\bar{\lambda}}{\bar{\mu}} = 2,3$ . Для  $n=3$  и  $m=3$  определяем вероятность незагруженного состояния ВАРМ:

$$\bar{P}_0 = \frac{1}{1 + \bar{\alpha} + \frac{\bar{\alpha}^2}{2} + \frac{\bar{\alpha}^3}{6} + \frac{\bar{\alpha}^3}{6} \left[ \frac{\bar{\alpha}}{3} + \left(\frac{\bar{\alpha}}{3}\right)^2 + \left(\frac{\bar{\alpha}}{3}\right)^3 \right]} = 0,16$$

По формулам (3), (4) рассчитываем остальные вероятности состояний ВАРМ и заносим их в таблице 1.

По данным таблицы 1 рассчитываем показатели эффективности ВАРМ:

- вероятность обслуживания заявки:  $P_{обсл} = 1 - \bar{P}_{n+m} \approx 0,92$  ;
- среднее число занятых каналов:  $\bar{n}_{обсл} = \bar{\alpha} P_{обсл}$  ;
- вероятность занятости одного канала обслуживания:  $\rho = \frac{\bar{n}}{n} = 0,67$  ;
- вероятность полной занятости СМО:  $P_{зан} = \sum_{k=1}^n \bar{P}_k \approx 0,52$  ;
- среднее число заявок в очереди:  $\bar{m} = \sum_{k=1}^m k \bar{P}_{n+k} = 0,6$  .

Из полученных результатов видно, что в предельном случае ВАРМ также успешно справляется со своими задачами по восстановлению самолетов. При этом ее загрузка составляет не более 70% своей производственной мощности. Площадка накопления самолетов занята только на треть и позволяет принимать дополнительно два самолета в сутки на ремонт.

В работе [5] рассмотрена модель СМО для случая, когда поток заявок и поток обслуживания имеет разрывные функции интенсивности потоков (рисунок 4).

Таблица 1 – Вероятности состояний ВАРМ

Номер состояния	0	1	2	3	4	5	6
Предельная вероятность состояния	0,09	0,2	0,23	0,17	0,13	0,1	0,08

В этом случае процесс обслуживания заявок имеет существенно нестационарный и колебательный характер, который в значительной степени влияет на показатели эффективности об-

служивания. Несмотря на небольшие технические трудности, моделирование таких СМО вполне возможно в рамках марковской модели.

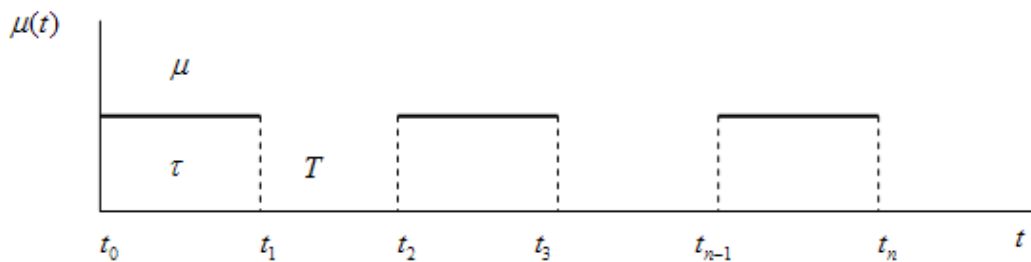


Рисунок 4 – График импульсной функции интенсивности потока обслуживания

**2. Сравнение эффективности многоканальной системы ТО и Р с эффективностью нескольких одноканальных систем**

При организации войсковой системы ТО и Р неизбежно возникает вопрос: какая из организационных схем эффективнее: одна

многоканальная система ТО и Р или несколько одноканальных, параллельно работающих систем. Для ответа на этот вопрос исследуем эффективность одноканальных систем ТО и Р, осуществляющих независимо друг от друга восстановление ВВТ (рисунок 5).

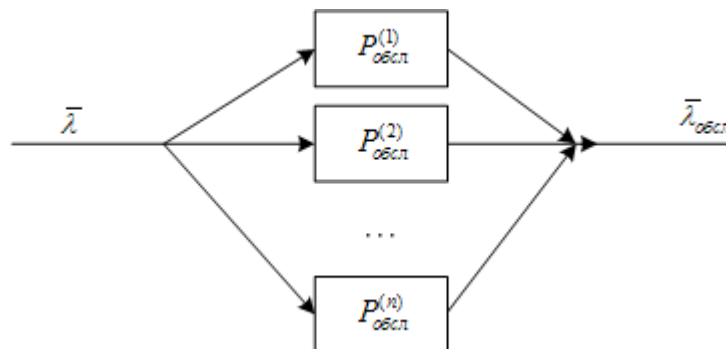


Рисунок 5 – Схема параллельной работы одноканальных систем ТО и Р

Общий поток заявок интенсивности λ̄ поступает на каждую одноканальную систему. В этом случае каждая система ТО и Р обеспечивает обслуживание заявок с одинаковой вероятностью  $P_{обсл}(1) = \frac{1}{1+\bar{\alpha}}$ . Вероятность обслуживания заявки n независимыми каналами составляет

$$P_{обсл}(n) = 1 - (1 - P_{обсл}(1))^n = 1 - \left(\frac{\bar{\alpha}}{1+\bar{\alpha}}\right)^n. \quad (6)$$

Вероятность обслуживания такого же потока заявок одной многоканальной системой с n каналами обслуживания составляет

$$P_{обсл}(n) = 1 - \frac{\bar{\alpha}^n}{n!} \cdot \sum_{k=0}^n \frac{\bar{\alpha}^k}{k!} \quad (7)$$

Проводя вычисления  $P_{обсл}(n)$  для разных  $n$ , можно убедиться, что многоканальная СМО обеспечивает более высокую эффективность. Это достигается за счет того, что в многоканальной системе заявка получает отказ только в случае занятости всех каналов, в то время как в одноканальной системе заявка полу-

чает отказ при занятости только одного канала. Именно возможность распределения заявок по свободным каналам обеспечивает тот самый синергетический эффект, который реализуется в сложной системе. Разница между эффективностью нескольких одноканальных систем и одной многоканальной системы (с тем же числом каналов) увеличивается с ростом приведенной интенсивности потока заявок  $\bar{\alpha}$ . На рисунках 6, 7 показаны графики изменения  $P_{обсл}(n)$  для  $\bar{\alpha}=1$  и  $\bar{\alpha}=2$  при изменении числа каналов от 1 до 5.

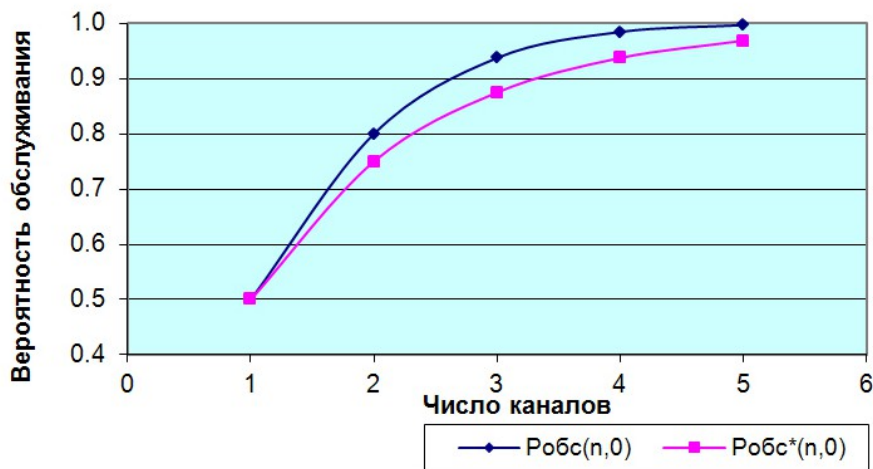


Рисунок 6 – Зависимость вероятности обслуживания заявок от числа каналов для одноканальной и многоканальной системы ТО и Р при  $\bar{\alpha}=1$

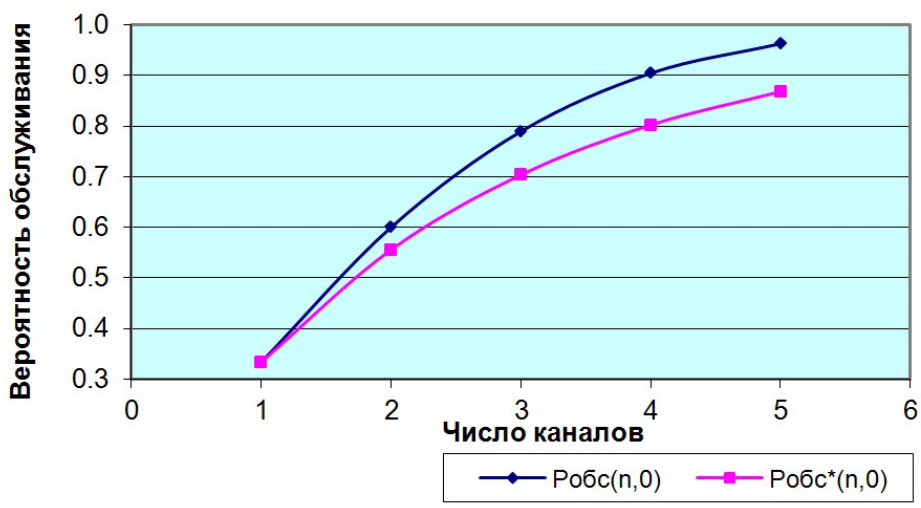


Рисунок 7 – Зависимость вероятности обслуживания заявок от числа каналов для одноканальной и многоканальной системы ТО и Р при  $\bar{\alpha}=2$

Таким образом, создание многоканальных систем ТО и Р с точки зрения эффективности восстановления ВВТ является более предпочтительным. Однако многоканальная система для своего функционирования потребует более сложной инфраструктуры, что неизбежно приведет к увеличению ее массогабаритных размеров и снижению параметров ее живучести (повышение заметности объекта, снижения его мобильности, повышение уязвимости и пр.).

Исходя из этих соображений в боевых подразделениях тактического уровня (батальонах, авиаэскадрильях), которые непосредственно ведут военные действия и подвергаются огневому воздействию противника, целесообразно создавать одноканальные ремонтные подразделения, имеющие достаточную производительность, высокую мобильность и скрытность от систем разведки противника. В ремонтно-восстановительных батальонах, располагающихся в тактической глубине и непосредственно не находящихся в боевых порядках войсковых подразделений,

целесообразно использовать двух- и трехканальные структуры войскового ремонта.

Для прикладных исследований актуальным является вопрос о приближении многоканальной СМО  $G(n, m)$  совокупностью более простых одноканальных СМО типа  $G(1, 0)$  и  $G(1, 1)$ , которая обеспечивает одинаковую вероятность обслуживания заявок.

Пусть для многоканальной системы  $G(n, 0)$  с параметром  $\bar{\alpha}$  известна вероятность обслуживания  $P_{обсл}(n, 0)$ . Заменяем эту СМО набором из  $\tilde{n}$  независимых одноканальных СМО  $G(1, 0)$ . Вероятность обслуживания заявки одноканальной СМО  $G(1, 0)$  равна

$$P_{обсл}(1, 0) = \frac{1}{1 + \bar{\alpha}}$$

Из равенства

$$P_{обсл}(n, 0) = 1 - (1 - P_{обсл}(1, 0))^{\tilde{n}}$$

находим требуемое число  $\tilde{n}$  одноканальных СМО  $G(1, 0)$

$$\tilde{n} = \frac{\ln[1 - P_{обсл}(n, 0)]}{\ln[1 - P_{обсл}(1, 0)]} \tag{8}$$

На рисунке 8 показан график зависимости требуемого числа каналов  $\tilde{n}$  СМО  $G(1, 0)$  для различных значений параметра  $\bar{\alpha}$ .

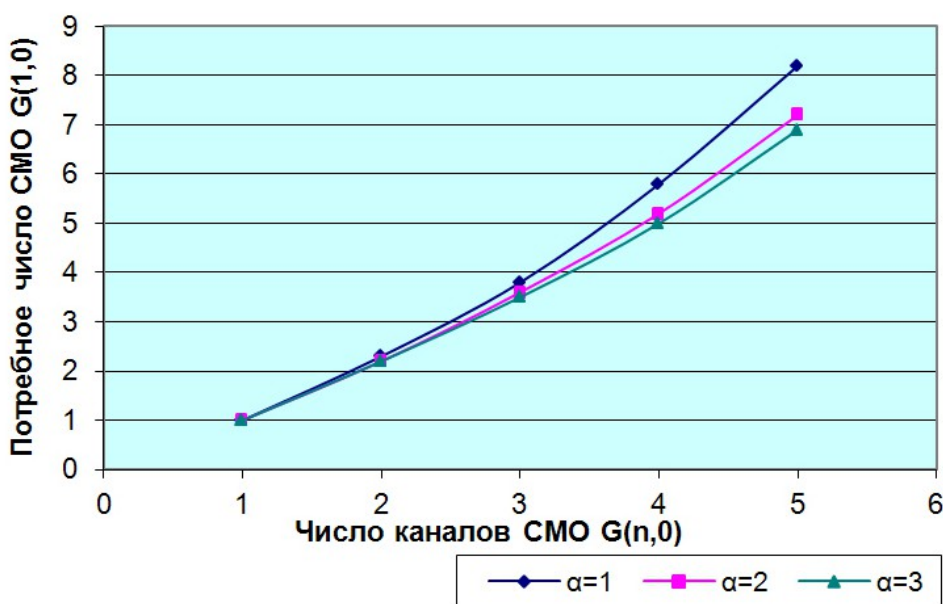


Рисунок 8 – Зависимость требуемого числа каналов СМО от параметра  $\bar{\alpha}$

Из графиков видно, что в достаточно широком диапазоне значений параметра

$\bar{\alpha} = 1 \dots 5$  число требуемых каналов не существенно зависит от параметра  $\bar{\alpha}$ .

Это позволяет найти регрессионную зависимость для числа  $\tilde{n}$ , одноканальных СМО, эквивалентных по эффективности обслуживания многоканальной СМО.

Уравнение такой регрессии с коэффициентом детерминации имеет вид

$$\tilde{n} = 0,12 + 0,74n + 0,15n^2,$$

а ее график показан на рисунке 9.

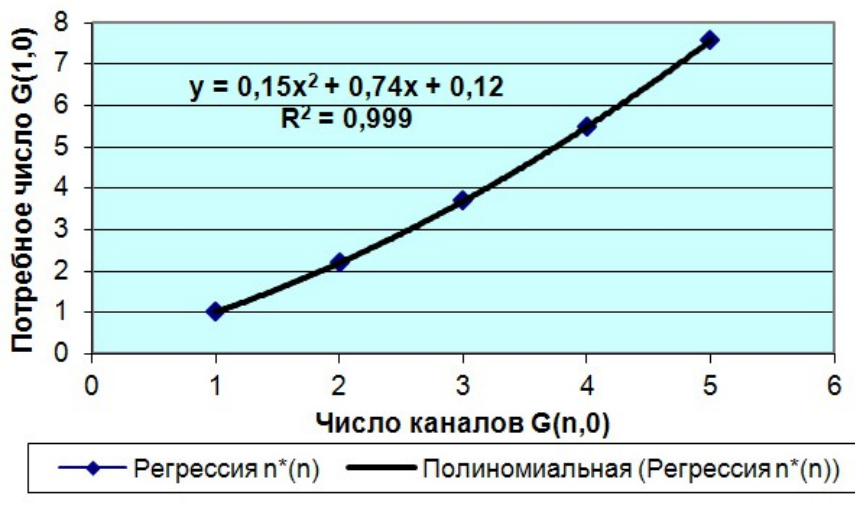


Рисунок 9 – Регрессионная зависимость  $\tilde{n} = f(n)$

Аналогичным образом решается задача об «аппроксимации» СМО  $G(n, m)$  совокупностью одноканальных СМО  $G(1, 1)$ . Для СМО  $G(1, 1)$  вероятность обслуживания заявки определяется выражением

$$\bar{P}_{обсл}(1,1) = \frac{1 + \bar{\alpha}}{1 + \bar{\alpha} + \bar{\alpha}^2}.$$

Далее по формуле (8) при известной  $\bar{P}_{обсл}(n, m)$  определяется потребное число одноканальных СМО  $G(1, 1)$ .

Для часто встречающихся на практике СМО  $G(n, m)$  при  $m=n$  получена также регрессионная зависимость для  $\tilde{n}$ :

$$\tilde{n} = 0,2 + 0,33n + 0,51n^2.$$

Таким образом, для построения упрощенных моделей восстановления ВВТ можно вместо громоздких многоканальных СМО использовать эквивалентные по эффективности одноканальные СМО.

### 3. Оптимизация числа каналов обслуживания и длины очереди в СМО

Из формул (3), (4) непосредственно видно, что вероятность обслуживания заявок в СМО при фиксированной приведенной интенсивности  $\bar{\alpha} = \frac{\lambda}{\mu}$  зависит как от числа каналов

обслуживания, так и от длины очереди в накопителе

$$P_{обсл}(n, m) = 1 - P_{n+m} = \frac{\bar{\alpha}^n \left(\frac{\bar{\alpha}}{n}\right)^m}{\sum_{k=0}^n \frac{\bar{\alpha}^k}{k!} + \frac{\bar{\alpha}^n}{n!} \sum_{k=1}^m \left(\frac{\bar{\alpha}}{n}\right)^k}. \quad (9)$$

С увеличением числа каналов и мест ожидания в накопителе вероятность обслуживания заявок увеличивается. На рисунке 10 показаны графики изменения вероятности обслуживания заявок от числа каналов и числа мест в накопителе при фиксированном значении  $\bar{\alpha} = 1,2$ .

Для достижения требуемой эффективности обслуживания заявок в СМО необходимо, чтобы число каналов  $n$  и число мест  $m$  в накопителе удовлетворяло условию

$$P_{обсл}(n, m) \geq \hat{P}_{обсл}, \quad (10)$$

где  $\hat{P}_{обсл}$  – требуемая вероятность обслуживания заявок.

Для создания подсистемы ТО и Р с определенным числом каналов и объемом накопителя необходимы определенные затраты. Пусть  $c_1$  – стоимость приобретения и установки одной технологической линии, а  $c_0$  –



стоимость оборудования одного места в накопителе. Тогда первоначальная стоимость средств ТО и Р составит

$$C(n, m) = c_0 m + c_1 n. \quad (11)$$

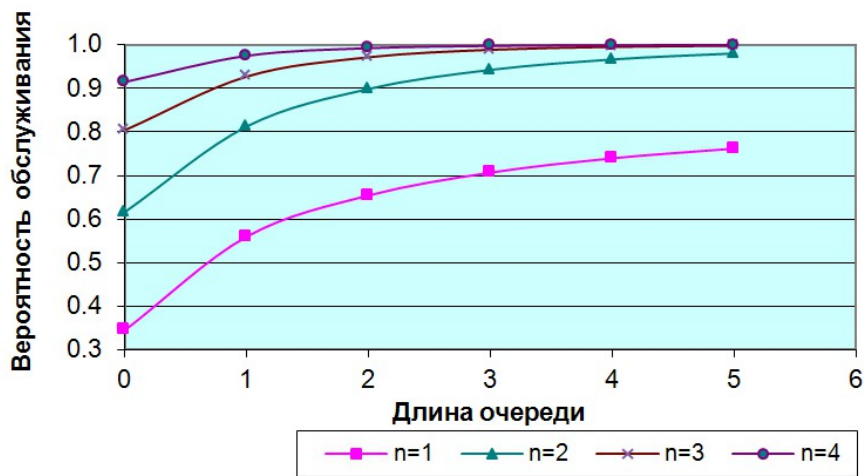


Рисунок 10 – Зависимость вероятности обслуживания заявок от числа каналов и мест в накопителе

Рассмотрим задачу оценки оптимального числа каналов и мест в накопителе, при которых достигается требуемая эффективность обслуживания (10) и минимум потребных затрат на приобретение средств ТО и Р (11) при известной интенсивности поступления заявок на ремонт и производительности ремонта  $\bar{\alpha} = \frac{\bar{\lambda}}{\bar{\mu}}$ .

Пусть для определенности  $c_1 \leq c_0$ . Данное условие практически всегда выполняется на практике. Тогда алгоритм решения этой задачи состоит в следующем.

Шаг 0. Полагаем  $n=1$  и рассчитываем допустимое по стоимости число мест в накопителе  $\tilde{m} = \frac{c_1}{c_0}$ . Переходим к шагу 1.

Шаг 1. Последовательно рассчитываем

$P_{обсл}(n, m)$  при  $m=1, 2, \dots$  до  $\tilde{m} = \frac{c_1}{c_0}$  включительно и проверяем выполнение неравенства

$P_{обсл}(n, m) \geq \hat{P}_{обсл}$ . Если неравенство достигается при  $m \leq \tilde{m}$ , то оптимальное решение  $(n, m)$  найдено<sup>1</sup>. В противном случае переходим к шагу 2.

1 Величину  $m$  необходимо округлить до целого числа.

Шаг 2. Увеличиваем число каналов  $n$  на единицу и переходим к шагу 1.

Поскольку на каждом шаге выбирается решение с минимальной стоимостью затрат, то за конечное число шагов мы приходим к достижению неравенства (10) с минимальными затратами.

На рисунке 11 показана схема определения оптимального числа каналов и мест в накопителе для достижения вероятности обслуживания заявки не ниже 0,9. Для этого достаточно иметь два канала обслуживания и два места в накопителе. При этом достигается минимальная стоимость затрат на создание подсистемы ТО и Р.

При увеличении интенсивности поступления заявок в незначительных пределах (10%...20%) снижение эффективности обслуживания можно компенсировать увеличением числа мест в накопителе. Поэтому при организации накопителя-приемника ВВТ необходимо предусмотреть соответствующий страховой резерв для накопителя. В рассматриваемом примере два канала и два места в накопителе обеспечивает устойчивое выполнение заявок с вероятностью не ниже 0,9 при величине параметра  $\bar{\alpha} \leq 1,5$ .

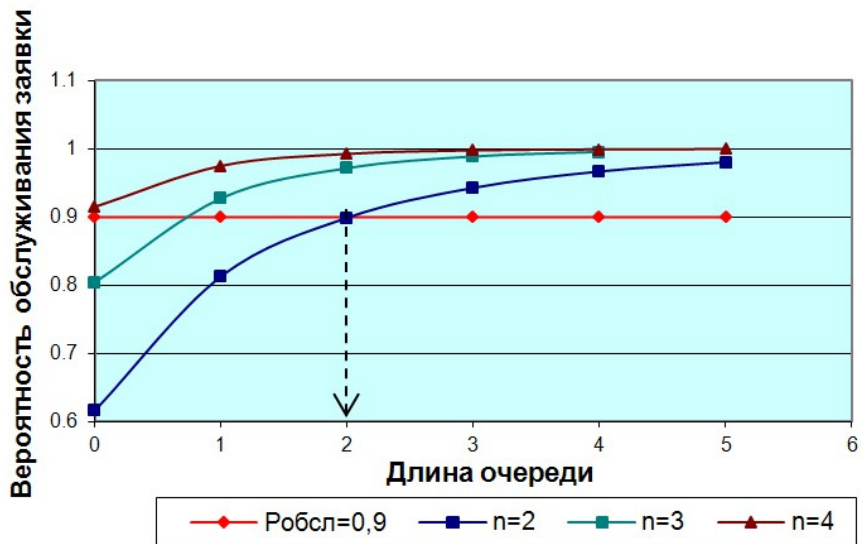


Рисунок 11 – Схема определения оптимального числа каналов и мест в накопителе

#### 4. Агрегированная модель двухуровневой системы восстановления ВВТ

На втором уровне восстановление поврежденных ВВТ осуществляется в объеме среднего и капитального ремонта. Ремонт предполагается осуществлять в центрах ТО и Р «Оборонсервис» и на предприятиях промышленности. Для моделирования работы центра ТО и Р может быть использована рассмотренная выше модель СМО с накопителем заявок. Никаких принципиальных отличий эта модель не имеет, кроме иных характеристик производительности СМО и накопителя ВВТ. Выхо-

дом модели является вероятность обслуживания заявок  $P_{обсл}^{(2)}$  на втором уровне восстановления ВВТ.

Для оценки эффективности двухуровневой системы войскового ремонта рассмотрим схему ее функционирования (рисунок 12). Исходный поток поврежденной ВВТ с интенсивностью  $\bar{\lambda}$  разделяется на две части:  $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_1 + \bar{\lambda}_2$ . Первая часть потока  $\bar{\lambda}_1$  направляется в ремонтные подразделения 1-го уровня, вторая часть потока  $\bar{\lambda}_2$  – в ремонтные организации 2-го уровня.

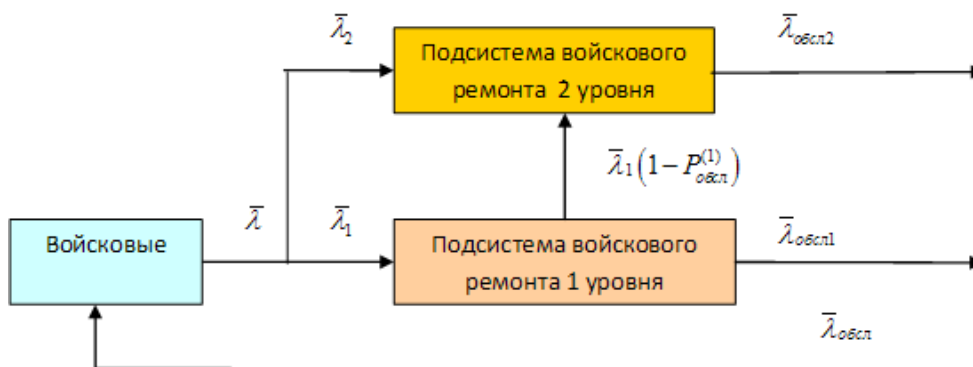


Рисунок 12 – Схема двухуровневой системы войскового ремонта ВВТ

На первом уровне в каждом тактическом соединении (бригаде, дивизии, авиабазе) органы войскового ремонта обеспечивают вероятность восстановления поврежденной ВВТ

$P_{обсл}^{(1)}$ . Часть не восстановленной ВВТ с интенсивностью  $\bar{\lambda}(1 - P_{обсл}^{(1)})$  направляется в центры ТО и Р «Оборонсервис» и предприятия промышленности, где производится восста-

новление поврежденной ВВТ с вероятностью обслуживания  $P_{обсл}^{(2)}$ .

Суммарный поток обслуженных заявок на первом и втором уровнях восстановления равен

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_{обсл} &= \bar{\lambda}_{обсл1} + \lambda_{обсл2} = \\ &= \bar{\lambda}_1 P_{обсл}^{(1)} + \bar{\lambda}_1 (1 - P_{обсл}^{(1)}) P_{обсл}^{(2)} + \bar{\lambda}_2 P_{обсл}^{(2)}. \end{aligned} \quad (11)$$

Интегральным показателем эффективности двухуровневой системы является общая вероятность обслуживания заявок

$$\begin{aligned} P_{обсл} &= \frac{\bar{\lambda}_{обсл}}{\bar{\lambda}} = \\ &= \gamma [P_{обсл}^{(1)} + (1 - P_{обсл}^{(1)}) P_{обсл}^{(2)}] + (1 - \gamma) P_{обсл}^{(2)}. \end{aligned} \quad (12)$$

где  $\gamma = \frac{\bar{\lambda}_1}{\bar{\lambda}}$  – доля заявок, обслуживаемых в подсистеме войскового ремонта 1-го уровня.

В зависимости от распределения потока заявок на восстановление ВВТ будут изменяться характеристики и показатели эффективности подсистем восстановления первого и второго уровня. В этом случае возникает задача оптимизации характеристик подсистем восстановления первого и второго уровня в зависимости от параметра распределения потока заявок. Эта задача рассматривается ниже.

Тот факт, что многоканальную СМО  $G(n, 0)$  можно заменить эквивалентной по эффективности системой  $\tilde{n}(\bar{\alpha})$  одноканальных СМО  $G(1, 0)$ , используем для построения агрегированной модели двухуровневой системы восстановления ВВТ.

В соответствии со схемой рисунка 12 представим первый уровень восстановления системой  $n_1$  параллельно работающих одноканальных систем  $G(1, 0)$ , обеспечивающих требуемую вероятность восстановления ВВТ  $\hat{P}_{обсл}^{(1)}$ . В этом случае динамика подсистемы восстановления первого уровня будет описываться дифференциальным уравнением для одноканальной системы  $G(1, 0)$ :

$$\frac{dP_0^{(1)}}{dt} = -\bar{\lambda}_1 P_0^{(1)} + \bar{\mu}_1(t) P_1^{(1)}; \quad P_1^{(1)} = 1 - P_0^{(1)}(t)$$

с начальными условиями  $t=0; P_0^{(1)}=1$ , где  $\lambda_1 = \gamma \lambda$  и зависимостью для вероятности обслуживания заявок в подсистеме

$$P_{обсл}^{(1)}(t) = 1 - (1 - P_0^{(1)}(t))^{\tilde{n}_1}.$$

Для кусочно-постоянной интенсивности  $\mu_1(t)$  уравнение имеет следующее аналитическое решение

$$P_0^{(1)}(t) = \begin{cases} \exp(-\bar{\lambda}_1 t), & t \leq t_{min}, \\ \frac{1}{1 + \bar{\alpha}_1} [1 - \exp(-\bar{\mu}_1(1 + \bar{\alpha}_1)t)], & t > t_{min} \end{cases},$$

которое при  $t \rightarrow \infty$  дает стационарное распределение  $\bar{P}_0^{(1)}(t) = \frac{1}{1 + \bar{\alpha}_1}$ .

Аналогично представляется модель функционирования подсистемы восстановления второго уровня с числом каналов  $\tilde{n}_2$ :

$$\frac{dP_0^{(2)}}{dt} = -\bar{\lambda}_2 P_0^{(2)} + \bar{\mu}_2(t) P_1^{(2)}; \quad P_1^{(2)} = 1 - P_0^{(2)}(t)$$

с начальными условиями:  $t=0; P_0^{(2)}=1$ , где  $\bar{\lambda}_2 = (1 - \gamma P_{обсл}^{(2)}) \bar{\lambda}$ .

Вероятность обслуживания заявки в подсистеме восстановления второго уровня будет равна

$$P_{обсл}^{(2)}(t) = 1 - [1 - P_0^{(2)}(t)]^{\tilde{n}_2}.$$

Общая вероятность обслуживания заявок в системе определяется выражением (12).

**Пример 3.** Оценим эффективность двухуровневой системы восстановления ВВТ. Первый уровень (войсковое звено) имеет  $n_1=2$ , а второй (Центр ТО и Р)  $n_2=4$  каналов обслуживания. Интенсивность поступления ВВТ с боевыми повреждениями составляет 6 единиц в сутки, из них 2 единицы требуют текущего ремонта, 2 единицы – среднего ремонта и 2 единицы – капитального ремонта. Среднее время восстановления ВВТ в объеме текущего ремонта составляет  $T_{mp}=6$  часов; в объеме среднего ремонта  $T_{cp}=12$  часов, в объеме капитального ремонта  $T_{kp}=24$  часа. Минимальное время задержки восстановления в объеме текущего ремонта составляет

$t_{min} = 2$  часа, в объеме среднего и капитально-го ремонта  $t_{min} = 12$  часов. Восстановление ВВТ в войсковом и заводском звене производится в режиме двухсменной работы в течение 16 часов.

**Решение.** Исходя из степени боевых повреждений ВВТ, весь текущий ремонт целесообразно осуществлять в войсковом звене, а средний и капитальный ремонт – в Центре ТО и Р. В этом случае параметр распределения заявок по подсистемам восстановления составляет  $\gamma = 1/3$ . Интенсивность войскового ремонта составляет  $\bar{\mu}_1 = 1/6 = 0,17 \text{ час}^{-1}$ . Интенсивность заводского ремонта находим как средневзвешенное интенсивностей среднего и капитального ремонта

$$\mu_2 = \frac{\lambda_{cp}}{(1-\gamma)\lambda} \cdot \frac{1}{T_{cp}} + \frac{\lambda_{кр}}{(1-\gamma)\lambda} \cdot \frac{1}{T_{кр}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{12} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{24} = 0,06 \text{ час}^{-1}$$

Минимальное время задержки восстановления средним и текущим ремонтом составляет 12 часов.

Система уравнений для вероятностей состояний имеет вид:

- для войскового ремонта

$$\frac{dP_0^{(1)}}{dt} = -\gamma \bar{\lambda} P_0^{(1)} + \bar{\mu}_1(t) P_1^{(1)} ;$$

$$P_{обсл}^{(1)} = 1 - (1 - P_0^{(1)}(t))^{n_1}$$

- для заводского ремонта

$$\frac{dP_0^{(2)}}{dt} = -(1-\gamma) \bar{\lambda} P_0^{(2)} + \bar{\mu}_2(t) P_1^{(2)} .$$

$$P_{обсл}^{(2)} = 1 - (1 - P_0^{(2)}(t))^{n_2}$$

Общая вероятность восстановления ВВТ рассчитывается по формуле

$$P_{обсл} = \gamma P_{обсл}^{(1)} + (1-\gamma) P_{обсл}^{(2)}$$

так как по условию задачи войсковой и заводской ремонт осуществляется автономно.

На рисунке 13 показана динамика вероятностей восстановления ВВТ в двухуровневой системе ремонта.

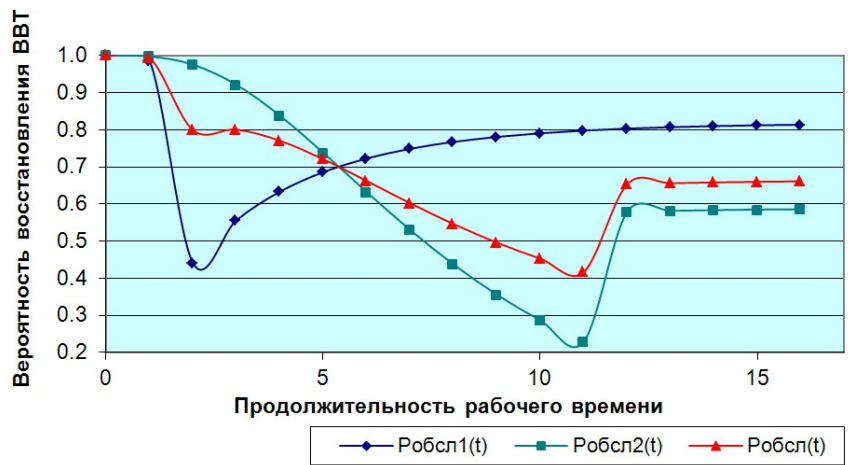


Рисунок 13 – Динамика вероятностей восстановления ВВТ в двухуровневой системе ремонта

Из графиков видно, что в течение первой половины суток процесс восстановления является существенно не стационарным. Это объясняется наличием задержек в выполнении ремонта ВВТ. К концу первых суток стабилизируется. В стационарном режиме вероятность восстановления ВВТ в войсковом звене составляет  $P_{обсл}^{(1)} = 0,8$ , в заводском звене

$P_{обсл}^{(2)} = 0,9$ . Общая вероятность восстановления ВВТ равна  $P_{обсл} = 0,65$ .

Для стационарных условий работы системы восстановления ВВТ можно использовать предельные вероятности состояний СМО.

Рассчитаем предельные вероятности обслуживания заявок для рассматриваемого выше примера. Приведенные интенсивности

и вероятности восстановления ВВТ в войсковом звене и в Центре ТО и Р составляют

$$\bar{\alpha}_1 = \frac{\gamma \bar{\lambda}}{\bar{\mu}_1} = 0,71; \alpha_2 = \frac{(1-\gamma) \bar{\lambda}}{\bar{\mu}_2} = 4,17;$$

$$\bar{P}_{обсл}^{(1)} = 1 - \left( \frac{\bar{\alpha}_1}{1 + \bar{\alpha}_1} \right)^2 = 1 - \left( \frac{0,71}{1,71} \right)^2 = 0,83;$$

$$\bar{P}_{обсл}^{(2)} = 1 - \left( \frac{\bar{\alpha}_2}{1 + \bar{\alpha}_2} \right)^4 = 1 - \left( \frac{4,2}{5,2} \right)^4 = 0,58.$$

Общая вероятность обслуживания заявок составит

$$P_{обсл} = \gamma \bar{P}_{обсл}^{(1)} + (1-\gamma) \bar{P}_{обсл}^{(2)} = 0,33 \cdot 0,83 + 0,67 \cdot 0,58 = 0,65.$$

Как видно из расчетов, для стационарных условий работы системы восстановления ВВТ результаты полностью совпадают.

### Заключение

Рассмотренный подход к моделированию системы восстановления ВВТ на базе моделей массового обслуживания позволяет осуществить всестороннюю оценку производственных возможностей сил и средств войскового и заводского ремонта ВВТ, рационально спланировать и организовать систему восстановления поврежденной ВВТ в частях и соединениях территориального командования.

### Список использованных источников

1. Артемов А.С., Герасимов А.В. Применение теории массового обслуживания при исследовании сложных организационно-технических систем военного назначения // Военная мысль. – 2011. – № 12.
2. Горевич Б.Н., Брус А.А., Миняйло В.Л. Методика определения параметров построения системы МТО группировки авиации и войск ПВО // Военная мысль. – 2011. – № 14.
3. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – 2-е изд. – М.: Наука, 1987.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991.
5. Буравлев А.И. Анализ СМО с разрывными функциями интенсивности потоков // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3(19).
6. Осипов Л.А. Проектирование систем массового обслуживания. – М.: Адвансед Солюшнз, 2011.

Имховик Н.А., кандидат технических наук

Селиванов В.В., доктор технических наук, профессор

Симонов А.К.

Сергеева А.И.

Яшин В.Б., кандидат технических наук

### **Об исследованиях по разработке за рубежом новых высокоплотных реактивных материалов («High-Density Reactive Materials») и их применению в боеприпасах повышенного могущества действия**

*Рассмотрены ведущиеся за рубежом с конца 1990-х годов масштабные исследовательские программы по созданию новых высокоплотных энергетических материалов, среди которых наибольшее внимание уделяется, так называемым, реактивным материалам (Reactive Material – RM) и в особенности высокоплотным RM (HDRM). Цель данных исследований – поиск и отработка новых принципов усиления поражающего действия кинетических, кумулятивных, осколочных и других типов боеприпасов за счет включения в их конструкцию композиционных реакционноспособных материалов – RM, в которых при высокоинтенсивной деформации или ударно-волновом воздействии может быть инициирована экзотермическая механо-химическая реакция с дополнительным энерговыделением. Сделан вывод о том, что применение высокоплотных RM – качественно новое направления развития средств поражения, в перспективе позволяющие решать широкий спектр задач – от увеличения могущества и эффективности действия боеприпасов до повышения их безопасности и надежности, а также позволяющее усиливать или ослаблять (локализовать) действие поражающих факторов.*

С конца 1990-х годов в США ведутся масштабные программы по созданию новых типов высокоплотных энергетических материалов (ЭМ), а также по поиску и отработке новых принципов усиления поражающего действия боеприпасов (БП) различного типа (кинетических, кумулятивных, осколочных и осколочно-фугасно-зажигательных) за счет включения новых ЭМ в конструкцию БП. В этих программах задействованы десятки научно-исследовательских организаций и фирм-разработчиков БП [1-3]. Основной объем работ по данной проблематике выполняют ВМС и ВВС США. При этом наибольшее внимание уделяется различным типам механо-химически активных (реакционноспособных) композиционных материалов, называемых в США реактивными материалами –

RM (Reactive Material – RM), и в особенности высокоплотным RM (High-Density RM).

По сложившейся зарубежной терминологии, RM – это композиция двух и более твердых веществ, не являющихся взрывчатыми (в обычном понимании), в которой при высокоскоростном ударе и проникании в цель может быть инициирована экзотермическая химическая реакция. Согласно оценкам фирм-разработчиков боеприпасов, дополнительное энерговыделение, обусловленное применением RM, в частности RM на основе металл-фторопластовых композиций (например, Al + ПТФЭ), приводит к резкому усилению кинетического поражающего воздействия, оказываемого одиночным БП-проникателем (осколком или готовым поражающим элементом (ГПЭ), множественными осколками (ГПЭ), «ударным ядром» или кумулятивной

струей из РМ (в том числе благодаря химическому взаимодействию с материалами цели).

Другими видами активно изучаемых РМ являются: термитные смеси типа «металл / оксид металла» (нанотермиты); интерметаллические соединения, СВС-реакции в которых протекают с образованием алюминидов, боридов и карбидов; метастабильные межмолекулярные композиты (MIC), матричные материалы и гидриды, в том числе производимые с использованием нанотехнологий. Их основные преимущества – это бóльшая запасенная энергия (в единице массы и/или объема) и более рациональное использование энергии, нежели в случае применения обычных ЭМ, включая ВВ. Высокоточные и достаточно



а)

прочные «структурные» HDRM обеспечивают существенное повышение энергоемкости оружия. Заменяя собой инертные конструкционные материалы, они вступают в реакцию с кислородом окружающей среды, увеличивая при этом степень поражения цели.

В отличие от классических подходов к использованию ЭМ (ВВ, порохов и ТРТ), основанных на установившихся режимах реакции, например, в форме детонации или послойного горения, концепция РМ принципиально подразумевает связь скорости и типа реакции с условиями удара; при этом эффект действия РМ может меняться в широком диапазоне (рисунок 1).



б)

Рисунок 1 – Сгорание РМ: а) в обычных условиях; б) при высокоскоростном ударе

Последнее создает определенные трудности при проектировании и отработке новых типов БП, содержащих РМ, поскольку изучение и моделирование физико-химических процессов в твердых телах, сопровождающих срабатывание РМ (механо-химическая активация, объемное воспламенение и дефлаграция) находятся в зачаточном состоянии. Однако очевидные преимущества применения РМ – значительное усиление поражающей способности БП и отчетливость идентификации факта поражения цели (а, в ряде случаев, еще и упрощение конструкции БП и/или повышение их эксплуатационной безопасности) – заметно перевешивают, чем, собственно, и обусловлен повышенный интерес к РМ исследователей центров ВМС и ВВС США, выполняющих основной объем прикладных НИР и ОКР по РМ (кроме США исследования

также ведутся в Великобритании, Китае и других странах).

Первые положительные результаты использования РМ были получены при замене стальных осколков (и других инертных ПЭ) на металлполимерные РМ-ПЭ (например, Al+ПТФЭ). В силу особенностей данного типа РМ (умеренная прочность и плотность, высокая калорийность) они оказались наиболее эффективны при действии по слабозащищенным целям. В процессе удара такие ПЭ деформируются и разрушаются, что вместе со взрывоподобной реакцией приводит к увеличению пробоя и многофакторному (термобарическому) фугасно-зажигательному действию в запреградном пространстве. Высокая температура и образующиеся при горении РМ мелкодисперсные конденсированные продукты нарушают работу электронных устройств приборных отсеков цели. На рисун-

ках 2-4 приведены результаты стрельб РМ-ПЭ по мишени-имитатору корпуса самолета (8 мм Al-пластина + контейнер, заполненный монтажной пеной). РМ-ПЭ дает увеличение

диаметра пробоины в 2 – 2,5 раза по сравнению со стальным ПЭ и оказывает интенсивное фугасное действие на контейнер [3].

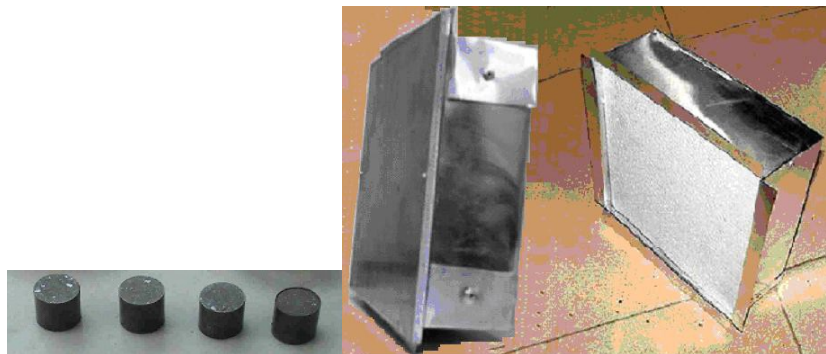


Рисунок 2 – Таблетки из РМ (Al+ПТФЭ, Ø10мм, 2,5 г) и мишень-имитатор



Рисунок 3 – Типичный опыт на моменты времени 1, 3, 8 и 11 мс (скорость 990 м/с)

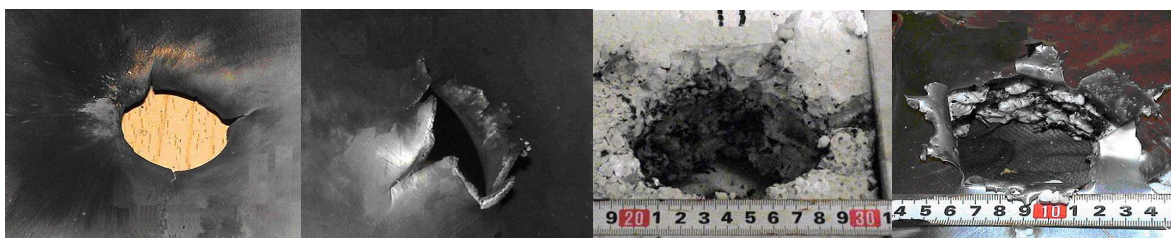


Рисунок 4 – Слева направо: лицевая и тыльная стороны мишени, внутренний и внешний вид контейнера

Влияние различных эффектов РМ носит кумулятивный характер, особенно явно это проявляется при поражении систем управления (рисунок 5). Особенности таких РМ обусловили их внедрение прежде всего в БЧ систем ПРО, ПВО и ракет «воздух-земля», для которых плотность и прочность ПЭ не является приоритетными. Это разработки GSI для БЧ противоракет (рисунок 6), программа BattleAxe (ракеты «воздух-земля», рисунок 7), программа ONR Reactive Material Enhanced Warhead/ATD/Army's Active Protection System (БЧ ЗУР, рисунок 8) и РМ-ПЭ мин регулируемого действия от Alliant Techsystems, рисунок 9).

Предполагается внедрение РМ в системы Standard Missile, HARM, AMRAAM, Sidewinder, Rolling Airframe Missile. Сухопутные войска США рассматривают возможность применения РМ в БЧ ЗУР «Patriot». ЗРК «Patriot» PAC-3, прежде всего, предназначен для прикрытия крупных административно-промышленных центров, военно-морских и военно-воздушных баз от всех существующих средств воздушного нападения, включая баллистические ракеты с дальностью пуска до 1000 км, в том числе и снаряженные химическими боеголовками.



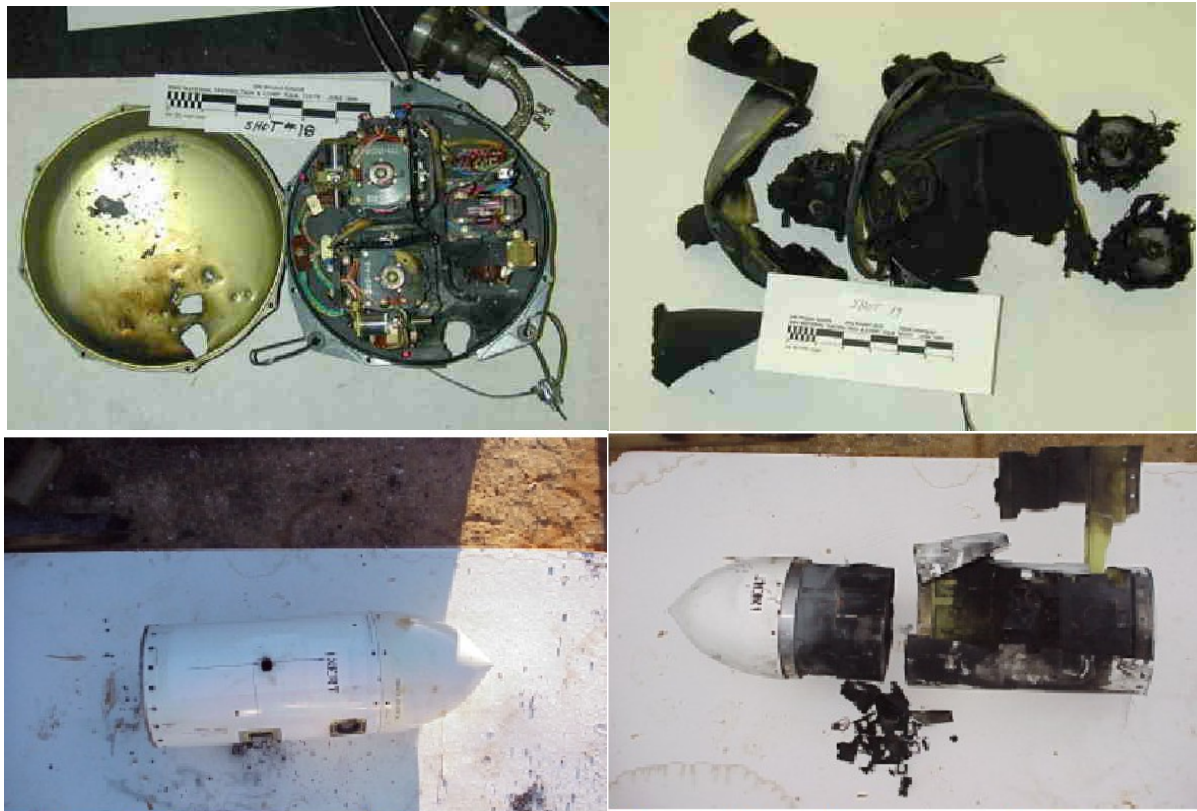


Рисунок 5 – Поражение элемента системы управления и корпуса аппаратного отсека ракеты инертными осколками (слева) и РМ-осколками (справа)



Рисунок 6 – Удар РМ-ПЭ (Ал/ПТФЭ) по набору разнесенных пластин, скорость 3,134 км/с [4]

РМ умеренной прочности могут использоваться также в кумулятивных зарядах (КЗ) и СФЗ в составе облицовки и других деталей (вкладыши различной геометрии, линза и т.п.). В начале 2000-х велась отработка металлполимерных РМ-облицовок для бронебойных КЗ, которые обеспечивали высокий запреградный эффект. Однако замена традицион-

ных материалов обычно приводит к некоторому снижению глубины проникания, что болезненно воспринимается заказчиками. Поэтому РМ-КЗ для противотанковых БП перспективны только при избыточности этого параметра – например, при действии по верхней проекции танка, против легкобронированной техники или в качестве предзаряда.



Рисунок 7 – Противотанковая управляемая ракета AGM-114 «Хелл-файр»



Рисунок 8 – Полномасштабное испытание БЧ с РМ-ПЭ в рамках программы «Перспективный боеприпас на основе реакционных материалов»; показана возможность увеличения радиуса поражения в ~2 раза, вероятности поражения в ~6 раз [5]



Рисунок 9 – Мины с «регулируемым» действием: поражение обеспечивается осколочным пакетом РМ-ПЭ и/или фугасным действием ВВ и РМ. При этом действие может меняться с боевого на нелетальное (временно ослепляющее)

Существует ряд КЗ, где не требуется рекордной глубины пробития, но предъявляются требования к размерам каверны. Металлополимерные РМ-облицовки с успехом использованы в ряде инженерных КЗ для разрушения сооружений, мостов, дорожного покрытия [6]. Химическая реакция в струе из РМ-облицовки, возникающая в процессе проникания в преграду, создает эффект заглубленного взрыва (рис.10, 11). Это делает такой КЗ, по заявлению

разработчиков, «самым эффективным унитарным бетонобойным БП на сегодняшний день». В качестве примера можно привести КЗ «Вам Вам», который с успехом заменил значительно более громоздкий и сложный инженерный БП РАМ (Penetrating Augmented Munition). Вместо сложной конструкции, включающей основной заряд ВВ, пороховой ускоритель и двакумулятивных заряда, новый БП состоит только из КЗ с РМ-облицовкой.



Рисунок 10 – Инженерный КЗ с РМ (Ø200мм, 5,28кг ВВ) и его действие по ж/б плите (ширина 2,44 м, длина 7,31м, толщина 0,14 м). Диаметр воронки более 2,44 м, глубина каверны 1,32м

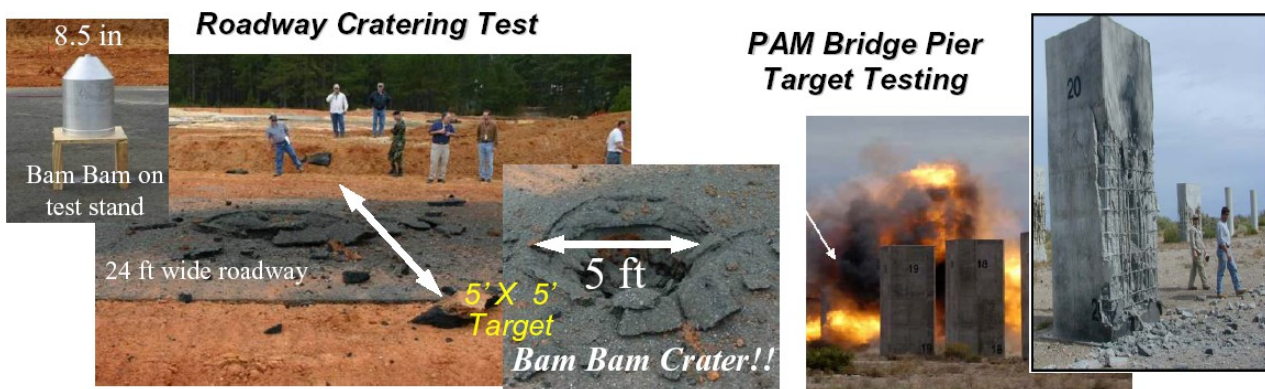


Рисунок 11 – КЗ «Bam Bam» (18кг) и его действие по дороге и мостовой опоре

Аналогичным образом работают РМ-КЗ для торпед CRAW (Compact Rapid Attack Weapon, финансирует ONR) и разрабатываемый

АТК Thokol противобункерный переносной СФЗ для SLAM (рисунок 12).

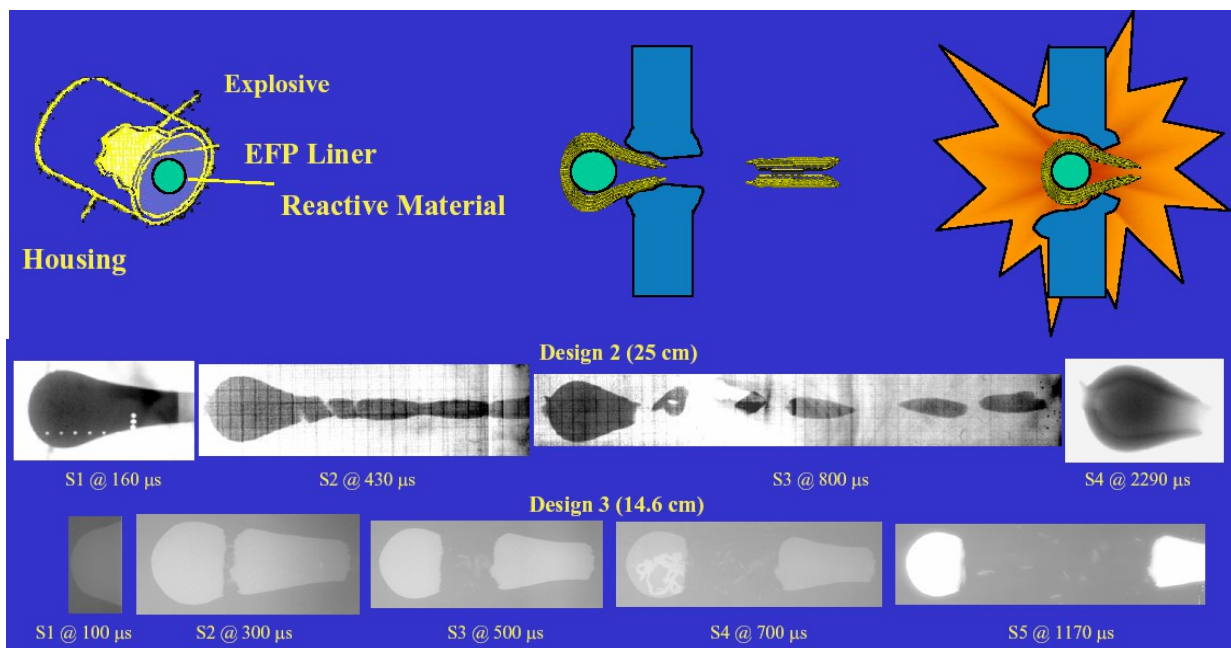


Рисунок 12 – Принцип действия СФЗ с РМ

С 2007-2008 г. несколько фирм (QinetiQ, DYNAmeter) начали промышленное применение РМ-КЗ для нефтяных перфораторов. При схлопывании КЗ из РМ инициируется экзотермическая реакция, разогретый материал облицовки, взаимодействуя с каверной и жидкостью в породе, создает остаточное давление, которое дает эффект самоочистки и способствует образованию трещин в стенке каверны. Это позволяет получать открытые, не загроможденные обломками отверстия с повышенной проницаемостью. Специфика применения перфораторов (малое фокусное расстояние, минимальное фугасное и осколочное действие, необходимость пробивания стенки обсадной колонны, наличие в породе жидкости) обусловила выбор в качестве материала облицовки РМ интерметаллидного типа. Глубина пробития достигает 80-90% от аналогичных КЗ с инертными облицовками, но существенно увеличивается чистая глубина, площадь поверхности и объема каверны (для перфораторов Connex фирмы QinetiQ заявлено

увеличение на 44%, 164% и 355% соответственно [8]).

Применение РМ во многих типах БП сдерживается их не всегда достаточной прочностью и плотностью. Разработка РМ, которые выдерживали бы нагрузки при выстреле, взрывном метании, были бы пригодны для пробития прочных преград, ведется в рамках концепции HDRM (*High-Density Reactive Materials*).

Такие РМ (HDRM) перспективны для артиллерийского и стрелкового оружия, для кинетических и противобункерных систем. Дополнительным стимулом для разработчиков является возможность внедрения таких РМ при модернизации стоящих на вооружении БП без изменения массогабаритных характеристик. Требование высокой плотности и прочности в сочетании с энергоемкостью и малой чувствительностью, делает задачу непростой – особенно с учетом связи (обратной корреляции) скорости реакции с прочностными параметрами.

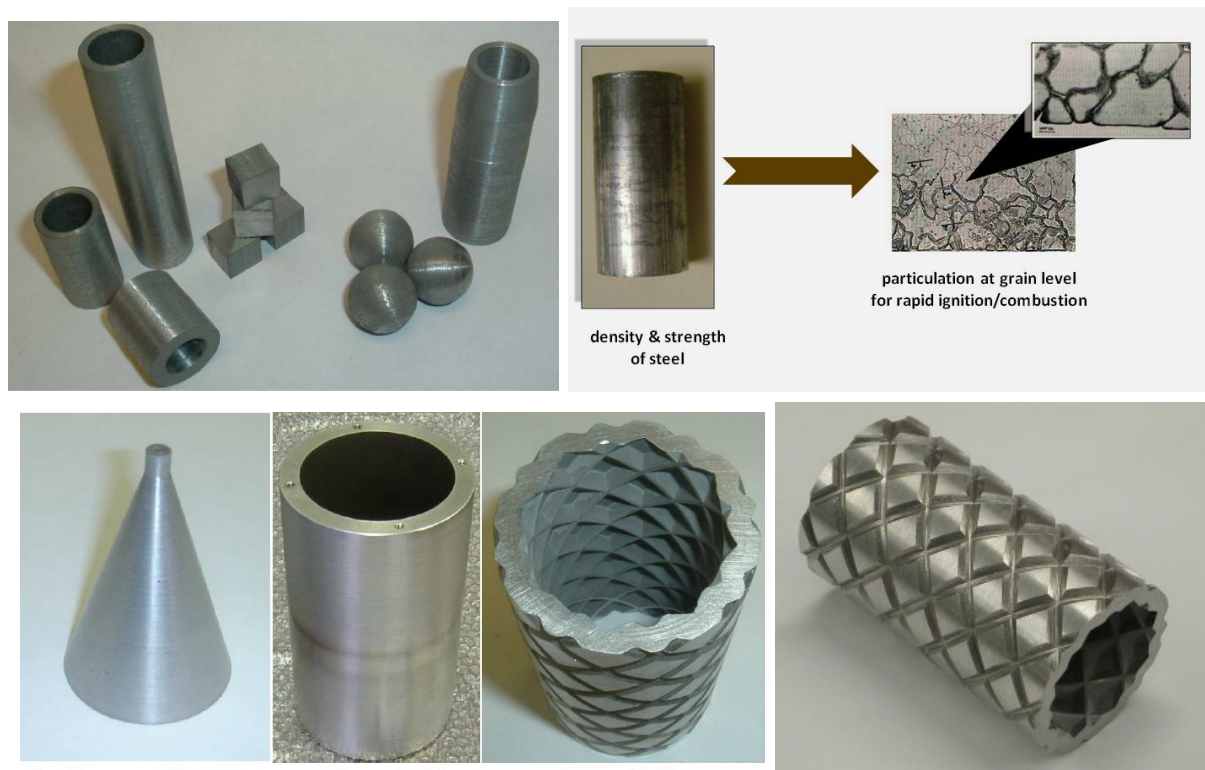


Рисунок 13 – Детали и оболочки из HDRM [9]

Наибольшего успеха в этом направлении добились при использовании «структурных»

РМ интерметаллидного типа, содержащих от 2 до 4 компонент. РМ такого типа позволяют

изготовление прочных изделий сложной формы, которые можно использовать для замены инертных стальных и медных деталей в БП (рисунок 13).

Повышение поражающей способности при использовании таких РМ связано с двумя механизмами [10]: первый иллюстрируется рисунком 14, второй – рисунок 15.

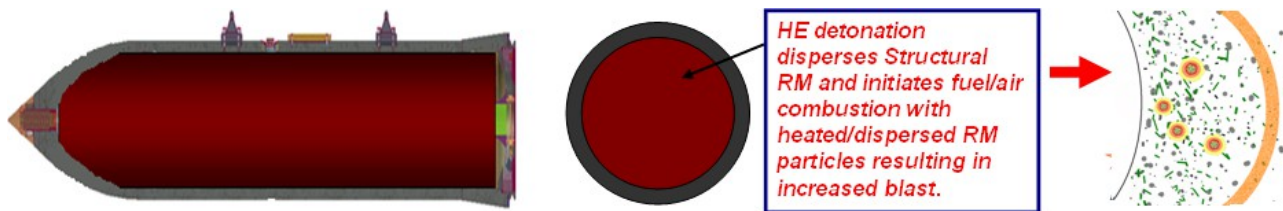


Рисунок 14 – Быстрое сгорание на воздухе мельчайших фрагментов, образующихся при взрыве снаряда, увеличивает фугасное действие

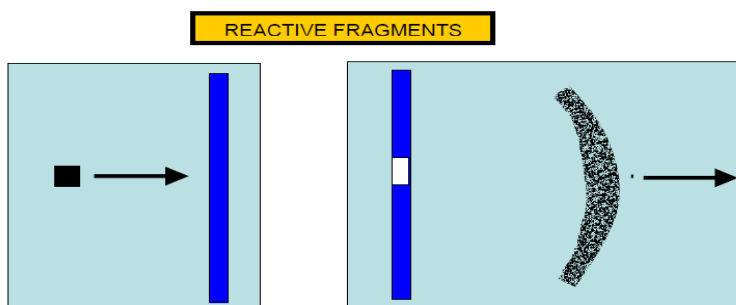


Рисунок 15 – Крупные осколки при пробитии разрушаются и воспламеняются, создавая в запреградном пространстве тепловой или термобарический импульс

Использование РМ в качестве корпусов снарядов позволяет повысить энергосодержание БП до 5 раз. Значительный объем работ выполнен ВВС и ВМС США. В NSWC IHD проведен цикл отработки и тестирования снарядных корпусов с требуемой фрагментацией для моделей разного размера (внутренний диаметр 12,7...70 мм) и баллистические испытания (2011г.) с отстрелом снарядов с РМ-корпусом по типовой цели (двухкомнатное строение) с определением эффективности поражения набором датчиков давления. Материал изготовлен из 3-х компонентов (вероятно, Al/Ni/W) горячим изостатическим прессованием по технологии «net-shape», имеет прочность алюминиевого сплава (140 МПа), плотность стали (7,8 г/см<sup>3</sup>) и калорийность в 1,5 раза больше ТНТ<sup>1</sup>. Он выдерживает перегрузки при выстреле, дает предсказуемую фрагментацию при скоростях метания взрывом 0,9...1,5 км/с.

Взрывной эффект значительно выше, чем у снарядов со стандартными стальными корпусами. Основной задачей, решаемой ВМС, является модификация артиллерийского выстрела Mk 179 HE-ET, также рассматривается замена на РМ инертных вольфрамовых ПЭ в Mk 182 KE-ET (рисунок 16).

Разработку корпусов БП из интерметаллидных РМ также ведут ВВС США. Ввиду специфики применения выдвигаются менее жесткие требования к прочности и плотности. Расчетные и экспериментальные исследования [11] показывают увеличение фугасного действия макетов с корпусами из РМ (рисунок 17) и возможность сохранения осколочного действия (рисунок 18).

Сочетание высокой проникающей способности ПЭ из таких РМ с сильным зажигательным действием делает их очень эффективными при поражении боевой нагрузки, т.е. собственно БП, содержащих ВВ и/или ТРТ, – например, в системах активной защиты и

1 Предположительно, имеется в виду калорийность на единицу объема.

инженерных средств разминирования [12] (рисунки 19, 20).

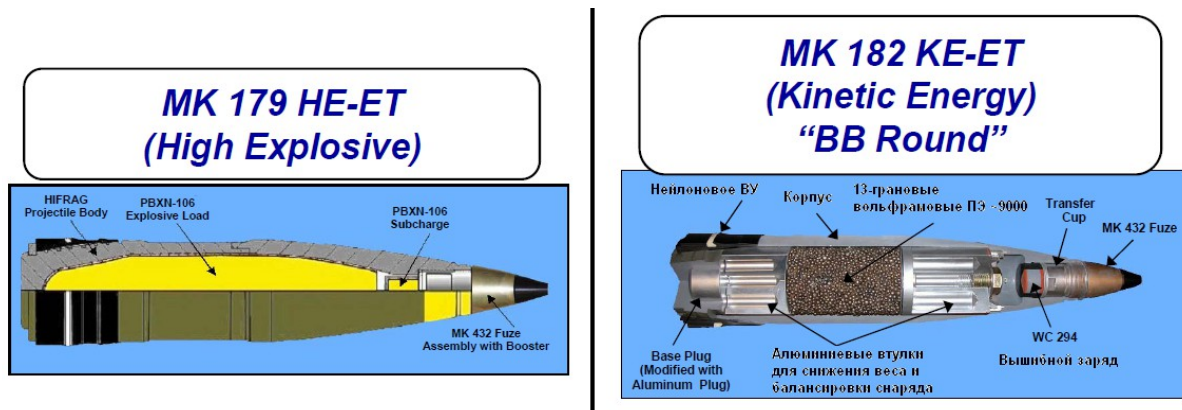


Рисунок 16 – Модифицируемые 127-мм артиллерийские выстрелы

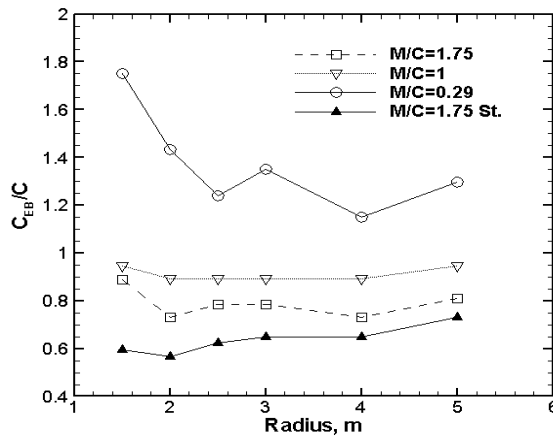


Рисунок 17 – Фугасность зарядов в оболочках из РМ и стали (St) при свободном взрыве. М/С – отношение масс оболочки и ВВ;  $C_{EB}/C$  – соотношение масс эквивалентного по импульсу заряда без оболочки и массы ВВ в заряде

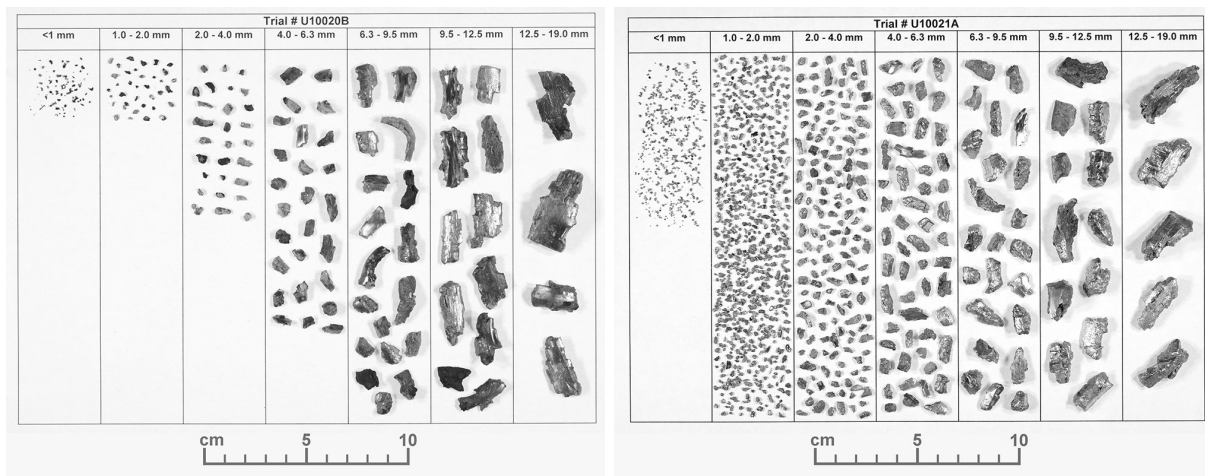


Рисунок 18 – Уловленные фрагменты при взрыве стальной (слева) и РМ (справа) оболочек ( $M_{об}/M_{ВВ}=1,75$ )



Рисунок 19 – РМ-ударники (Oximet) для уничтожения мин; РМ выжигает ВВ



Рисунок 20 – Разрабатываемые в США авиационные средства расчистки минных и инженерных заграждений

Специфическое применение ударники из РМ нашли при разработке БП для поражения объектов с химическим и биологическим оружием, например, биоцидные РМ металл (Al, Nb)+J2O5 (рисунок 21). Их эффективность оценивается выше, чем ранее разработанных сложных пиросистем, генерирующих высоко-

температурный хлор и др. газы. Также использование «структурных» сверхпрочных высокоплотных РМ для противобункерных БП и в снарядах для электромагнитных пушек предусматривается программами DARPA's Reactive Munition, SBIR (финансирование DTRA).

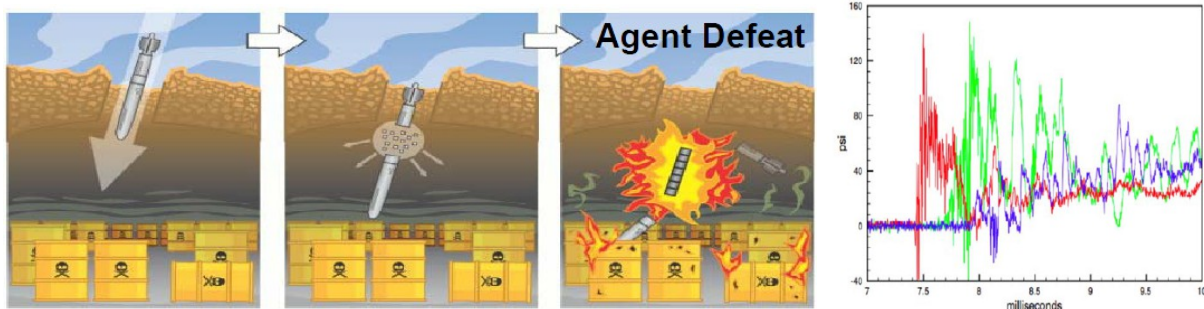


Рисунок 21 – Схема применения управляемых авиационных бомб с биоцидным РМ и давление в запреградном пространстве при проникании и реакции РМ типа Nb+J2O5 [13]

**Выводы**

Применение РМ – качественно новое направление развития артиллерийских БП и БЧ управляемых ракет, инженерных БП и авиационных средств поражения, в перспек-

тиве позволяющее решать широкий спектр задач – от увеличения могущества и эффективности действия БП до повышения их безопасности и надежности, а также позволяющее усиливать или ослаблять (локализовать) действие поражающих факторов БП.

**Список использованных источников**

1. Advanced Energetic Materials. Committee on Advanced Energetic Materials and Manufacturing Technologies. National Research Council, 2004.
2. Richard G. Ames, A Standardized Evaluation Technique for Reactive Warhead Fragments, 23-rd International Symposium on Ballistics, Tarragona, Spain, 16-20 april, 2007.
3. WANG Haifu, LIU Zongwei, WANG Hui & YU Weiming. Impact Initiated Characteristics of Reactive Material Fragments. Proceedings of the 2007 International Autumn Seminar on Propellants, Explosives and Pyrotechnics. Xi'an, Shaanxi, China, October 23-26, 2007.
4. Stephen D. Rosencrantz. Characterization and Modeling Methodology of Polytetrafluoroethylene Based Reactive Materials for the Development of Parametric Models, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Engineering, B.S., University of Washington, 1998. Wright State University, 2007.
5. R&Dbrochure, <http://www.detk.com>
6. Mr. Steven Nicolich Chief, Presented by: Dr. Rao Surapaneni, Energetic Materials to Meet Warfighter Requirements: An Overview of Selected US Army RDECOM-ARDEC Energetic Materials Programs, 42nd Annual Armament Systems: Gun and Missile Systems Conference, 2007.
7. A. Daniels, E. Baker and K. Ng. A UNITARY DEMOLITION WARHEAD. Mines, Demolition and Non-Lethal Weapons Conference, 2003.
8. Connex, 30 April 07, <http://www.qinetiq.com>
9. <http://matsys.com>
10. Carl Gotzmer, Brian Amato and Steven Kim. APPLICATIONS OVERVIEW OF IHDIVNSWC REACTIVE MATERIALS. National Capital Region Energetics Symposium, La Plata, MD, April 27-28, 2009.
11. Fan Zhang, Laura Donahue and William H. Wilson. The Effect of Charge Reactive Structural Metal Cases on Air Blast, 14th IDS, 2010.
12. <http://general-sciences.com>
13. S. Bless and R. Russell, M. Pantoya. Advanced Energetic Materials for Agent Defeat: Impact-Driven Reactions in Biocidal Reactive Materials for WMD Applications. Annual Progress Report –HDTRA1-08-1-0013, 2009.



Н.Ю.Комраков, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
С.Ю.Коростелев, кандидат технических наук

## Автоматизированная информационно-расчетная система для прогнозирования характеристик уязвимости летательных аппаратов

*Статья посвящена обоснованию необходимости разработки автоматизированной информационно-расчетной системы для прогнозирования характеристик уязвимости летательных аппаратов к действию поражающих факторов боеприпасов. Приведены структура и принципы построения автоматизированной информационно-расчетной системы.*

Основные направления совершенствования методического аппарата исследования уязвимости летательных аппаратов (ЛА) определяются, в первую очередь, теми противоречиями, которые появляются в практике проектирования огневых средств ПВО и разработки исходных данных для теоретической оценки законов поражения ЛА. Под уязвимостью ЛА понимается свойство цели, характеризующее степень ее чувствительности к воздействию поражающих факторов боеприпасов [1].

Методический аппарат ( $M_Y$ ) разработки характеристик уязвимости летательных аппаратов представляет собой совокупность взаимосвязанных теоретических и экспериментальных методов (методик, моделей), обеспечивающих с заданным качеством ( $K_{Y_{зад}}$ ) отображение множества данных ( $X_1$ ) о характеристиках ЛА как объектов поражения и множества данных ( $X_2$ ) о характеристиках средств поражения и условиях их воздействия по летательному аппарату на множество характеристик уязвимости ( $\Omega_S$ ) при ограничениях на время разработки прогноза ( $t_{зад}$ ) и ресурсы ( $C_{Y_{зад}}$ ):

$$M_Y : X_1 \times X_2 \rightarrow \Omega_S$$

при  $K_Y \subset K_{Y_{зад}}, t_Y \leq t_{Y_{зад}}, C_Y \leq C_{Y_{зад}}$ .

Разработка исходных данных по уязвимости ЛА проводится, как правило, при дефиците информации об их облике и характери-

ках в условиях неопределенности, характерных для развития процессов поражения летательных аппаратов при воздействии по ним поражающих факторов боеприпасов. Разработка исходных данных связана с необходимостью анализа большого объема информации, проведения расчетов, математических и физических экспериментов, экспертных оценок, принятия решений в условиях неопределенности. Такую работу способен провести подготовленный исследователь, обладающий определенной базой знаний и навыками по использованию имеющейся в банках данных информации по облику и характеристикам ЛА, их зарубежным и отечественным аналогам, критериям поражения, особенностям и количественным оценкам процессов поражающего действия по ним поражающих факторов боеприпасов. Трудоемкость разработки исходных данных по уязвимости летательных аппаратов без доработки методического аппарата по американским оценкам составляет [2]:

- самолет-бомбардировщик – 10 человеко/месяцев;
- самолет-истребитель – 6 человеко/месяцев;
- крылатая ракета – 2 человеко/месяца.

Увеличивается количество ЛА, применительно к которым разрабатываются исходные данные по уязвимости. Существенно усложняются и сами цели. Если к концу 70-х годов ис-

ходные данные цели включали не более 20-ти исходных отсеков, поражаемых при взрыве осколочно-фугасной боевой части различными видами поражающего действия, то в современных исходных данных их число может превышать 50. Следовательно, увеличивается пропорционально объем оцениваемых параметров. Если тридцать лет назад исходные данные по уязвимости ЛА разрабатывались к действию только осколочно-фугасных боевых частей, то в настоящее время и к действию боевого снаряжения малогабаритных зенитных управляемых ракет, стержневых и других типов боевых частей (БЧ).

Таким образом, исходные данные по уязвимости ЛА, для обеспечения проведения теоретических оценок эффективности стрельбы на различных этапах создания и эксплуатации огневых комплексов ПВО и их боевого снаряжения, должны представлять собой иерархическую систему понятий, частных и обобщенных показателей, параметров и функций, структурно и функционально изменяющуюся, адекватно развитию ЛА и огневых средств борьбы с ними.

Вместе с тем число специалистов, привлекаемых к разработке исходных данных по уязвимости ЛА, как в головном научно-исследовательском учреждении, так и в организациях-контрагентах за последнее время уменьшилось в несколько раз.

Поэтому, с одной стороны, возрастают объем и сложность информации, которую необходимо анализировать и дополнять при разработке исходных данных по уязвимости ЛА, а, с другой стороны, уменьшаются необходимые для этого возможности. Кроме этого, технология разработки исходных данных, опирающаяся на высококвалифицированных специалистов и использование их знаний и опыта, за последние десятилетия практически не изменилась, за исключением создания баз данных по отдельным аспектам исследований.

Для разрешения этого противоречия, в условиях сокращения числа исследователей,

работающих по этой проблеме, ограничения ресурсов, выделяемых на разработку исходных данных по уязвимости, существенной эвристической составляющей этого процесса, необходимо, опираясь на имеющиеся значительный опыт и информационную базу, уменьшить трудоемкость разработки и требования к квалификации разработчиков исходных данных. Для этого должен быть автоматизирован сам процесс разработки исходных данных с использованием современных информационных технологий и вычислительных средств.

Таким образом, целью данной статьи является обоснование необходимости автоматизации процесса прогнозирования характеристик уязвимости летательных аппаратов и разработка предложений по ее осуществлению.

Автоматизация процесса прогнозной оценки характеристик уязвимости ЛА может быть решена путем создания автоматизированной информационно-расчетной системы (АИРС) с элементами искусственного интеллекта, которая должна включать как структурированные и формализованные информационные базы по информационно-описательным моделям ЛА как объектам поражения, критериям их поражения, закономерностям поражающего действия боеприпасов по ЛА, так и базу знаний для решения неопределенных и плохо структурированных задач на основе дедуктивных рассуждений с привлечением эвристик.

Для определения структуры АИРС и принципов ее построения необходимо проанализировать технологию исследований и прогнозирования характеристик уязвимости ЛА. Для прогнозирования характеристик уязвимости на первом этапе исследований необходимо разработать прогнозную модель облика ЛА как объекта поражения. Информационной основой для этого является база данных (БД) по информационно-описательным моделям (ИОМ) ЛА, содержащая структурированные сведения как об объекте поражения, так и

близких к нему по характеристикам аналогов. Сведения, содержащиеся в БД по ИОМ, могут быть неполными, противоречивыми, содержать как вполне достоверную, так и недостоверную информацию.

Разработка прогнозной модели облика ЛА как объекта поражения представляет собой процесс, заключающийся в преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера.

Преобразование исходного описания в окончательное порождает промежуточные описания (прогнозные решения), которые являются предметом рассмотрения с целью определения окончания прогнозирования или выбора путей его продолжения.

Поражающие факторы боеприпасов воздействуют, как правило, по отдельным отсекам (агрегатам) ЛА. А результат воздействия оценивается по состоянию ЛА в целом. Это обстоятельство определяет структуру исходных данных по уязвимости, а также необходимость структурированного описания и расчленения представлений об объекте прогнозирования на иерархические уровни и аспекты. Разделение описаний по степени детализации отображаемых свойств и характеристик объекта лежит в основе блочно-иерархического подхода к прогнозированию и приводит к появлению иерархических уровней (уровней абстрагирования) в представлениях о прогнозируемом объекте.

Таким образом, в основе разработки АИРС лежит принцип иерархичности, означающий структурированное представление об объектах прогнозирования по степени детальности описаний, и принцип декомпозиции – разбиение представлений каждого уровня на ряд составных частей с возможностью отдельного прогнозирования их характеристик.

Так блочно-иерархическая структура автоматизированной бортовой системы управления полетом (АБСУП) описывается следую-

щим образом. В качестве элемента низшего уровня системы выбирается агрегат, обладающий следующими свойствами:

- выполнен в едином конструктиве и имеет геометрию и компоновку, при которых для оценки вероятностных характеристик его поражения можно использовать известный математический аппарат;
- выполняет минимально необходимые функции, которые могут быть математически описаны.

Результат воздействия поражающих факторов оценивается, в конечном счете, не по состоянию собственно управляющей системы и ее агрегатов, а по состоянию летательного аппарата, обладающего свойствами, которые придает ему функционирующая на борту АБСУП. Причем ее состояние должно описываться такими показателями, которые можно связать с элементами, характеризующими конечную цель воздействия среды по ЛА. Эти обстоятельства определяют верхний (по вертикали) уровень системы как объекта поражения, который может быть определен категориями «управляемый летательный аппарат», «авиационный комплекс» и т.п.

На промежуточных вертикальных уровнях, в частности на уровне системы, оценивается состояние агрегатов с учетом их сопряжения, а, следовательно, и системы в целом. На уровне объекта управления определяется реакция ЛА, выраженная в летно-технических категориях, например, уровень пилотажных характеристик. Таким образом, при прогнозировании характеристик уязвимости АБСУП выделяется четыре иерархических уровня: уровень агрегатов, уровень системы, уровень объекта управления и уровень ЛА.

При выборе границ по горизонтали критерием принадлежности элементов к АБСУП как объекту поражения является наличие у них общей цели, общего назначения и участия данного элемента в процессе, приводящем к получению результата. Исходя из этих соображений, в состав уязвимых агрегатов АБСУП включаются распределительные

устройства системы электроснабжения и гидромагистрالی до отсекающего клапана, которые непосредственно энергетически обеспечивают функционирование собственно агрегатов АБСУП.

Кроме расчленения описаний по степени подробности отражения свойств объекта, порождающего иерархические уровни, используется декомпозиция описаний по характеру отображаемых свойств объекта. Так, применительно к АБСУП на трех низших уровнях использован принцип стратифицированного описания и ее представление семейством относительно самостоятельных технической, ресурсной, организационной и функциональной структур, в рамках которых изучается и прогнозируется процесс поражения агрегатов, системы и объекта управления. Для их формализованного описания используются унифицированные математические схемы (агрегативные модели функционирования системы как объекта поражения).

В технической структуре определяются координаты центра отсека в целевой системе, геометрическая форма, линейные размеры и т.п., необходимые для вероятностной оценки параметров поля поражения, воздействующего на агрегаты.

В рамках ресурсной структуры определяются состояния агрегатов системы как потребителей различных видов энергии, в основном электрической и гидравлической. Поэтому агрегаты, функционально слабо связанные или даже вообще не связанные, но энергетически зависимые (входящие в один фидер, подключенные к одному распределительному устройству), следует рассматривать как уязвимые агрегаты системы управления, так же как и коммутационно-защитное устройство фидера.

В организационной структуре определяются режимы функционирования поврежденного и неповрежденного агрегатов и системы в целом с учетом ее способности к самоорганизации, диагностике состояния (работоспособности) агрегатов и в зависимости от

уровня механического ущерба и ресурсообеспечения.

В рамках функциональной структуры формируется собственно управляющий сигнал системы, определяемый ее функциональным назначением в зависимости от уровня повреждения, ресурсного и организационного состояния агрегатов.

Аспекты определяются не только свойствами объекта прогнозирования, но и физическими эффектами, которые имеют место при воздействии по ним поражающих факторов боеприпасов.

Разработка прогнозной модели облика ЛА как объекта поражения представляет собой процесс, который структурируется посредством прогнозных процедур и прогнозных операций. Прогнозная процедура заканчивается получением прогнозного решения. Прогнозные операции являются более мелкими составными частями процесса прогнозирования, входящими в состав прогнозных процедур. Прогнозная процедура определяется как совокупностью прогнозных процедур, так и решением по определенным правилам задачи выбора лучшей альтернативы.

Если при наличии информации о системе сведения о ее элементах носят предположительный характер, то процесс прогнозирования является нисходящим, в противном случае – восходящим. На практике обычно сочетаются восходящее и нисходящее прогнозирование. Причем, поскольку прогнозные решения в процессе прогнозирования могут не оправдываться, часто требуется повторное выполнение прогнозных процедур предыдущих этапов после выполнения прогнозных процедур последующих этапов. Такие повторения обуславливают итерационный характер прогнозирования. Поэтому итерационность является необходимым принципом построения АИРС по прогнозированию характеристик уязвимости ЛА.

Важным принципом построения АИРС является типизация и унификация прогнозных решений и средств прогнозирования. Исполь-

зование этого принципа позволяет упростить и ускорить процесс прогнозирования. Примером типизации прогнозных решений могут быть базы данных по прогнозным оценкам параметров облика типовых элементов ЛА или рассчитанных заранее зависимостей. Примером унификации прогнозных процедур и операций могут служить расчетные алгоритмы для оценки вероятностей поражения типовых элементов при заданных значениях параметров поражающих факторов, операции по построению графических функций одного или нескольких аргументов.

Типовые процедуры и операции должны структурироваться. По функциональному назначению различаются прогнозные процедуры структурного и параметрического синтеза, заключающиеся в определении перечня типов элементов, способа связи между ними в составе объекта и в определении значений параметров элементов при заданной структуре и условиях работоспособности, а также процедуры анализа, заключающиеся в исследовании свойств объекта и его работоспособности в некоторой области пространства внутренних параметров. По способу представления свойств объекта типовые процедуры и операции делятся на формальные (аналитические, алгоритмические, имитационные) и неформальные, для применения которых необходимо привлечение специалиста (эксперта).

При использовании АИРС для прогнозирования характеристик уязвимости ЛА могут разрабатываться новые операции и процедуры или модифицироваться известные. Включение их в число типовых возможно только после проверки адекватности.

Последовательность применения прогнозных процедур и операций определяется маршрутами прогнозирования. Маршруты имеют разветвленную структуру. Причем последовательность дальнейших действий (выбор пути) в каждом узле маршрута определяется по логическим правилам. Как в самих маршрутах, так и в правилах следования

по маршрутам отражен накопленный опыт прогнозирования характеристик уязвимости ЛА. Логические правила могут быть многовариантными, нечеткими. Следовательно, многовариантными могут быть и прогнозные решения, в том числе и относительно прогнозного облика ЛА как объекта поражения.

Прогнозный облик ЛА, базы данных по критериям поражения целей, закономерностям поражающего действия боеприпасов по их агрегатам составляют информационную основу для прогнозирования исходных данных по уязвимости ЛА. При этом могут использоваться те же типовые прогнозные решения, процедуры и описания, что и при прогнозировании облика ЛА. Отличительной особенностью маршрутизации процесса прогнозирования и правил следования по маршруту может быть вывод о необходимости проведения дополнительных экспериментальных исследований по уточнению критериев поражения ЛА и их агрегатов и закономерностей поражающего действия по ним поражающих факторов боеприпасов. При этом в типовых процедурах должны содержаться предложения по планам таких экспериментов.

Исходные данные по уязвимости ЛА и базы данных по характеристикам боеприпасов служат информационной основой для проведения прогнозных оценок обобщенных показателей характеристик уязвимости ЛА. При этом прогнозные процедуры, по сути, являются имитационными математическими моделями (ИММ) для расчета условных вероятностей поражения ЛА. В качестве исходных данных для расчета условных вероятностей поражения цели используются: условия встречи ракеты с целью; закон распределения ошибок наведения зенитных управляемых ракет (ЗУР) и его числовые характеристики; характеристики уязвимости целей; отражательные характеристики целей в виде "блестящих точек", по которым срабатывает неконтактный взрыватель; параметры БЧ, задаваемые в виде годографа, т.е. в виде рас-

пределения плотностей, масс, коэффициентов формы и начальных скоростей осколков по зонам, на которые делится поле разлета поражающих элементов БЧ в статике.

Комплекс ИММ состоит из библиотек объектно-ориентированных математических моделей, необходимых для решения различных задач в процессе оценки законов поражения цели. Комплекс представляет собой единую систему для анализа и синтеза боево-

го снаряжения боеприпасов на различных этапах исследования, позволяющую гибко создавать различные имитационные математические модели подсистем системы «боеприпас – летательный аппарат».

Исходя из выше изложенного, обобщенная структура АИРС по прогнозированию характеристик уязвимости ЛА при действии боеприпасов с обычным оснащением будет иметь вид, приведенный на рисунке 1.

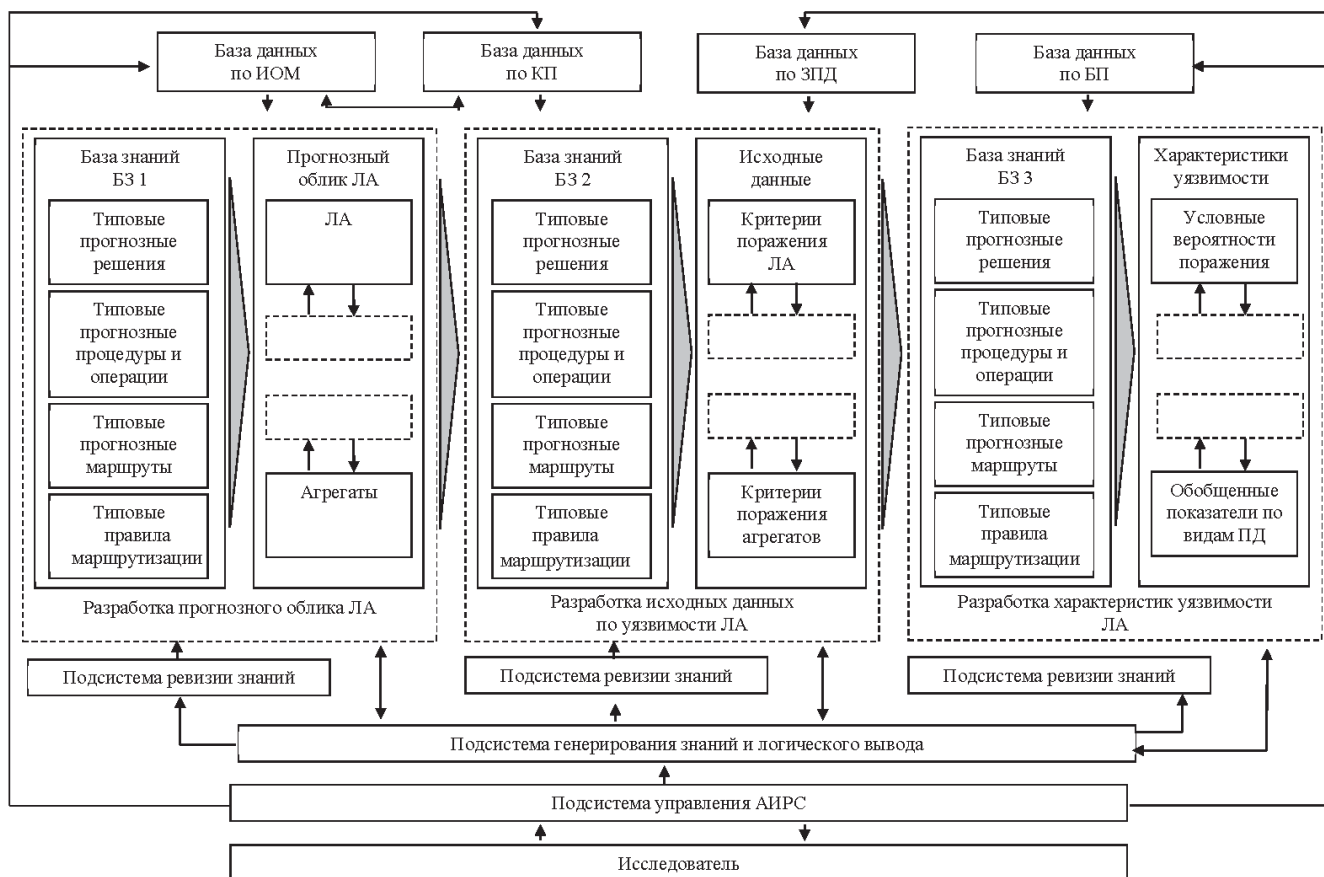


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема АИРС

Подсистема управления АИРС обеспечивает интерактивный режим процесса прогнозирования, а также выполняет функции управления базами данных и базами знаний.

Подсистема генерирования знаний и логического вывода, по сути, является «творческой лабораторией» исследователя. Степень ее использования зависит от его квалификации. В этой подсистеме должен быть необходимый набор инструментальных средств для разработки, в случае необходимости, новых прогнозных процедур, операций, маршрутов,

правил маршрутизации и получения прогнозных решений. Кроме этого в подсистеме генерируются рекомендации по решению задач прогнозирования характеристик уязвимости ЛА и принятия решений. Она позволяет адаптировать АИРС в процессе функционирования к условиям и характеру процесса прогнозирования.

Таким образом, разработка автоматизированной информационно-расчетной системы по прогнозированию характеристик уязвимости летательных аппаратов при действии бое-

припасов должна осуществляться на основе развития пользователями и экспертами без сочетания формализованных и эвристических участия разработчиков, начиная с определенного представлений знаний с возможностью их момента жизни системы.

**Список использованных источников**

1. Военный энциклопедический словарь. – М.: Воениздат, 1984.
2. Comparison of US and Swedish aerial target vulnerability assessment methodologies. – National Defense research institute. Stockholm, Sweden, 1981.

С.М.Мужичек, доктор технических наук,  
профессор

М.А.Корзун, кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

И.А.Новиков, кандидат технических наук

В.В.Ефанов, кандидат технических наук,  
доцент

### **Автоматизированная технология оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия при проведении их наземных испытаний**

*Предложена технология испытаний, которая позволяет в автоматизированном режиме определить законы распределения поражающих элементов поля поражения боеприпаса по форме, массе, направлениям и скорости разлета, общее число поражающих элементов, величину интегральной характеристики эффективности поражающего действия боеприпаса дистанционного действия для исследуемого объекта.*

#### **Введение**

Современное развитие науки и техники характеризуется, в первую очередь, бурным развитием информационных технологий, что позволяет по-новому решать практические задачи, связанные с проведением наземных испытаний изделий военного назначения, формирующих в окружающей среде быстропротекающие процессы.

Технология проведения наземных испытаний по определению частных показателей эффективности боеприпасов изложена в различных Руководствах по проведению испытаний, методиках, методических рекомендациях. Эта технология разрабатывалась во второй половине прошлого века, имеет ряд существенных недостатков, обусловленных имевшимися в то время уровнями развития науки и измерительной техники, не соответствует современным требованиям и требует обновления из-за дороговизны, низкой точности, недостаточной информативности и большой длительности обработки результатов испытаний.

#### **Основная часть**

Технология – это четкое и однозначное знание (обычно в виде набора правил или

алгоритма), позволяющее из исходных компонентов получить желаемый конечный результат. Оценку эффективности боеприпасов следует отнести к категории информационных технологий, поскольку ее результатом является информация для лица, принимающего решение.

Автоматизированная информационная технология – это информационная технология, в которой для передачи, сбора, хранения и обработки данных используются методы и средства вычислительной техники и систем связи.

Информационные технологии характеризуются следующими основными свойствами:

- предметом (объектом) обработки (процесса) являются *данные*;
- целью процесса является получение *информации*;
- средствами осуществления процесса являются программные, аппаратные и программно-аппаратные *вычислительные комплексы*;
- процессы обработки данных разделяются на *операции* в соответствии с выбранной предметной областью;



- выбор управляющих воздействий на процессы должен осуществляться *лицами, принимающими решение*;
- критериями оптимизации процесса являются *своевременность доставки информации пользователю, ее надежность, достоверность, полнота*.

Содержанием оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия является построение графика координатного закона поражения и определение интегральной характеристики координатного закона – приведенной площади поражения  $S_{np}$  заданного объекта.

Современная технология оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия заключается в следующем: вначале в память ЭВМ записываются все размеры, характеризующие особенность конфигурации исследуемого объекта (цели), данные о толщинах и материалах обшивки, координатах, габаритах и характеристиках уязвимости всех жизненно важных агрегатов. При этом внешние контуры цели и контуры ее отдельных конструктивных элементов представляются различного рода уравнениями поверхностей, соответствующих реальным очертаниям цели, или набором более простых фигур, что чаще всего используется для описания формы уязвимых отсеков (агрегатов) цели. Затем в память ЭВМ заносятся частные характеристики поражающего действия поражающих элементов: зависимости вероятностей пробивного, зажигательного, иницирующего действия поражающих элементов от их массы и скорости встречи, а также формулы для определения углов рикошетирования в зависимости от массы и скорости поражающего элемента и характеристик преграды. Далее в память ЭВМ вводятся распределения поражающих элементов по форме, массе и направлениям разлета, общее число поражающих элементов и данные об условиях встречи, а также формулы для определения закона падения скорости поражающего элемента на траектории. Затем группа экспертов составляет список жизненно

важных отсеков (агрегатов) цели, вывод из строя которых приводит к той или иной степени поражения всей цели. После этого начинается процесс математического моделирования подрыва дистанционного боеприпаса с координатами  $(x, z)$  и определяются числа осколков, попавших в те или иные агрегаты, их масса и скорость. Далее по частным характеристикам вычисляются значения вероятностей поражения каждого из агрегатов каждым осколком, а затем вычисляется вероятность поражения этого агрегата, если в него попало  $n$  осколков. После этого вычисляется вероятность поражения всей цели  $G$  для точки с координатами  $(x, z)$  по формуле:

$$G = 1 - (1 - q_1)(1 - q_2)(1 - q_N),$$

где  $q_i$  – вероятность попадания в  $i$ -ю фигуру.

Проведя с определенным шагом  $\Delta x \Delta z$  подобные расчеты для всего пространства вокруг исследуемого объекта ЭВМ, вычисляет таблицу или строит графики значений  $G(x, z)$ . Эти таблицы или графики использовать для решения задач по выбору наряда сил, средств и условий применения боеприпасов дистанционного действия практически невозможно, так как для их использования потребуется смоделировать весь процесс боевого применения. Поэтому на практике пользуются интегральной характеристикой координатного закона – приведенной площадью поражения  $S_{np}$ , которая определяется по формуле:

$$S_{np} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(x, z) dx dz. \quad (1)$$

Приведенная площадь поражения – это некоторая условная площадь вокруг цели, при попадании боеприпаса дистанционного действия в которую считается, что цель выводится из строя с вероятностью равной 1.

Недостатком изложенной выше технологии является то, что исходные данные для проведения расчетов определяются методом натуральных испытаний.

Реализация метода натуральных испытаний на практике предполагает следующее:

испытания проводятся с боеприпасом в целом;

примерные условия боевого применения боеприпаса должны быть реализованы (имитированы) натурно;

объем натуральных испытаний обеспечивает необходимую точность и достоверность результатов испытаний;

контролируемые характеристики боеприпаса измеряются непосредственно, либо определяются по результатам усреднения, регистрируемым в процессе испытаний.

При использовании этого метода должны осуществляться:

воспроизведение условий, предусматриваемых программой испытаний;

регистрация результатов каждого измерения;

контроль параметров, обеспечивающих требуемые условия испытаний,

определение и проведение необходимого числа испытаний;

обработка и анализ полученной информации;

проведение расчетов по оценке или контролю характеристик боеприпаса.

Применение метода натуральных испытаний требует обеспечения:

измерительными средствами;

средствами автоматизации сбора, обработки и передачи информации;

средствами, обеспечивающими при испытаниях необходимые воздействия внешних факторов;

средствами контроля уровней внешних воздействующих факторов;

средствами (или их имитаторами), взаимодействующими с боеприпасом;

средствами документирования;

вычислительными средствами для обработки результатов испытаний;

средствами ремонта и обслуживания;

средствами связи.

Очевидно, что использовать этот метод для получения исходных данных при оценке эффективности боеприпасов дистанционного действия в настоящее время практически невозможно из-за физического отсутствия типо-

вых целей и их аналогов, сложности создания (имитации) реальных условий боевого применения. Кроме того, имеются большие проблемы с точностью и достоверностью получаемых результатов, что обусловлено недостатками известного методического аппарата проведения испытаний, а также ограниченным объемом испытаний.

Следовательно, необходимо искать новые пути получения достоверных исходных данных для математических моделей оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия.

Сущность предлагаемого подхода заключается в следующем.

В общем случае любой боеприпас может быть представлен в виде математической модели, представляющей собой набор показателей, описывающих его боевые свойства:

$$\begin{aligned} A &= f(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \\ B &= f(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n) \\ C &= f(c_1, c_2, c_3, \dots, c_n), \\ &\vdots \\ K &= f(k_1, k_2, k_3, \dots, k_n) \end{aligned}$$

где  $A, B, C, \dots, K$  – количественные показатели, описывающие баллистические и частные характеристики поражающего действия конкретного боеприпаса, определяемые при проведении наземных натуральных испытаний;

$a_1, a_2, a_3, \dots, k_2, k_3, \dots, k_n$  – конструктивные параметры боеприпаса и его составных частей.

Определение показателей  $A, B, C, \dots, K$  при проведении наземных испытаний может осуществляться с помощью специально разработанных приборов, которые можно рассматривать как измерительную часть измерительно-моделирующего комплекса, и соответствующих общепринятых методик измерения вышеуказанных показателей.

Показатели  $A, B, C, \dots, K$ , определяемые при проведении наземных испытаний должны быть основой моделей для определения частных характеристик поражающего действия боеприпаса.

Соответственно вышеуказанный методический аппарат получения исходных данных при таком подходе является фундаментом (основанием) математической модели оценки эффективности поражающего действия дистанционного боеприпаса по типовым целям, а модель – надстройкой, позволяющей оценивать эффективность его поражающего действия для всего заданного диапазона условий боевого применения боеприпаса.

Поражающее действие боеприпаса дистанционного действия на исследуемый объект определяется воздействием на его жизненно важные отсеки (агрегаты) совокупности физических факторов боеприпаса.

Под физическими факторами изделия (боеприпаса) понимается ударная волна, тепловое поле, кинетическая энергия движения поражающих элементов поля поражения боеприпаса, их способность к пробивному, зажигательному, иницирующему действию, аэро(гидро) удару и т.д.

Под показателями поражающего действия боеприпаса дистанционного действия, определяемыми значениями его физических факторов, приводящих к поражению отсеков (зон) исследуемого объекта, в соответствии с действующей терминологией понимаются показатели фугасного действия боеприпаса (избыточное давление на фронте ударной волны, удельный импульс ударной волны), показатель зажигательного действия боеприпаса, показатель пробивного действия боеприпаса, показатель иницирующего действия боеприпаса, показатель аэроудара и т.д.

Например, фугасное действие боеприпаса дистанционного действия определяется ударной волной, возникающей в окружающей среде при его подрыве. Показателями фугасного действия такого боеприпаса применительно к его воздействию на исследуемый объект обычно считают избыточное давление на фронте ударной волны и удельный импульс ударной волны [1].

Широко известная формула для определения избыточного давления на фронте ударной волны имеет вид [1]:

$$\Delta p = A \frac{\sqrt[3]{\omega}}{R} + B \left( \frac{\sqrt[3]{\omega}}{R} \right)^2 + C \frac{\omega}{R^3}, \quad (2)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – константы, определяемые при проведении экспериментов для каждого боеприпаса индивидуально.

Формула для определения удельного импульса имеет вид

$$I = \int_0^{\tau} \Delta p dt,$$

где  $\Delta p$  – избыточное давление ударной волны,

$\tau$  – время действия фазы сжатия ударной волны.

Таким образом, для того чтобы правильно определять показатели фугасного действия конкретного боеприпаса дистанционного действия, необходимо уметь измерять давление и импульс ударной волны, возникающей в окружающей среде в результате его подрыва. Для этого авторами разработан специальный прибор – автономный измеритель давления<sup>1</sup>. В результате проведения экспериментов по подрыву боеприпаса, измерения давления и импульса ударной волны, обработки результатов экспериментов появляется возможность уточнения констант  $A$ ,  $B$ ,  $C$  в формуле (2) (избыточное давление на фронте ударной волны) и построения эмпирической расчетной зависимости для определения удельного импульса ударной волны применительно к данному конкретному боеприпасу.

Далее полученные зависимости используются при определении вероятности поражения исследуемого объекта за счет фугасного действия боеприпаса.

При попадании элементов поля поражения боеприпаса дистанционного действия в исследуемый объект он может быть поражен за счет зажигательного действия поля поражения, иницирующего поля поражения, про-

1 Патенты РФ на изобретение № 2367919, 2009; № 2395794, 2010.

бивного действия поля поражения, аэро- или гидроудара.

Зажигательное действие поля поражения боеприпаса дистанционного действия предлагается определять величиной текущего показателя зажигательной способности  $K_m$ , который определяют по формуле

$$K_m = \frac{I_1 + I_u}{I_1},$$

где  $I_1$  – величина светового импульса излучения лицевого факела металлических частиц, выбиваемых из металлической пластины поражающими элементами опытной боевой части;

$I_u$  – величина светового импульса излучения лицевого факела металлических частиц, выбиваемых из металлической пластины поражающими элементами исследуемой боевой части боеприпаса дистанционного действия.

Иницирующее действие поля поражения дистанционного боеприпаса предлагается определять величиной текущего показателя инициирования по формуле

$$K_m = \frac{K_2 + K_u}{K_2},$$

где  $K_2$  – величина показателя инициирования на основании усредненных параметров иницирующей ударной волны для пассивного заряда взрывчатого вещества в инертном исполнении для случая механического разрушения пассивного заряда взрывчатого вещества полем поражения опытной боевой части;

$K_u$  – величина показателя инициирования на основании усредненных параметров иницирующей ударной волны для пассивного заряда взрывчатого вещества в инертном исполнении для поля поражения боевой части испытываемого боеприпаса дистанционного действия<sup>1</sup>.

Пробивное действие боеприпаса дистанционного действия определяется величиной

показателя пробивной способности поля поражения боеприпаса по формуле

$$K_{np} = \frac{V_2 + V_1}{V_1},$$

где  $V_1$  – средняя скорость поля поражения испытываемого боеприпаса до пробития закрепленной преграды заданной толщины;

$V_2$  – средняя скорость поля поражения исследуемого боеприпаса после пробития закрепленной преграды заданной толщины<sup>2</sup>.

Величина показателя аэроудара поля поражения испытываемого боеприпаса определяется по формуле  $\Pi_a = \frac{\mathcal{E}_{y\delta}}{C_0}$ , где  $\mathcal{E}_{y\delta}$  – энергия аэроудара в типовом отсеке,  $C_0$  – энергетический критерий разрушения<sup>3</sup>.

Распределения поражающих элементов поля поражения боеприпаса дистанционного действия по форме, массам, направлениям и скорости разлета, общее число поражающих элементов могут быть определены в одном опыте<sup>4</sup>.

Распределения поражающих элементов поля поражения боеприпаса дистанционного действия по форме, массам, направлениям и скорости разлета, общее число поражающих элементов могут быть определены в одном опыте<sup>4</sup>.

Таким образом, предлагаемая автоматизированная технология оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия при проведении их наземных испытаний сводится к следующему:

1) выделяют на чертеже исследуемого объекта поражения отсеки (агрегаты), имеющие различную уязвимость к действию физических факторов боеприпаса и определяют их характеристики уязвимости;

2) описывают внешние контуры объекта и его отдельных конструктивных элементов, получают проекции объекта на картинную плоскость;

3) определяют частные характеристики поражающего действия боеприпаса, при этом при проведении испытаний определяют в автоматизированном режиме законы распределения поражающих элементов поля поражения боеприпаса по форме, массе, направле-

2 Патент РФ на изобретение № 2490589, 2013.

3 Патент РФ на изобретение № 2484421, 2013.

4 Патент РФ на изобретение № 2482440, 2013.

1 Патент РФ на изобретение № 2491501, 2013.

ниям и скорости разлета, общее число поражающих элементов, величины показателей поражающего действия поля поражения дистанционного боеприпаса;

4) получают (уточняют) зависимости, связывающие показатели, характеризующие поражающее действие поля поражения дистанционного боеприпаса с величинами его физических факторов и техническими характеристиками поражаемого объекта при минимально необходимом количестве испытаний;

5) строят координатный закон поражения исследуемого объекта;

6) определяют величину интегральной характеристики эффективности поражающего действия боеприпаса дистанционного действия для исследуемого объекта;

7) сравнивают по величине интегральной характеристики дистанционные боеприпасы между собой.

### **Выводы**

Реализация предлагаемого подхода на практике позволит существенно снизить затраты на осуществление наземных испытаний боеприпасов, повысить качество и оперативность их проведения.

### **Список использованных источников**

1. Миропольский Ф.П., Пырьев Е.В., Головенкин В.В., Хрулин С.В. Авиационные боеприпасы. – М.: ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2010. – С. 335-342.

С.Ф.Викулов, доктор экономических наук, профессор  
Н.В.Фиров, доктор экономических наук, профессор

### **Постановка задачи обоснования рациональной степени радикальности инноваций при разработке образцов вооружения и военной техники**

*Рассмотрены постановки задачи обоснования степени радикальности инноваций, реализация которой при создании образцов вооружения и военной техники обеспечит рациональное использование ресурсов, выделяемых на техническое оснащение ВС РФ. Приведенные постановки задачи могут быть положены в основу формализации идентичных задач в гражданском секторе экономики, а их решение позволит выявить отдельные важные закономерности инновационных процессов.*

Уровень развития науки, широкомасштабное и эффективное использование ее достижений является определяющим фактором экономического роста и устойчивого развития государства, обеспечения его национальной безопасности, повышения уровня благосостояния населения. Высокая практическая значимость инновационного развития для общества явилась причиной активных исследований как в нашей стране, так и за рубежом по различным аспектам данной проблематики, формирования множества концепций и положений, ставших элементами теории инноваций.

Среди вопросов, пока не нашедших достойного отражения в теории инноваций, но имеющих важнейшее значение в решении проблемы ограниченности ресурсов и их эффективной аллокации, следует отметить вопросы, связанные с обоснованием рациональной степени радикальности инноваций, которые по указанному классификационному признаку условно подразделяются на базисные, улучшающие и псевдоинновации.

Рассмотрим один из подходов к обоснованию рациональной степени радикальности инновационных решений при создании образцов вооружения и военной техники (ВВТ), где указанная проблема наиболее актуальна в связи со значительными ресурсами, выделяемыми на техническое оснащение ВС РФ.

Представляется, что решение указанной задачи должно быть связано с вопросами обоснования требований к образцам вооружения и военной техники.

Существующая на практике система обоснования требований к образцам ВВТ является многоаспектной по своему характеру, учитывает широкий комплекс проблем (технических, экономических, политических, экологических, военных и т.п.), объединяет значительное количество видов исследований и соответствующие научно-технические и конструкторские проработки.

При обосновании требований к ВВТ исследование свойств на уровне отдельных основных подсистем и элементов проводится на основе военно-экономического анализа, проектной эффективности, исследования операций и других направлений, определяющих методологию исследования ВВТ в рамках общих и специальных дисциплин. Научно-исследовательская база этих дисциплин позволяет на основе исследования свойств соответствующих объектов и процессов, протекающих в них на различных стадиях жизненного цикла, разрабатывать тактико-технические требования к системам и их элементам, вести их проектирование. Практическое решение проблемы обоснования требований к ВВТ осуществляется обычно на основе

комплекса моделей и методик, объединенных, по возможности, соответствующими методологическими принципами и организационными мероприятиями в единую систему.

Высокая роль рассматриваемого этапа в процессе создания образцов ВВТ обусловила постоянное совершенствование методического обеспечения процесса обоснования требований как по отдельным направлениям, так и с общесистемных позиций и привлечения к этим исследованиям значительного числа организаций. В целом процесс обоснования требований и планирования развития ВВТ характеризуется широким спектром исследуемых вопросов, глубиной их проработки, высокой степенью совершенства основополагающих (общесистемных) принципов, положений и методологии проведения исследований.

Вместе с тем следует отметить, что проблема обеспечения рационального использования ресурсов при обосновании требований к ВВТ практически не решена. Необходимо признать, что учет экономических аспектов был и остается в определенном смысле условным, а достаточно стабильное экономическое состояние страны в сочетании с жестким централизованным управлением народным хозяйством до недавнего времени обеспечивали устойчивое развитие ВВТ, смягчая существование самой проблемы.

Одна из основных причин, оказавшая решающее значение на отставание теоретических основ обеспечения рационального использования ресурсов, состоит в недостаточной полной реализации в процессе обоснования требований к ВВТ основных принципов системного анализа, предусматривающего исследование отдельных свойств и характеристик изделий, процессов их создания, производства и эксплуатации не как изолированных элементов, а в непосредственной связи с перспективой развития изделий рассматриваемого вида.

При этом в общем случае под развитием будем понимать процесс последовательного перехода образца ВВТ данного вида из одного состояния в другое. Направления развития

ВВТ отличаются реализуемыми в них степенями отличия образцов от прототипов (степенями модернизации). Применительно к развитию ВВТ сущность принимаемых решений состоит в установлении рациональной последовательности состояний образца данного вида, характеризующих совокупностью тактико-технических характеристик. В практическом аспекте задача состоит в том, насколько разрабатываемый образец по своим тактико-техническим характеристикам должен отличаться от своего прототипа: на 1% на 2%, ... на 10% или на какую-либо другую величину, чтобы его разработка, производство и эксплуатация были экономически целесообразны.

Одним из наиболее информативных показателей, характеризующих процесс развития изделий, является степень их совершенствования (отличия) от предшествующих образцов (прототипов), или в современных терминах – степень радикальности реализованных в образцах инновационных решений. Указанная величина может быть выражена в виде обобщенной степени преемственности изделия по отношению к прототипу ( $\bar{P}$ ) или в виде интегрального показателя относительного изменения характеристик ( $\overline{\Delta P}$ ):

$$\bar{P} = \left\{ \bar{p}_j \right\}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

$$\overline{\Delta P} = \left\{ \overline{\Delta p}_j \right\}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где  $\bar{p}_j$  – степень преемственности изделий по отношению к прототипу по  $j$ -й характеристике;

$\overline{\Delta p}_j$  – относительное отклонение  $j$ -й характеристики изделия от соответствующей характеристики изделия прототипа.

Показатели  $\bar{p}_j$  и  $\overline{\Delta p}_j$  определяются по следующим зависимостям:

а) когда характеристику следует максимизировать, т.е. большее значение характеристики соответствует более качественному (лучшему) образцу:

$$\bar{p}_j = \frac{p_j}{p_j^*}, \quad \overline{\Delta p}_j = \frac{p_j^* - p_j}{p_j^*}; \quad (3)$$

б) когда характеристику необходимо минимизировать, – более качественный (совер-

шенный) образец имеет меньшее значение параметра:

$$\bar{p}_j = \frac{p_j^*}{p_j}, \quad \Delta p_j = \frac{p_j - p_j^*}{p_j}, \quad (4)$$

где  $p_j, p_j^*$  – значения  $j$ -й характеристики рассматриваемого изделия и его прототипа, соответственно.

Степень преимущества изделия по  $j$ -й характеристике и величина ее относительного изменения связаны между собой соотношением:

$$\Delta \bar{p}_j = 1 - \bar{p}_j. \quad (5)$$

Результаты исследований процессов развития различных отраслей науки, техники, общественной жизни и других сфер деятельности показывают, что изменение во времени параметров различных систем подчиняется, как правило, экспоненциальному закону. Для большинства случаев характерно плавное количественное, эволюционное изменение параметра во времени до определенного предела.

Вначале эти изменения идут быстро, затем изменения характеристик во времени замедляются и начинаются поиски путей качественных изменений системы. Дальнейший процесс сопровождается скачкообразным ростом или уменьшением параметра системы путем качественного революционного изменения.

Эволюционная часть процесса развития, представленная на рисунке 1, может быть описана зависимостью вида:

$$p_j^{(t)} = p_j^{np} - \alpha_j e^{-\beta_j t}, \quad (6)$$

где  $p_j^{(t)}$  – значение  $j$ -ой характеристики в момент времени  $t$ ;

$p_j^{np}$  – предельное значение  $j$ -ой характеристики для изделий рассматриваемого вида, построенных по единой принципиальной схеме и принципам действия;

$\alpha_j, \beta_j$  – коэффициенты, отражающие темп изменения  $j$ -ой характеристики во времени.

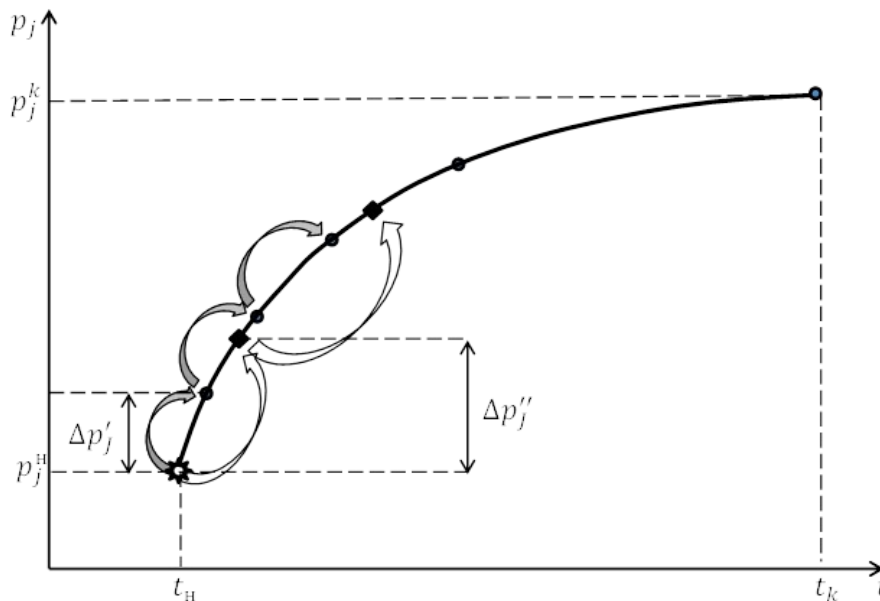


Рисунок 1 – Характер процесса развития изделий во времени

На рисунке приняты следующие обозначения:

★ – исходное изделие рассматриваемого вида, характеризующееся совокупностью параметров  $P^H = \{p_j^H\}, j = \overline{1, n}$ ;

●◆ – условные обозначения возможных вариантов создания изделий. Стрелками

условно обозначена последовательность создания изделий;

$t_H, t_k$  – начальный и конечный момент времени;

$p_j^H, p_j^k$  – значение  $j$ -й характеристики исходного изделия и достижимое значение



$j$ -й характеристики к концу рассматриваемого промежутка времени.

На рисунке 1 показано, что в процессе развития изделий от некоторой начальной характеристики  $p_j^H$  до характеристики  $p_j^K$  при реализации степеней отличия изделий от своих прототипов  $\Delta p_j'$  и  $\Delta p_j''$  будет разработано разное количество типов изделий. Не считая базового изделия, при реализации указанных степеней отличия изделий от своих прототипов будет разработано, соответственно,  $n'$  и  $n''$  типов изделий. Тогда

$$n' = \frac{p_j^K - p_j^H}{\Delta p_j'}, \quad (7)$$

где  $n'$  округляется до целого в сторону увеличения. Величина  $n''$  определяется аналогично.

Таким образом, реализуемая при разработке степень совершенствования изделий оказывает непосредственное влияние на их номенклатуру. Чем выше степень совершенствования (модернизации) изделий (чем больше показатель  $\overline{\Delta p_j}$  или чем меньше показатель  $\overline{p_j}$ ), тем меньше типоразмеров будет разработано в процессе эволюционного развития вида изделий от некоторых начальных до рассматриваемых перспективных характеристик. И, наоборот, с уменьшением указанной величины номенклатура разрабатываемых и эксплуатируемых изделий возрастает.

Изменение номенклатуры изделий естественно повлияет и на суммарные затраты на создание изделий ряда.

Проведем качественный сравнительный анализ затрат на варианты развития изделий, отличающиеся разными темпами их смены на перспективные образцы, и определим основные факторы, влияющие на стоимость разработки и изготовления изделий ряда.

Затраты на разработку изделий, удельные затраты на их производство и эксплуатацию зависят, прежде всего, от эксплуатационно-технических характеристик изделий. И эта зависимость, несомненно, прямая. Следует также полагать, что затраты на проведе-

ние научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию изделий с заданными характеристиками (показателями качества) при обеспечении более интенсивной смены будут снижены вследствие меньших затрат на содержание кооперации, обусловленных более коротким сроком их разработки. Кроме того, использование в качестве прототипов образцов с более близкими характеристиками позволит повысить уровень унификации создаваемых на их базе изделий, что также снизит затраты на проектирование, изготовление опытных образцов и их экспериментальную отработку.

С другой стороны, также очевидно, что, несмотря на снижение стоимости разработки каждого отдельно взятого образца, суммарная стоимость разработки изделий всей номенклатуры перспективного ряда по мере снижения степени совершенствования изделий возрастает вследствие разработки большего количества их типоразмеров.

Зависимость суммарных затрат на производство изделий от реализуемой степени их совершенствования имеет более сложный и неоднозначный характер. По мере роста степени совершенствования изделий вначале эффект масштаба превышает дополнительные затраты, обусловленные ростом требуемого количества изделий, вызванного снижением уровня их соответствия современным требованиям. В дальнейшем соотношение указанных факторов изменяется в пользу последнего и снижение затрат на производство изделий, обусловленное эффектом масштаба, не может компенсировать затраты на производство дополнительного количества изделий вследствие их технического несовершенства. Использование известных проектно-конструкторских решений способствует смещению оптимума в область меньших значений степеней совершенствования изделий, т.е. унификация обеспечивает экономическую целесообразность реализации на практике более интенсивной смены изделий на перспективные образцы.

Таким образом, развитие изделий в течение рассматриваемого промежутка времени может быть обеспечено различными путями. Эти варианты в общем случае неравнозначны с точки зрения требуемых затрат. А если это так, то возникает важная научно-практическая задача обеспечения такой степени совершенствования изделий по отношению к прототипам, которая потребовала бы минимальных суммарных затрат. Назовем указанную задачу **задачей обоснования рациональных направлений развития изделий**.

Остановимся более подробно на математической постановке указанной задачи. При этом следует отметить, что в процессе постановки задачи и ее конкретизации будет принят ряд допущений. Принятые допущения и исходные положения способствуют упрощению процесса формализации задачи и пониманию ее сути, но не затрагивают общих закономерностей развития изделий и не влияют, как будет показано ниже, на принципиальные положения и рекомендации по обеспечению рациональных направлений их развития.

Пусть  $M_r$  – количество целей (объем работ, задач)  $r$ -го вида, для поражения (выполнения) которых предназначены рассматриваемые изделия. Указанные задачи характеризуются некоторым набором параметров:

$$B_r = \{b_{j_r}\}, \quad r = \overline{1, R}, \quad j_r = \overline{1, J_r}. \quad (8)$$

В результате постоянно ведущихся научно-исследовательских и экспериментальных работ по совершенствованию изделий происходит рост научно-технического потенциала предприятий-разработчиков, совершенствование экспериментальной базы, технологий и т.п., обеспечивающих возможность создания изделий с более высокими параметрами. По истечении некоторого времени  $t$  после ввода в эксплуатацию базового исходного образца возможны различные варианты. Во-первых, вместо образцов, отслуживших свой срок, может быть изготовлена и поставлена в войска (на боевое дежурство) еще

одна партия аналогичных образцов. Во-вторых, к этому времени можно разработать новый образец с более высокими технико-эксплуатационными характеристиками, изготовить и поставить их в войска. В дальнейшем по истечении очередного промежутка времени возникает возможность применения еще более совершенных изделий.

Предположим, что в течение рассматриваемого промежутка времени  $T$  через определенный интервал на основе использования постоянно растущего научно-технического потенциала может быть разработан ряд изделий. Каждое из изделий характеризуется множеством показателей. Однако, в целях удобства нет необходимости рассматриваемые изделия описывать совокупностью значений этих показателей. Можно по аналогии с известными в практике приемами [1] все типы изделий от 1 до  $m$  пронумеровать в хронологическом порядке и считать номер изделия его единственным параметром.

Итак, через  $I = \{1, 2, \dots, i, \dots, m\}$  обозначим множество возможных типов изделий. Это изделия, так называемого исходного ряда, построенного из условия реализации в изделиях ряда достижимых на данный момент времени технических характеристик. Пусть на множестве  $I$  задана функция спроса, отражающая количественную оценку объема работ (задач), поставленную в соответствие показателю  $i$ . Функции спроса определяются видом ВВТ, их местом в системе вооружения и по существу отражает количество изделий  $i$ -го вида ( $i = \overline{1, m}$ ), необходимое для решения совокупности задач.

Введенное определение функции спроса по существу аналогично понятию функции спроса, принятому в экономической теории, как количественной зависимости между величиной спроса и определяющими его факторами (детерминантами). Отличие состоит в том, что основным детерминантом в последнем случае выступает цена, в нашем случае – совокупность показателей качества (характеристик) изделия. Связь между величиной

спроса и значением основного фактора в обоих случаях обратная.

Таким образом:

$$Q_i = f(P_i, B_r, M_r, U_r), \quad r = \overline{1, R}, \quad (9)$$

где  $Q_i$  – величина спроса в  $i$ -х изделиях;  
 $P_i$  – вектор характеристик  $i$ -го изделия;  
 $B_r$  – вектор характеристик  $r$ -й цели;  
 $M_r$  – количество целей  $r$ -го вида;  
 $U_r$  – условия боевого применения изделий по  $r$ -ой цели.

Введем также следующие обозначения:

$C_i^{OKP}$  – затраты на разработку  $i$ -го изделия;

$C_i^n$  – затраты на производство одного изделия  $i$ -го типа;

$C_i^э$  – затраты на эксплуатацию изделия  $i$ -го типа в течение рассматриваемого промежутка времени.

Анализ литературных источников в области экономики, статистических данных, механизма влияния на затраты степени совершенствования изделий (величин  $\{\overline{p_{ji}}\}$  либо  $\{\Delta p_{ji}\}$ ) показал, что при определении затрат на ОКР в обеспечение обоснования рациональных направлений развития изделий должны учитываться следующие факторы:

- основные характеристики изделий;
- уровень унификации изделий;
- продолжительность ОКР.

А при определении затрат на производство изделий:

- основные характеристики изделий;
- уровень унификации изделий;
- объем (серийность) выпуска изделий.

Таким образом, затраты на разработку, производство и эксплуатацию  $i$ -го изделия ряда могут быть выражены в виде следующих функций:

$$C_i^{OKP} = f_p(\{p_{ji}\}, K_{np_i}, t_i^p), \quad (10)$$

$$C_i^n = f_n(\{p_{ji}\}, K_{np_i}, Q_i), \quad (11)$$

$$C_i^э = f_э(\{p_{ji}\}, K_{np_i}, Q_i), \quad (12)$$

где  $P_i = \{p_{ji}\}$  – совокупность  $j$ -ых характеристик  $i$ -го изделия (вектор характеристик  $i$ -го изделия,  $j = \overline{1, n}$ );

$K_{np_i}$  – коэффициент применяемости, характеризующий уровень унификации  $i$ -го изделия;

$t_i^p$  – продолжительность ОКР по разработке  $i$ -го изделия;

$Q_i$  – объем производства  $i$ -го изделия.

В действительности стоимостные показатели ВВТ зависят еще от ряда факторов (условия производства, технологичность образца и т.д.). Указанные факторы при обосновании рациональных направлений развития принимаются постоянными и не учитываются.

Любое из альтернативных направлений развития изделий в соответствии с принятыми обозначениями и введенными понятиями в полном объеме можно характеризовать набором  $v$  типов изделий, выбранных из списка I. Функция суммарных затрат на удовлетворение заданного спроса типоразмерами из ряда  $v$  запишется следующим образом:

$$S_v = \sum_{k \in v} \{C_k^{OKP} + [C_k^n + C_k^э] \cdot Q_k\}, \quad (13)$$

где  $Q_k = \sum_{i=1}^m Q_{ki} \cdot Z_{ki}$ .

$Z_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-е изделие применяется для} \\ & \text{удовлетворения потребности} \\ & \text{в } i\text{-м изделии исходного ряда;} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$

$Q_{ki}$  – потребность в  $k$ -х изделиях при их использовании вместо  $i$ -х изделий исходного ряда.

При этом переменные величины  $Z_{ki}$  связаны между собой соотношением:

$$\sum_{k \in v} Z_{ki} = 1, \forall i; \quad Z_{ki} = 0, \text{ если } k > i, \quad (14)$$

означающим, что спрос в  $i$ -х изделиях должен быть удовлетворен, а изделия, разработанные в более поздние сроки, не могут быть применены для выполнения задач, решение которых возлагалось на ранее созданные образцы.

Под рациональным направлением развития изделий будем понимать такую последовательность совокупности изделий, при которой функция суммарных затрат достигает минимума и выполняются требуемые ограничения.

$$\begin{cases} S = \min \sum_{k \in V} \left\{ C_k^{okp} \left( \{p_{jk}\}, K_{np_k}, t_k^p \right) + \left[ C_k^n \left( \{p_{jk}\}, K_{np_k}, Q_k \right) + C_k^z \left( \{p_{jk}\}, K_{np_k}, Q_k \right) \right] \cdot Q_k \left( \{P_{ik}\}, B_r, M_r, U \right); \\ Q_k = \sum_{i=1}^M Q_{ki} \cdot Z_{ki}. \end{cases}$$

при ограничениях

$$\begin{aligned} \sum_{k \in V} Z_{ki} &= 1, \forall i; Z_{ki} \in \{0, 1\}; \\ Z_{ki} &= 0, \text{ при } k > i; j \in J; i \in I; r = \overline{1, R} \end{aligned} \quad (15)$$

В задаче (15) показатель степени совершенствования изделий в процессе их развития в явном виде не присутствует. Однако, все переменные, входящие в основное уравнение, являются функцией степени совершенствования изделий.

В соответствии с (3), (4) вектор характеристик  $i$ -го изделия можно определить на основе характеристик его прототипа и реализуемой степени совершенствования изделия. Кроме того, учитывая, что исследуемая последовательность изделий разрабатывается на основе некоторого базового изделия (первого из исследуемой последовательности), правомочно принять:

$$P_k = f(P^*, \overline{\Delta P}_k). \quad (16)$$

Другой фактор, влияющий на целевую функцию – уровень унификации изделий, тоже определяется степенью совершенствования изделий.

Наконец, последний фактор: продолжительность ОКР, также зависит от реализуемой степени совершенствования изделий. Естественно, чем большую степень совершенствования изделий требуется достичь, тем при

$$S = \min \sum_{k \in V} \left\{ C_k^{okp} \left( P^*, \overline{\Delta P}_k \right) + \left[ C_k^n \left( P^*, \overline{\Delta P}_k \right) + C_k^z \left( P^*, \overline{\Delta P}_k \right) \right] Q_k \right\}, \quad (20)$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^m Q_{ki} \cdot Z_{ki}, \quad \sum_{k \in V} Z_{ki} = 1, \quad Z_{ki} \in \{0, 1\}, \quad \overline{\Delta P}_k = \left[ \overline{\Delta p}_{jk} \right], \quad Z_{ki} = 0 \text{ при } k > i, \quad i \in I, j \in J.$$

Таким образом, в принятых обозначениях задача выбора рациональных направлений развития изделий может быть представлена в следующем виде:

прочих равных условиях больше времени потребуется на поиск научных, технических и технологических решений, обеспечивающих более высокий уровень разработки, и наоборот. Следует также отметить, что сроки разработки изделий зависят и от уровня их унификации, являющегося, как было сказано выше, функцией степени совершенствования изделий.

Таким образом, стоимость разработки изделий ряда в итоге может быть представлена в виде следующей функции:

$$C_k^{okp} = f_{okp} \left( P^*, \overline{\Delta P}_k \right). \quad (17)$$

Изложенное справедливо и в отношении затрат на производство изделий в части таких факторов, как основные характеристики изделий и уровень их унификации. Что касается объема выпуска  $k$ -го изделия, то при известной функции спроса он однозначно определяется принятой последовательностью разработки изделий, поставленной в строгое соответствие реализуемой степени их совершенствования.

Учитывая изложенное, можно записать:

$$C_k^n = f_n \left( P^*, \overline{\Delta P}_k \right). \quad (18)$$

Аналогично (17) и (18) можно определить и затраты на эксплуатацию изделий:

$$C_k^z = f_z \left( P^*, \overline{\Delta P}_k \right). \quad (19)$$

С учетом (17), (18), (19) исходную систему уравнений (15) можно представить в виде:

Согласно (20), учитывая, что  $Q_k$  при заданной "функции спроса" зависит от реализуемого варианта ряда изделий, можно утверждать, что *затраты на разработку, производство и эксплуатацию изделий ряда фактически определяются одним параметром – степенью совершенствования изделий*. Именно поэтому в обеспечение эффективного развития изделий необходимо обосновать и по возможности реализовать на практике оптимальную степень их отличия от прототипов.

В результате решения задачи (20) можно определить наилучшие показатели степени совершенствования изделий, обеспечение которых в процессе разработки потребует наименьших затрат на реализацию ряда изделий.

Для обеспечения разработки эффективных алгоритмов решения указанных задач и разработки практических рекомендаций по реализации рациональных направлений совершенствования тех или иных видов ВВТ необходимо конкретизировать и исследовать представленные выше функции (17), (18), (19).

В случае необходимости, используя зависимость (6), можно установить временную последовательность разработки ВВТ. Однако, при этом следует отметить, что прогнозирование темпов развития ВВТ связано, как правило, со значительными трудностями, а допущенные при этом ошибки, естественно, отражаются на объективности и практической значимости полученных рекомендаций. Несмотря на это, задача оптимизации требуемой степени совершенствования систем, построенная на использовании в качестве исходных данных зависимости вида (6), интересна, по крайней мере, по трем причинам.

Во-первых, ее можно использовать для решения практических задач применительно к системам, по которым имеется достаточно хороший прогноз траектории развития.

Во-вторых, именно такая модель, наиболее точно отражающая тенденции в развитии техники, является наиболее корректной в по-

становочном плане и вследствие этого может служить основой для разного рода утверждений, касающихся задачи выбора рациональных направлений совершенствования изделий.

В третьих, полученные решения могут служить основой для обоснования нижней границы допустимых степеней совершенствования изделий при неизвестных коэффициентах  $\alpha_j$  и  $\beta_j$ .

При этом могут использоваться упрощенные линейные зависимости изменения основных характеристик систем во времени.

Несмотря на несомненные достоинства постановки задачи обоснования рациональных направлений развития ВВТ (20), она не охватывает всего комплекса возникающих на практике задач, существенное разнообразие которых обусловлено особенностями образцов ВВТ, их взаимосвязью, наличием неопределенности отдельных компонент, учитываемых при исследовании основных направлений развития изделий и рядом других факторов. В связи с этим представляется целесообразным сформулировать другие возможные постановки задачи.

Для обоснования рациональных направлений развития изделий могут с успехом использоваться не оптимизационные задачи, в которых в качестве целевой функции в общем случае могут применяться не только стоимостные показатели. Для таких задач область допустимых степеней совершенствования изделий должна определяться, исходя из степени их влияния на целевую функцию.

Значения показателей степени совершенствования изделий следует считать приемлемыми, если их реализация обеспечит позитивное изменение целевой функции (приближение целевой функции к экстремальному значению).

Для случая, когда лучшему решению соответствует меньшее значение целевой функции, задача может быть сформулирована в следующем виде:

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \left\{ \bar{P} \vee f_u(P^*, \bar{P}, M_r, B_r, U_r) \leq f_u(P^*, M_r, B_r, U_r) \right\}, \\ \bar{P} &= \{ \bar{P}_j \}, \quad j = \overline{1, n}, \quad r \in R, \end{aligned} \quad (21)$$

где  $f_u$  – целевая функция.

Общая постановка задачи (21) может быть трансформирована в зависимости от вида целевой функции, рассматриваемых систем, характера условий их применения.

Предполагаемые условия применения ВВТ разнообразны, что обуславливает и определенное множество возможных решений задачи по обоснованию допустимой величины их совершенствования.

$$\begin{aligned} \bar{P} &= \left\{ \bar{P} \vee f_u(P^*, \bar{P}, M_r, B_r, U_{lr}) \leq f_u(P^*, M_r, B_r, U_{lr}) \right\}, \\ \bar{P} &= \{ \bar{P}_j \}, \quad j = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, L}, \quad r = \overline{1, R}, \end{aligned} \quad (22)$$

где  $U_{lr}$  – вектор, характеризующий  $l$  вид (условие) боевого применения изделия по  $r$ -й цели.

Анализируя задачу (22), следует отметить, что в случае широкого диапазона изменения характеристик из множества  $U$  реализация результатов ее решения может привести к значительным затратам. В таких ситуациях более приемлемой и практичной является задача, в которую вводится стохастическое ограничение на вероятность того, что искомое решение приведет к позитивному изменению целевой функции.

В этом случае задача поиска допустимой степени совершенствования изделий может быть представлена в следующем виде.

Определить

$$\bar{P} = \{ \bar{p}_j \}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (23)$$

при которых

$$\begin{aligned} \text{Вер} \left[ f_u(P^*, \bar{P}, M_r, B_r, U_{lr}) \leq (P^*, M_r, B_r, U_{lr}) \right] &\geq H, \\ \bar{P} &= \{ \bar{P}_j \}, \quad j = \overline{1, n}, \quad l = \overline{1, L}, \quad r = \overline{1, R}. \end{aligned}$$

В задаче (23) введенное ограничение означает, что основное условие должно выполняться с вероятностью не меньше, чем  $H$ .

При решении вопросов рационального развития изделий и ограничения их номенклатуры, когда на рассматриваемую обобщенную характеристику влияют несколько со-

В такой ситуации, когда возможны различные варианты (условия) боевого применения изделий, практический интерес, учитывая принцип гарантированного результата, будут представлять только те варианты из всей совокупности возможных решений, которые являются устойчивыми и гарантируют выполнение основного условия в (21) при всех возможных условиях боевого применения изделий и характеристиках цели. Поиск таких решений несколько видоизменяет задачу (21), которая сводится к следующему:

ставных частей, возникает задача распределения требуемой степени совершенствования изделия по указанным составным частям. Задача распределения требуемой степени совершенствования возникает и в том случае, когда значения указанных характеристик определены по результатам решения задачи более высокого уровня и заданы в программах развития вооружений или в требованиях на разработку ВВТ.

Первым шагом на пути решения поставленной задачи является анализ функциональной схемы системы и установление взаимосвязи основных характеристик системы и ее элементов. Конечная цель данного этапа исследования – построение зависимости:

$$\begin{aligned} P &= f(p_{dj}), \quad d = \overline{1, D}, \quad j = \overline{1, n_d}, \\ \Delta P &= \{ \Delta p_{dj} \}, \quad d = \overline{1, D}, \quad j = \overline{1, n_d}, \end{aligned} \quad (24)$$

где  $p_{dj}$  – значение  $j$ -й характеристики  $d$ -й составной части.

Обеспечение требуемых характеристик изделий, т.е. равенство

$$P^{mp} = f(p_{dj}^*, \Delta p_{dj}), \quad (25)$$

может быть выполнено при различных комбинациях уровней модернизации элементов систем, которые достигаются при различных затратах средств и времени.

В зависимости (25)  $p_{dj}^*$ ,  $\overline{\Delta p_{dj}}$  – значение  $j$ -й характеристики прототипа  $d$ -й составной части и относительное изменение этой характеристики разрабатываемого изделия, соответственно.

Задача распределения состоит в том, чтобы выбрать такую комбинацию упомянутых степеней совершенствования элементов систем, при которых  $P \in P^{mp}$  и достигается минимум экономических затрат на обеспечение требуемой степени модернизации систем. В общем случае указанная функция должна содержать соответствующие затраты на ста-

$$S = \min_{\overline{\Delta P} \in \overline{\Delta P}_{mp}} \left\{ K^{окр} \cdot C_d^{окр} \left( \left\{ p_{dj}^* \right\}, \left\{ \overline{\Delta p_{dj}} \right\} \right) + \left[ K^n \cdot C_d^n \left( \left\{ p_{dj}^* \right\}, \left\{ \overline{\Delta p_{dj}} \right\}, Q_d \right) + C_d^э \left( \left\{ p_{dj}^* \right\}, \left\{ \overline{\Delta p_{dj}} \right\} \right) \right] \cdot Q_d \right\}, \quad (26)$$

где  $K^{окр}$ ,  $K^n$  – коэффициенты, учитывающие общесистемные затраты на разработку и производство изделий, соответственно;

$p_{dj}^*$ ,  $\overline{\Delta p_{dj}}$  – значение  $j$ -й характеристики прототипа  $d$ -й составной части и относительное изменение этой характеристики разрабатываемого изделия, соответственно.

Следует отметить, что в постановках задач (20) и (26) в качестве показателя степени совершенствования изделий использовалось относительное изменение характеристик по сравнению с прототипом, т.е. показатель  $\overline{\Delta p_j}$ , а в постановках (21), (22) и (23) – степень преемственности изделий по отношению к прототипу по основным характеристикам, т.е. величина  $\overline{p_j}$ .

Указанные показатели могут быть взаимно заменены, т.е. в постановках (20) и (26) можно использовать показатель  $\overline{p_j}$ , а в постановках (21), (22) и (23) – показатель  $\overline{\Delta p_j}$ . Кроме того при необходимости приведенные постановки задач могут быть конкретизированы с учетом работ [2], [3], [4], других исследований в данной области.

Для обеспечения разработки эффективных методов и алгоритмов решения указанных задач и разработки практических рекомендаций по реализации оптимальных направлений развития ВВТ необходимо кон-

кретизировать и исследовать рекомендуемые выше целевые функции.

В задачах (20) и (26) в качестве целевой функции используются суммарные затраты на разработку, производство и эксплуатацию изделий. В число основных факторов, определяющих целевую функцию, входят основные характеристики изделий и уровень их унификации.

В настоящее время методическим вопросам оценки указанных затрат посвящено множество работ. В результате проведенных в них исследований созданы методики как общего, так и частного характера. Многие из них в той или иной мере могут быть применены при решении проблемы обеспечения рационального использования ресурсов. Вместе с тем, существующее методическое обеспечение не в полной мере отвечает основным исходным положениям создаваемой теории обеспечения рационального использования ресурсов на стадиях исследования и обоснования разработки ВВТ и требует соответствующего совершенствования.

Методики оценки затрат в интересах решения поставленных в работе задач должны быть чувствительны к степени преемственности изделий по основным характеристикам или, учитывая связь последней с унификацией, – чувствительны к показателям стандартизации и унификации.

Влияние унификации на затраты по разработке ВВТ может быть отражено через изменение номенклатуры разрабатываемых изделий и изменение объемов отработки систем более высокого уровня конструктивной сложности, в состав которых входят исследуемые элементы.

Необходимость учета влияния первого фактора не вызывает сомнений и может осуществляться на основе существующих утвержденных методик.

Второй фактор влияния унификации элементов на стоимость разработки ВВТ обычно не учитывается. Однако, как показал анализ в ряде случаев величина снижения стоимости отработки изделий вследствие применения в них известных схемных и проектно-конструкторских решений может быть существенной. Это обусловлено, с одной стороны, значительной долей затрат, связанных с испытанием опытных образцов, в суммарных затратах на разработку изделий, которая для отдельных видов ВВТ составляет 80-90% общей стоимости их разработки. С другой стороны – существенным влиянием унификации составных частей изделий на стоимость их отработки, что подтверждается, в частности, высоким коэффициентом корреляции между размером опытной партии и соотношением оригинальных и унифицированных составных частей в изделии. Согласно данным ряда работ, этот коэффициент достигает для отдельных видов изделий значений 0,7...0,8.

Вопросы влияния унификации составных частей изделий на количество испытаний, необходимое для его отработки до заданного уровня надежности, исследовались в [5] и других работах.

В [5] показано, что задача оценки влияния уровня унификации составных частей изделия ( $K_{пр}$ ) на количество испытаний, необходимое для его отработки, может быть решена методом статистического моделирования. Однако, проведение данной оценки по этому методу – весьма сложный и трудоемкий процесс.

В ряде других работ рекомендуется использовать для отдельных видов изделий зависимости между величинами  $K_{пр}$  и стоимостью, полученные на основе обработки статистического материала. Однако, для установления указанных зависимостей требуется наличие большого объема опытных данных, что не всегда обеспечивается на практике.

Отмеченные недостатки существующих методов ограничивают возможности их практического применения в интересах решения поставленных задач. Поэтому необходимы дальнейшие исследования в направлении совершенствования методов оценки влияния унификации на стоимость разработки ВВТ. Разрабатываемые методы должны быть простыми, универсальными и в то же время обеспечивать требуемую точность расчета при незначительном количестве исходных данных.

В вопросах оценки влияния унификации на стоимость изготовления ВВТ необходимо различать две группы изделий:

- унифицированное изделие, как объект производства;
- изделие, ряд составных частей которого являются унифицированными.

Оценка влияния унификации изделия в целом на стоимость его изготовления может быть проведена известным способом: через изменение объема его выпуска. При оценке влияния унификации составных частей изделия на стоимость его изготовления возникают определенные трудности. Так, применение для этой цели традиционного подхода, основанного на использовании регрессионных зависимостей, в которых стоимостные показатели определяются как функции ряда факторов, в число которых включается показатель уровня унификации изделий, практически оказывается невозможным ввиду ограниченности статистических данных. Проблематично применение и других известных методов.

Влияние унификации на стоимость эксплуатации изделий при неизменной системе эксплуатации может быть учтено через изменение сто-



имости изготовления и не требует разработки специального методического обеспечения.

Таким образом, для построения функции экономических затрат на обеспечение заданной степени совершенствования изделий необходимо провести комплекс специальных исследований по построению зависимостей, лишенных перечисленных выше недостатков.

Построение таких зависимостей может быть осуществлено двумя способами: разработкой регрессионных зависимостей на основе обработки статистических данных и аналитически на основе исследования общих закономерностей стадий и этапов жизненного цикла изделий. В целях создания работоспособных универсальных методик предпочтение необходимо отдать второму способу построения указанных зависимостей. Причем, если в части влияния на стоимостные показатели изделий их основных характеристик могут быть использованы отдельные известные, проверенные практикой методические подходы, то в части оценки влияния на указанные показатели уровня унификации изделий

должно быть создано фактически новое, оригинальное методическое обеспечение.

Система методик должна отражать сущность унификации, отличаться универсальностью в отношении рассматриваемых видов изделий и в то же время быть обеспечена исходными данными. При разработке методик оценки затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию образцов ВВТ могут использоваться результаты работ [6, 7] и других исследований.

И наконец, необходимо выбрать эффективные методы решения указанных задач, провести необходимые расчеты, проанализировать их результаты и разработать практические рекомендации по обеспечению рациональных направлений развития вооружения и военной техники.

После решения перечисленных вопросов можно провести серию расчетов по определению рациональных степеней совершенствования изделий и на основе анализа и обобщения их результатов установить некоторые закономерности развития изделий.

#### Список использованных источников

1. Береснев В.Л., Гимади Э.Х., Дементьев В.Т. Экстремальные задачи стандартизации. Новосибирск: Наука, 1978. – 298 с.
2. Фиров Н.В. Методический подход к обоснованию распределения ассигнований, выделяемых на техническое оснащение стратегических сил сдерживания // Вооружение и экономика. – 2009. – № 2(6).
3. Фиров Н.В. Проблемы повышения эффективности использования ресурсов, направляемых на развитие вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. – 2010. – № 3(11).
4. Фиров Н.В., Христофорова И.В., Соколов С.В. Влияние инновационного потенциала предприятия на ставку дисконтирования и вероятность успешной реализации инновационных проектов // Вопросы региональной экономики. – 2012. – № 2(11).
5. Червоный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Машиностроение, 1976. – 287 с.
6. Фиров А.Н. Совершенствование методов оценки эффективности инноваций при создании перспективных образцов ВВТ // Вооружение и экономика. – 2011. – № 3(15).
7. Фиров А.Н. Разработка экономико-математических моделей в условиях ограниченной статистической информации // Вопросы региональной экономики. – 2010. – № 2.

Г.Н.Анищенко, кандидат технических наук, доцент

Е.В.Анищенко, кандидат экономических наук, доцент

## **Прогнозирование в военном строительстве: достоверность финансово-экономических прогнозов**

*Важной проблемой военного строительства, наряду с прогнозированием технического развития систем, средств и комплексов военного назначения, выступает и комплекс вопросов формирования финансово-экономических прогнозов в военном деле. В статье рассматриваются теоретические и методические вопросы оценки достоверности экономических прогнозов военного строительства.*

Одним из принципиальных вопросов финансово-экономического прогнозирования в военном деле является определение опорных (оптимальных) «траекторий» изменения финансово-экономических параметров (включая стоимостные показатели) расходной части бюджетных средств, выделяемых на военное строительство и реализацию соответствующих программ, в частности, программы вооружения.

Естественно, что при осуществлении оптимального бюджетирования такая опорная траектория с позиции математики будет представлять собой непрерывное во времени множество точек, отражающих экстремальные (наилучшие) значения финансово-экономических показателей программ военного строительства на каждый момент времени в будущем.

С позиций теории управления социально-экономической системой указанную траекторию можно рассматривать как ориентир, к которому должна стремиться система военного строительства в результате своего функционирования. Поскольку при планировании в области военного строительства ориентир развития вооруженных сил представляет траекторию движения точки во времени в многомерном пространстве параметров финансово-экономического состояния системы, устремленную в будущее, то задача опреде-

ления этой траектории относится к классу задач экономического прогнозирования на различную перспективу.

Наличие такого ориентира и определяет тактические, оперативные и стратегические задачи планирования в военном строительстве, а достоверность определения этого ориентира и ее изменение во времени – ключевым фактором качества и эффективности планирования. Вследствие этого, задача планирования в области военного строительства на различную перспективу распадается на две подзадачи:

1) формирование функции оптимального изменения управляемых финансово-экономических параметров военного строительства на основе прогнозных оценок динамики изменения неуправляемых параметров внутреннего состояния системы военного строительства и динамики изменения параметров социально-экономического развития страны в целом, как внешнего ключевого фактора, от которого зависит, с одной стороны, выбор стратегии военного строительства, с другой стороны, определение путей ее реализации;

2) оценка достоверности и точностных характеристик прогнозов динамики экономических параметров состояния внешней и внутренней среды системы военного строительства и, при необходимости, корректировка функции требуемого изменения финан-

сово-экономических показателей военного строительства для выработки политики гарантирующего<sup>1</sup> достижения целей стратегического развития вооруженных сил страны с учетом ресурсных возможностей национальной экономики.

Настоящая статья посвящена одному из важнейших вопросов решения второй подзадачи – проблеме оценки достоверности прогнозов финансово-экономических показателей состояния внешней и внутренней среды системы военного строительства на различную перспективу.

В общем случае, в целях учета масштабов задач прогнозирования в военном строительстве будем различать:

- краткосрочное (тактическое) или текущее прогнозирование и планирование;
- среднесрочное (оперативное) прогнозирование и планирование;
- долгосрочное (стратегическое) прогнозирование и планирование, при необходимости выделяя прогнозирование на удаленную перспективу.

Не претендуя на общность рассуждений, для целей настоящей работы будем использовать следующие описания видов прогнозирования и планирования, как взаимосвязанных функций:

- краткосрочное прогнозирование и планирование: определение комплекса взаимосвязанных мер, направленных на достижение единой цели военного строительства путем обеспечения его перевода из текущего состояния в требуемое; установление сроков и последовательности выполнения осуществляемых программ, планов и мероприятий исходя из располагаемых ресурсов или ресурсных ограничений;
- среднесрочное прогнозирование и планирование: уточнение значений характеристик требуемого состояния военного строительства в среднесрочной и долгосрочной

перспективе по результатам завершения очередного цикла военного строительства в краткосрочном периоде и формирование среднесрочной программы военного строительства;

- долгосрочное прогнозирование и планирование: прогнозирование траектории изменения во времени финансово-экономических показателей военного строительства на долгосрочную и удаленную перспективу с учетом генеральных целевых установок, ориентированных на достижение глобальных целей развития вооруженных сил страны; уточнение глобальных целей с учетом прогнозов динамики социально-экономического развития страны, динамики общественных и межгосударственных отношений и военной обстановки на мировой арене.

С целью определения достоверности оценок и масштабов временных интервалов краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования в военном строительстве рассмотрим общие закономерности процессов функционирования экономических систем на примере инфляционных процессов в экономике.

Очевидно, что одним из важнейших экономических показателей функционирования любой социально-экономической системы (по крайней мере, обладающей государственным суверенитетом) является динамика изменения покупательной способности национальной валюты. Рассмотрение этого вопроса можно осуществить на основе анализа динамического изменения покупательной способности доллара США в последние десятилетия, поскольку, с одной стороны, для Российской Федерации доллар является одной из основных резервных валют, относительно которой формируется (определяется) курс рубля, а с другой стороны, доллар длительное время является устойчивым лидером в мировой экономике как мировая резервная валюта.

В силу природы механизмов формирования покупательной способности любой валюты в рыночных условиях, в основе которых

1 «Гарантирующего» в смысле – гарантирующего оценивания / Матасов А.И. Введение в теорию гарантирующего оценивания. – М.: МАИ, 1999.

лежат отношения между людьми, процессы, отражающие динамику указанного свойства, являются принципиально стохастическими и для их анализа целесообразно использовать метод теории случайных процессов<sup>1</sup>.

Прежде чем перейти к раскрытию сущности решения сформулированной задачи, в целях соблюдения логики, полноты и целостности излагаемого материала приведем некоторые сведения из теории случайных процессов, имеющих принципиальное значение для понимания излагаемого материала.

В основе математического аппарата теории случайных процессов лежат понятия стационарности и эргодичности. Случайный процесс называется стационарным, если все его статистические характеристики со временем не изменяются. При этом следует сделать оговорку, что указанное требование не обязательно должно выполняться по отношению к математическому ожиданию случайного процесса в «точке»<sup>2</sup>. Случайный процесс называется эргодичным, если его статистические характеристики остаются неизменными для всего множества возможных реализаций данного процесса на заданном интервале времени. Вне понятий стационарности или эргодичности статистические характеристики любого случайного процесса теряют смысл. Безусловно, что наиболее характерными для военного строительства являются нестационарные и

неэргодичные процессы, а стационарность и эргодичность должны рассматриваться в качестве частных случаев первых, как более общих.

Однако следует учитывать, что понятие стационарности является фундаментальным для статистического представления и описания процессов военного строительства. Действительно, макропараметры, лежащие в основе статистического описания процессов военного строительства, представляющие его интегральные или «средние» характеристики, имеют смысл тогда и только тогда, когда эти «средние» существуют. Процесс же осреднения имеет смысл только для стационарных, в статистическом смысле слова, процессов и явлений. Иными словами можно сказать, осреднение в рассматриваемой задаче является по смыслу другой интерпретацией стационарности.

Если процессы военного строительства нестационарны, то применение формализма теории случайных процессов требует гипотезы о стационарности состояний отдельных частей или элементов (в дифференциальном смысле) этих процессов. Поэтому понятия «стационарность» и «нестационарность» в рамках статистического исследования процессов военного строительства будем различать лишь масштабами стационарности: в первом случае оно имеет место для процесса военного строительства в целом, во втором – на малом<sup>3</sup> интервале времени. Именно поэтому закономерности «стационарной» теории случайных процессов в квазистационарной постановке являются базовыми для исследования вопросов прогнозирования в военном строительстве. Для стационарных (квазистационарных) процессов макропараметры, входящие в описания макрозакономерностей военного строительства, не зависят от времени. В случае же нестационарности процессов используются те же закономерности «стационарной» теории случайных процессов, но па-

1 Гнеденко В.Б. Курс теории вероятностей. – М.: ЛКИ, 2007.

2 Понятие «точка» здесь используется в дифференциальном смысле – под точкой (или макроэлементом) экономической системы в настоящей работе понимается элемент этой системы, который с математической точки зрения имеет малый в дифференциальном смысле объем, но при этом в указанном объеме элемента должно содержаться множество «микроскопических» экономических объектов и, таким образом он, этот объем, может представляться в виде элементарной экономической системы, в противном случае понятие о характеристиках состояния экономической системы в целом теряет смысл и невозможным становится применение интегральных, в том числе, стохастических методов исследования ее свойств.

3 Слово «малый», по аналогии с понятием «точка», используется в «дифференциальном» смысле.

раметры, характеризующие свойства процессов военного строительства, зависят от времени. Только в этом и проявляется различие в подходах к решению задач прогнозирования при равновесном и неравновесном представлении процессов военного строительства.

Применительно к эргодичности процессов военного строительства при необходимости могут быть сделаны аналогичные замечания. Отличие будет заключаться в рассмотрении неизменности статистических характеристик процесса военного строительства не только по времени, но и по множеству реализаций одноименных субпроцессов (или локальных процессов) в общем процессе военного строительства, иными словами, – неизменность для множества подобных локальных процессов военного строительства, которые можно рассматривать как однородные со статистической точки зрения.

Последнее замечание является важным применительно к проблеме военного строительства, поскольку в отличие от других систем, в военном строительстве принципиально нельзя повторить опыт. Поэтому выявление основных закономерностей военного строительства может осуществляться либо на основе рассмотрения достаточно продолжительного периода времени в относительно стабильных условиях (в этом случае ключевым является понятие стационарности), либо на основе рассмотрения множества локальных процессов военного строительства, протекающих примерно в одинаковых, со статистической точки зрения, условиях. В последнем случае ключевыми являются оба понятия: стационарность процессов в рассматриваемом периоде времени (или в «точке»), и эргодичность на множестве реализаций локальных процессов, обладающих свойствами статистического подобию.

В рамках рассматриваемой проблемы прогнозирования в военном строительстве выполнение требования эргодичности для решения отдельных задач может иметь принципиальное значение, поскольку оно предо-

ставляет инструмент для рассмотрения определенных свойств и характеристик военного строительства в относительно коротком периоде его развития на основе анализа множества подобных локальных процессов, протекающих примерно в одинаковых со статистической точки зрения условиях реализуемой политики военного строительства.

В дальнейшем, не нарушая общности рассуждений, будем рассматривать основные статистические характеристики случайных процессов военного строительства, используя допущение о том, что эти процессы являются стационарными и нормальными (гауссовыми) [7]. Такое допущение является справедливым, когда на систему действует большое множество примерно равносильных факторов, когда ни один из этих факторов не является преобладающим. Названные условия являются наиболее характерными для различных процессов, в том числе и процессов военного строительства, когда нет каких-либо природных, социальных, экономических или иных катаклизмов, отсюда и само название «нормальные» процессы.

В качестве примера на рисунке 1 приведен график реализации стационарного случайного процесса (линия 1) с положительной динамикой его среднего уровня (линия 2), качественно отражающего изменение показателей функционирования экономической системы в условиях установившейся структуры государственного управления. Положительная динамика среднего уровня процесса отражает изменение такого объективного свойства экономической системы, как развитие или прогресс.

Как известно [6], исчерпывающей характеристикой любого стационарного случайного процесса является его корреляционная функция. В целях теоретического анализа и выявления статистических закономерностей прогнозирования и исходя из экономической природы процессов военного строительства, рассмотрим некоторые динамические свойства покупательной способности доллара

США (\$). Выбор данной валюты в качестве объекта анализа обусловлен следующими предпосылками.

1. Курс российской национальной валюты – рубля – определяется относительно бивалютной корзины «доллар США и евро», в которой доллар США представлен с большим весом.

2. Поскольку доллар США является доминирующей мировой валютой, то колебания

его курса в значительной мере отражают определенные объективные закономерности функционирования экономических систем во всем мире, характеристики и основные параметры которых могут иметь значение для анализа жизнедеятельности как Российской Федерации в целом, так и входящих в нее отдельных экономических систем.

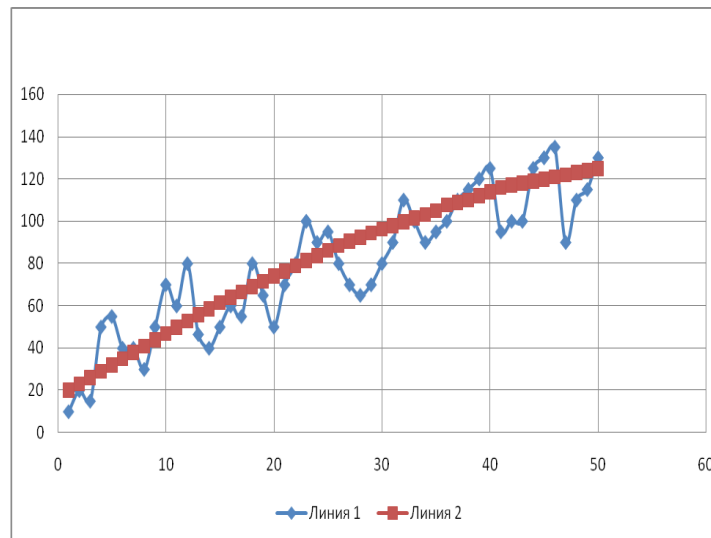


Рисунок 1 – Пример стационарного случайного процесса с положительной динамикой среднего

Характерной особенностью покупательной способности любой валюты, при отсутствии каких-либо крупных социальных катаклизмов, является ее периодические взлеты и падения. Так, например, за последние примерно 40 лет четыре раза наблюдалось серьезное понижение покупательной способности доллара США<sup>1</sup>:

- 1977-1979 гг.;
- 1985-1988 гг.;
- 1993-1995 гг.;
- 2008-2009 гг.

В промежутках между указанными периодами естественно имели место взлеты покупательной способности доллара США.

На основе приведенных данных можно определить средний период колебаний покупательной способности указанной валюты,

который будет составлять примерно 10 лет. Учитывая колебательный характер основных процессов жизнедеятельности экономических систем, включая процессы военного строительства, для их статистического описания в рамках стационарной теории случайных процессов можно использовать аналитическую форму корреляционной функции типа «затухающий косинус» [7]:

$$\bar{R}(\tau) = \frac{R(\tau)}{\sigma^2} = e^{-\alpha|\tau|} \cdot \cos(\omega\tau), \quad (1)$$

где:  $R(\tau)$  – корреляционная функция;

$\bar{R}(\tau)$  – нормированная корреляционная функция;

$\sigma$  – среднеквадратическое отклонение значений функции случайного процесса;

$\sigma^2$  – дисперсия значений функции случайного процесса;

$\tau$  – аргумент корреляционной функции;

1 Вера в доллар слабеет // РБК. – 2008. – № 2. – С.23-26.

$\alpha$  – коэффициент затухания корреляционной функции, который связан с интервалом корреляции корреляционной функции. В работах [1, 2] показано, что параметры  $\alpha$  и  $\omega$  могут определяться на основе стандартной меры стационарного случайного процесса, что позволяет обеспечивать однопараметрическое задание корреляционной функции. В качестве такой стандартной меры в теории случайных функций принято использовать понятие интервала корреляции (автокорреляции, взаимной корреляции) случайного процесса  $\rho$ . В названных авторских работах показано, что для многих нормальных (гауссовых) процессов, к числу которых могут быть отнесены и процессы функционирования социально-экономической системы, параметр  $\alpha$  для функций типа (1) приближенно может быть определен по формуле:

$$\alpha = \frac{1}{4\rho}, \quad (2)$$

где:  $\rho$  – интервал корреляции значений стационарного случайного процесса;

$\omega$  – параметр колебательности корреляционной функции, который для функций типа (1) связан с интервалом корреляции нормального случайного процесса следующими выражениями [2]:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}; \quad (3)$$

$$T = 4\rho, \quad (4)$$

где:  $T$  – период колебания корреляционной функции.

Таким образом, применение формул (1)-(4) позволяет приближенно определять основные параметры корреляционной функции на основе информации о периодичности случайного процесса в среднем.

На рисунке 2 приведен график корреляционной функции колебаний курса доллара США, полученной теоретическим путем, эмпирическая оценка периода колебаний которого равна 10 годам (линия 1), т. е.:

$$T = 10[\text{лет}]; \rho = 2,5[\text{лет}];$$

$$\alpha = 0,4[1/\text{лет}]; \omega = 0,628[1/\text{лет}].$$

Отдельные из полученных результатов синтеза корреляционной функции можно распространять и на экономические показатели военного строительства.

В частности, при решении задач экономического прогнозирования в военном деле огибающую корреляционной функции покупательной способности  $\$$  (линия 2, рисунок 2) – экспоненциальную составляющую коэффициента корреляции, – можно рассматривать как характеристику достоверности прогноза значений управляемых экономических параметров на соответствующий период времени. Иными словами, огибающая корреляционной функции отражает потенциальный<sup>1</sup> уровень достоверности прогнозирования и планирования на соответствующую перспективу. Такое представление коэффициента корреляции, зависящего от времени и описываемого экспоненциальной составляющей корреляционной функции рассматриваемого экономического показателя, позволяет оценивать масштабы краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного периодов прогнозирования и временных интервалов, на которых будет справедливым допущение о квазистационарности исследуемых процессов военного строительства. Допустимость сопоставления уровня достоверности с коэффициентом корреляции значений прогнозируемых параметров на заданную перспективу обусловлена взаимосвязью математических сущностей данных показателей. Поэтому в настоящей работе в качестве показателя достоверности прогнозирования используется коэффициент корреляции прогнозируемых параметров на заданном интервале времени.

Так, например, из анализа графика, приведенного на рисунке 2, следует, что в пределах интервала корреляции значений экономиче-

1 Здесь понятие «потенциальный» подразумевает «идеальное» прогнозирование и планирование, когда методически без ошибок и в максимальной степени используется исходная информация, которая отвечает требованиям полноты, актуальности и достоверности.

ских параметров военного строительства, характеризуемого величиной 2,5 года в среднем, может быть обеспечен потенциальный уровень достоверности прогнозирования и планирования не ниже 0,75 (линия 2, точка 1 – текущее прогнозирование). При таком уровне достоверности прогнозирования и планирования фактически может осуще-

ствляться детерминированный количественный прогноз и формирование конкретных планов военного строительства. Указанный вывод хорошо согласуется с тем обстоятельством, что на практике периоды краткосрочного (текущего) прогнозирования и планирования, как правило, не превышают 2-3 лет.

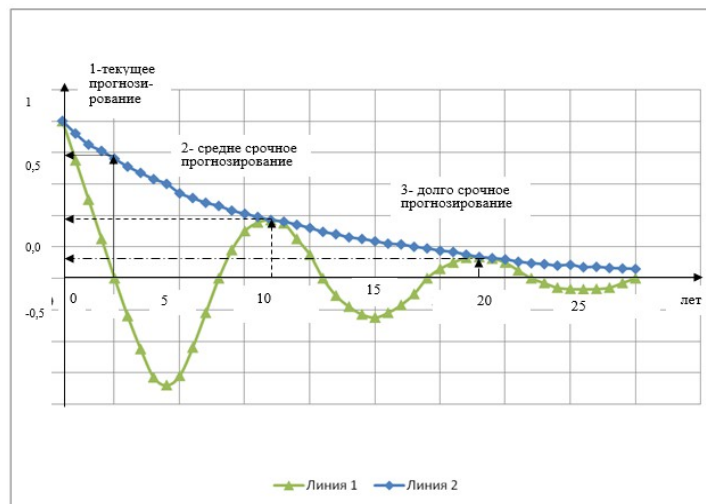


Рисунок 2 – График корреляционной функции колебаний курса доллара США

При увеличении интервала прогнозирования более 2,5 лет исчезает прямая линейная корреляция прогнозируемых значений параметров, и уровень достоверности прогнозов снижается. Так, уже на 10-летнем интервале уровень достоверности (или коэффициент корреляции) снижается примерно до 0,4 (линия 2, точка 2-среднесрочное прогнозирование, рисунок 2). Такой уровень достоверности (корреляции), с одной стороны, может считаться приемлемым и позволяет осуществлять корректировку среднесрочных планов каждые 2-3 года по результатам завершения последнего краткосрочного периода; с другой стороны, использование среднесрочных планов позволяет определять основные оперативные направления военного строительства и тем самым обеспечивать непрерывность и стабильность процессов жизнедеятельности и развития Вооруженных Сил страны.

Данный вывод также хорошо согласуется с отечественной и мировой практикой, по-

скольку, как правило, используемые величины интервалов среднесрочного планирования не превышают 5-10 лет.

Дальнейшее увеличение интервала прогнозирования в военном деле будет приводить к еще большему снижению уровня достоверности формируемых прогнозов, и уже при приближении к 20-30 годам будет достигать значения 0,1. Таким образом, интервалы долгосрочного прогнозирования, когда еще могут иметь место сколько-нибудь корректные количественные оценки значений прогнозируемых параметров военного строительства, не превышают 20-30 лет. При взгляде на более удаленную перспективу можно делать лишь качественный прогноз возможных тенденций в военном строительстве, поскольку достоверность количественных оценок будет исчезающе мала.

Изложенные теоретические результаты также в определенной мере согласуются с реальными масштабами соответствующих периодов планирования и дают объяснение эмпи-



рическому выбору интервалов планирования на практике. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что корреляционная функция экономических показателей военного строительства, определенная на основе анализа динамики покупательной способности одной из основных мировых резервных валют – доллара США, отражает объективную взаимосвязь достоверности экономических прогнозов в военном строительстве на различную перспективу, позволяет оценивать рациональные значения длительности различных периодов прогнозирования и может быть использована при решении прикладных задач прогнозирования и планирования в военном строительстве.

Другой важной для статистического исследования процессов военного строительства характеристикой является интервал, на котором является справедливым допущение о стационарности (квазистационарности) рассматриваемых процессов. Для определения величины интервала квазистационарности необходимо знать не только корреляционную характеристику, но и величину среднеквадратического отклонения показателей исследуемого процесса. Решения такой задачи можно получить на основе анализа статистических характеристик изменения покупательной способности национальной валюты (рубля), корреляционные свойства которой, в силу привязки к иностранной валюте, соответствуют корреляционной характеристике доллара США. Последнее утверждение основано на том, что «...курсовая политика Банка России... направлена на сдерживание инфляции при недопущении чрезмерного укрепления рубля и предотвращении резких колебаний курса национальной валюты. При значительном влиянии внешнеэкономических условий на состояние внутреннего финансового рынка Банк России продолжает использовать режим управляемого плавающего валютного курса»<sup>1</sup>.

1 Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики (одобрено Советом директоров ЦБР 18 июня 2007 г.). См. Информацию

Поэтому колебания покупательной способности рубля были и остаются в определенной мере связанными с колебаниями покупательной способности базовых резервных мировых валют и, прежде всего, доллара США.

Учитывая, что изменение покупательной способности валюты отражается ее инфляцией, временные характеристики покупательной способности рубля можно оценивать по колебательным характеристикам уровня инфляции в России. Исходя из сформулированных положений и предпосылок, можно принять допущение о том, что интервал корреляции значений покупательной способности рубля равен интервалу корреляции значений покупательной способности доллара:

$$\rho_{руб} = \rho_{\$} = 2,5 [\text{год}]. \quad (5)$$

За последние 8-10 лет уровень годовой инфляции рубля ( $Y_{инф.руб}$ ) колебался в пределах 8-20%. Исходя из этого и учитывая стремление органов власти Российской Федерации стабилизировать инфляцию национальной валюты на уровне 8-9% в год, среднеквадратическое отклонение значений инфляции рублевой валюты, с учетом допущения о нормальном законе их распределения, может быть определено по формуле:

$$\begin{aligned} \sigma_{инф.руб.} &\approx \frac{Y_{инф.руб.}^{макс} - Y_{инф.руб.}^{мин}}{6} = \frac{20 - 8}{6} = \\ &= 0,2 \left[ \frac{1}{год} \right] = 2 \left[ \frac{\%}{год} \right]. \quad (6) \end{aligned}$$

На рисунке 3 приведены графики зависимости нормированных значений доверительного интервала – линии 1, 2 и возможного изменения относительных значений прогнозных оценок среднего уровня инфляции рубля по времени (за единицу принято начальное значение) – линия 3.

Из анализа графиков, приведенных на рисунке 3, следует, что при относительно малых интервалах времени наблюдения процессов военного строительства ( $t \leq 10...15$  лет), величина доверительного интервала прогнозных оценок статистических характе-

ЦБР от 28 июня 2007 г.

ристик исследуемого процесса соизмерима с величиной самих оценок и даже превышает их, иными словами, такие оценки слабо отра-

жают статистические свойства процессов военного строительства.

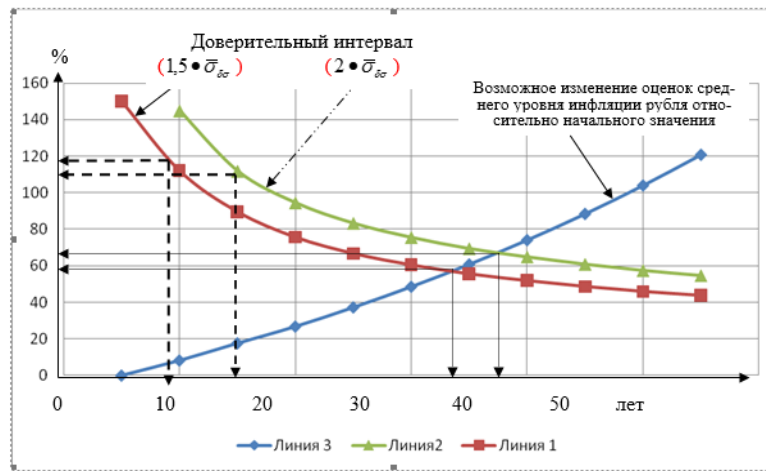


Рисунок 3 – Графики изменения статистических характеристик прогнозных оценок уровня инфляции рубля

При относительно больших интервалах наблюдения ( $t \geq 30 \dots 40$  лет) изменение средних значений оценок экономических показателей военного строительства относительно их начального значения может превышать доверительные интервалы, что будет свидетельствовать о проявлении нестационарности рассматриваемого процесса, обусловленной как собственными особенностями военного строительства, так и особенностями развития техники, национальной экономики, внешней военно-политической и экономической обстановки и т.д.

При времени наблюдения  $10 \dots 15 \text{ лет} \leq t \leq 30 \dots 40 \text{ лет}$  может иметь место определенное постоянство прогнозных оценок статистических характеристик экономических показателей военного строительства, а их возможные изменения не выходят за рамки доверительных интервалов, определенных по уровню доверительной вероятности 0,86...0,95, что может свидетельствовать о допустимости предположения о квазистационарности статистических свойств рассматриваемого процесса. Иными словами, в интервале наблюдения экономических процессов военного строительства длительностью лет  $10 \dots 15 \text{ лет} \leq t \leq 30 \dots 40 \text{ лет}$  могут существо-

вать интегральные статистические характеристики, на основе которых возможно осуществление экономического прогнозирования параметров военного строительства на различную перспективу. Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, допущение о стационарности (квазистационарности) экономических процессов военного строительства для России является справедливым на временном интервале от 10-15 до 30-40 лет. Для государств, где национальной валютой является доллар США или аналогичные мировые валюты, уровень инфляции которых и соответственно среднее квадратическое отклонение этого уровня примерно в 2 раза ниже рублевого, интервал квазистационарности экономических процессов может достигать 60-70 лет. Указанные интервалы времени характеризуют величину предельных значений периодов формирования экономических прогнозов на удаленную перспективу: в России – до 30...40 лет, в ведущих в экономическом отношении мировых державах – до 60...70 лет.

Во-вторых, предельно допустимые значения временных интервалов, на которых еще существуют статистические характеристики

процессов функционирования экономических систем, определяют и предельные значения характеристик достоверности прогнозных оценок экономических параметров развития рассматриваемых систем на различную перспективу. При этом, минимальная ошибка (или максимальная точность) эмпирической оценки статистических характеристик экономических показателей военного строительства на основе наблюдений будет характеризоваться величиной не лучше 60...70% (см. рис. 3).

В заключение следует отметить, что статистические характеристики различных параметров военного строительства зависят как от физической природы рассматриваемых процессов, так и от особенностей самого развития России и мирового сообщества. Например, статистические характеристики изменения численности людей в стране естественно будут отличаться от статистических характе-

ристик инфляционных процессов в национальной экономике, поскольку демографические явления и влияющие на них причины отличны от финансово-экономических факторов. Однако указанные отличия статистических характеристик различных по физической природе процессов жизнедеятельности страны в рамках используемого статистического подхода к анализу экономических процессов военного строительства будут в основном заключаться в количественных значениях рассматриваемых статистических характеристик. Выявленные качественные закономерности взаимосвязи статистических характеристик оценки и прогнозирования развития экономических процессов военного строительства носят фундаментальный характер и поэтому обладают общностью независимо от особенностей рассматриваемой экономической системы.

#### Список использованных источников

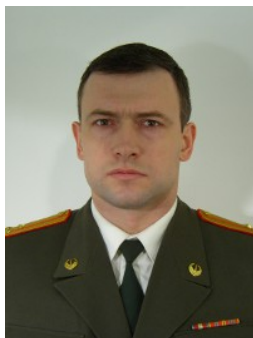
1. Анищенко Е.В. Введение в аналитическую динамику социально-экономических систем: Сборник научных трудов. – М.: РУДН, 2012.
2. Анищенко В.Н. Функции состояния физических полей Земли: Сборник докладов. – М.: Институт проблем механики АН СССР, 1989.
3. Баранов Н.А. Проблемы национальной безопасности и контроля над вооружениями: Лекции по курсу / [http://nicbar.ru/nazbez\\_lekzia5.htm](http://nicbar.ru/nazbez_lekzia5.htm)
4. Викулов С.Ф. Экономика военного строительства: эволюция взглядов на проблемы, методы, решения. – М.: Граница, 2013.
5. Матасов А.И. Введение в теорию гарантирующего оценивания. – М.: МАИ, 1999.
6. Розанов Ю.А. Стационарные случайные процессы. – М.: ГИФМЛ, 1963.
7. Тихонов В.И. Выбросы случайных процессов. – М.: Наука, 1970.

*Анищенко Геннадий Николаевич*  
кандидат технических наук, доцент  
старший научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ  
[anpvladimir@list.ru](mailto:anpvladimir@list.ru)

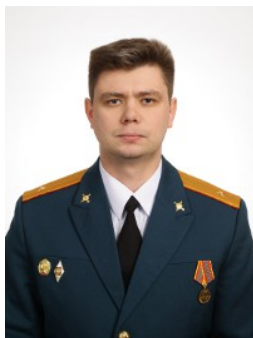
*Анищенко Евгений Владимирович*  
кандидат экономических наук, доцент  
доцент кафедры экономических и финансовых расследований Высшей  
школы государственного аудита МГУ им.М.В. Ломоносова  
[anpvladimir@list.ru](mailto:anpvladimir@list.ru)



*Артеменко Валерий Борисович*  
начальник отдела 46 ЦНИИ МО РФ  
[artemenkoval@rambler.ru](mailto:artemenkoval@rambler.ru)



*Ачасов Олег Борисович*  
кандидат технических наук, доцент  
заместитель начальника 46 ЦНИИ МО РФ по научной работе  
[authors@viek.ru](mailto:authors@viek.ru)



*Безденежных Сергей Игоревич*  
старший офицер отдела Управления заказов по совершенствованию  
технической основы системы управления ВС РФ  
[bezdenezhnykh@yandex.ru](mailto:bezdenezhnykh@yandex.ru)



*Буравлев Александр Иванович*  
доктор технических наук, профессор  
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ  
[buravlev46@mail.ru](mailto:buravlev46@mail.ru)



*Викулов Сергей Филиппович*  
заслуженный деятель науки РФ, доктор экономических наук, профессор  
президент Академии проблем военной экономики и финансов, главный научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ  
*sergviculov@yandex.ru*

*Вылегжанин Григорий Николаевич*  
заместитель начальника отдела 46 ЦНИИ МО РФ  
*vylegzhanins @yandex.ru*

*Горшков Владимир Анатольевич*  
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор  
главный научный сотрудник НИЦ ЭРАТ 4 ЦНИИ МО РФ  
*valia.iwanushencko2011@yandex.ru*

*Ефанов Василий Васильевич*  
кандидат технических наук, доцент  
профессор кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
*efanov55@mail.ru*

*Иванцов Алексей Владимирович*  
кандидат технических наук  
профессор кафедры ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
*kagan13@yandex.ru*



*Имховик Николай Александрович*  
кандидат технических наук  
доцент кафедры МГТУ им. Н.Э. Баумана  
*Imkhovik-n@mail.ru*

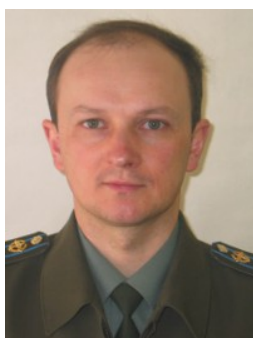


*Козирацкий Юрий Леонтьевич*  
заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор  
профессор кафедры ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»  
*urleo@bk.ru*



*Комраков Николай Юрьевич*  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
старший научный сотрудник НИЦ ПВО 4 ЦНИИ МО РФ  
[komr.valentina@yandex.ru](mailto:komr.valentina@yandex.ru)

*Корзун Михаил Анатольевич*  
кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
начальник лаборатории ФГУП «ЦНИИХМ»  
[efanov55@mail.ru](mailto:efanov55@mail.ru)



*Коростелев Сергей Юрьевич*  
кандидат технических наук  
докторант 4 ЦНИИ МО РФ  
[skor4822@rambler.ru](mailto:skor4822@rambler.ru)

*Крутоверцев Андрей Иванович*  
адъютант НИЦ ЭРАТ 4 ЦНИИ МО РА  
[a.krutovertsev@rambler.ru](mailto:a.krutovertsev@rambler.ru)

*Мужичек Сергей Михайлович*  
доктор технических наук, профессор  
ученый секретарь ФГУП «ГосНИИАС»  
[efanov55@mail.ru](mailto:efanov55@mail.ru)

*Новиков Игорь Алексеевич*  
кандидат технических наук  
начальник отдела АНВ  
[authors@viel.ru](mailto:authors@viel.ru)

*Осадчиев Александр Александрович*  
кандидат физико-математических наук  
инженер ЗАО «Научный испытательно-диагностический центр»  
[osad\\_a@mail.ru](mailto:osad_a@mail.ru)



*Селиванов Виктор Валентинович*  
доктор технических наук, профессор  
заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[vicsel@list.ru](mailto:vicsel@list.ru)



*Сергеева Анна Ивановна*  
конструктор НПЦ «Специальная техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана  
*Smile734@mail.ru*



*Симонов Алексей Кириллович*  
студент МГТУ им. Н.Э. Баумана  
*a.simonov@list.ru*

*Фиров Николай Васильевич*  
доктор экономических наук, профессор  
ведущий научный сотрудник 4 ЦНИИ МО РФ  
*nfirov@mail.ru*



*Яшин Валерий Борисович*  
кандидат технических наук  
начальник лаборатории ОАО «ГосНИИ машиностроения»  
*niimash@mts-nn.ru*

### **Проблемы обеспечения эффективного решения задач СОН в современных условиях**

*О.Б.Ачасов, Г.Н.Вылегжанин*

В статье рассмотрены основные задачи, решаемые силами общего назначения на различных стратегических уровнях, проведен анализ современного состояния системы вооружения и обозначены цели строительства СОН. Определены проблемы обеспечения эффективного решения задач СОН в современных условиях и рассмотрены пути их решения.

силы общего назначения; тактическое ядерное оружие; система вооружения; вооружение и военная техника; государственная программа вооружения

### **Problems of ensuring effective solution of the propositions of general forces in up-to-date conditions**

*O.B.Achasov, G.N. Vylegzhanin*

In this article main problems, which are solved by the general forces on different strategic levels, are viewed, the analysis of modern condition of weapons systems is realized, and the purposes of construction of general forces are clarified. The problems of providing effective solution of the propositions (objectives, targets) of general forces in up-to-date conditions are identified, and the ways of their solving are viewed.

general forces; tactical nuclear weapon; weapons systems; arming and military equipment; the state armaments program

### **Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Постановка задачи**

*В.А.Горшков, А.И.Крутоверцев, А.А.Осадчиев*

В настоящее время интерактивная электронная документация (ИЭД) широко применяется при производстве, эксплуатации и на других этапах жизненного цикла летательных

аппаратов, становясь серьезной альтернативой бумажной документации. Тем не менее, для государственной авиации до сих пор не были разработаны и четко регламентированы критерии для оценки качества ИЭД летательных аппаратов. Цель данной работы заключается в создании методологии по выработке системы требований, предъявляемых к свойствам ИЭД летательного аппарата, выполнение которых позволит максимизировать эффективность и функциональность использования ИЭД.

интерактивная электронная документация; эксплуатация летательных аппаратов; качество документации; макромоделирование; вариационное исчисление

### **Optimizing the interactive electronic documentation of aircraft state aviation. Statement of the problem**

*V.A.Gorshkov, A.I.Krutovertsev, A.A.Osadchiev*

Currently interactive electronic documentation (IED) is widely used in the production, operation and at other stages of the life cycle of aircraft, becoming a serious alternative to paper documentation. However, for state aircraft still has not been developed and clearly defined criteria for assessing the quality of the IED aircraft. The aim of this work is to create a methodology to develop the system requirements for the IED properties of the aircraft, the implementation of which will maximize the efficiency and functionality of using IED.

interactive electronic documentation; maintenance of aircraft; quality of documentation; macromodelling; calculus of variations

### **Обзор системы оборонного заказа МО США**

*В.Б.Артеменко, С.И.Безденежных*

Предлагается обзор устройства системы оборонного заказа МО США. Начиная с основных понятий, рассматриваются нормативно-правовые основы системы закупок. Далее раскрыто содержание трех основных подсистем: Объединенной системы разработки и интеграции характеристик; Системы



планирования, программирования, бюджетирования и исполнения; Системы оборонного заказа. Где возможно проводятся параллели с российской системой организации разработки и закупки ВВСТ. В заключении отмечены наиболее интересные, по мнению авторов, черты системы оборонного заказа МО США. Статья может представлять интерес для лиц, связанных с формированием и исполнением государственного оборонного заказа.

оборонный заказ; министерство обороны США

### **An overview of the US DOD Defense Acquisition System**

*V.B.Artemenko, S.I.Bezdenezhnykh*

An overview of the US DOD Defense Acquisition System. Starting from the basic concepts, discusses the legal framework for procurement system. Further disclosed the content of three major subsystems: the Joint Capabilities Integration and Development System; the Planning, Programming, Budgeting, and Execution System; the Defense Acquisition System. Parallels with the Russian development and procurement system remarked where possible. In conclusion, marked the most interesting features of the US DoD Defense Acquisition System. The article will be interesting for persons connected with defense acquisitions.

defense acquisition; US DOD

### **Оценка оперативности выполнения противником циклических задач поражения в условиях противодействия его техническим средствам разведки**

*Ю.Л.Козирацкий, А.В.Иванцов*

При оценке эффективности противодействия техническим средствам разведки важно учитывать его вклад в конечную эффективность системы поражения, в интересах которой функционирует система разведки, которая определяется математическим ожиданием времени поражения объектов противоположной стороны, а также дисперсией этого вре-

мени. Разработана методика определения среднего времени поражения, позволяющая оценивать оперативность поражения объектов с учетом вероятностно-временных показателей эффективности процесса разведки. Показано, что среднее время поражения при больших значениях вероятности правильного обнаружения определяется средним временем выполнения задачи разведки. При уменьшении вероятности правильного обнаружения до 0,4 и ниже среднее время поражения резко возрастает.

оперативность; циклические задачи поражения; противодействие техническим средствам разведки

### **Assessment of efficiency of performance by the opponent of cyclic problems of defeat in counteraction conditions to its technical means of intelligence**

*Yu.L.Koziratsky, A.V.Ivantsov*

At an assessment of efficiency of counteraction it is important to technical means of intelligence to consider its contribution to final system effectiveness of defeat, in which interests the system of investigation which is defined by a population mean of time of defeat of objects of the resisting party, and also dispersion of this time functions. The technique of definition of average time of the defeat, allowing to estimate efficiency of defeat of objects taking into account probabilistic and time indicators of efficiency of process of investigation is developed. It is shown that average time of defeat at great values of probability of the correct detection is defined by average time of performance of a problem of investigation. At reduction of probability of the correct detection to 0,4 and below average time of defeat sharply increases.

efficiency of performance; cyclic problems of defeat; counteraction to technical means of intelligence

**Марковская модель восстановления вооружения и военной техники в новой системе технического обслуживания и ремонта**

*А.И.Буравлев*

В статье рассмотрена модель двухуровневой системы технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники (ВВТ) в рамках новой организационной структуры системы материально-технического обеспечения Вооруженных сил РФ. В основе предлагаемой модели использованы аналитические модели массового обслуживания с нестационарными потоками заявок. В рамках этих моделей решены задачи оптимального проектирования системы технического обеспечения и ремонта, обеспечивающие минимальную стоимость системы при заданной вероятности выполнения технического обслуживания и ремонта ВВТ.

система технического обслуживания и ремонта; марковская модель массового обслуживания; интенсивность поступления заявок и их обслуживания; показатели эффективности системы массового обслуживания; агрегированная модель двухуровневой системы восстановления вооружения и военной техники

**A Markov model of recovery of arms and military equipment in the new system of technical service and repair**

*A.I.Buravlyov*

The article discusses the model of two-level system of maintenance service and repair of weapons and military equipment (AME) under the new organizational structure of the system of logistics of the Armed forces. The basis of the proposed model used analytical model of mass service with no stationary flows of applications. In these models the problem of optimal design of the systems of technical maintenance and repairs, providing the minimum cost of the system for a given probability of the performance of technical service and repair of military equipment.

system of technical maintenance and repair; the Markov model of public service; intensity of the receipt of the

applications and their maintenance; system performance of public service; aggregate model of two-level system recovery of arms and military equipment

**Об исследованиях по разработке за рубежом новых высокоплотных реактивных материалов («High-Density Reactive Materials») и их применению в боеприпасах повышенного могущества действия**

*Н.А.Имховик, В.В.Селиванов, А.К.Симонов, А.И.Сергеева, В.Б.Яшин*

Рассмотрены ведущиеся за рубежом с конца 1990-х годов масштабные исследовательские программы по созданию новых высокоплотных энергетических материалов, среди которых наибольшее внимание уделяется, так называемым, реактивным материалам (Reactive Material – RM) и в особенности высокоплотным RM (HDRM). Цель данных исследований – поиск и отработка новых принципов усиления поражающего действия кинетических, кумулятивных, осколочных и других типов боеприпасов за счет включения в их конструкцию композиционных реакционно-способных материалов – RM, в которых при высокоинтенсивной деформации или ударно-волновом воздействии может быть инициирована экзотермическая механо-химическая реакция с дополнительным энерговыделением. Сделан вывод о том, что применение высокоплотных RM – качественно новое направления развития средств поражения, в перспективе позволяющие решать широкий спектр задач – от увеличения могущества и эффективности действия боеприпасов до повышения их безопасности и надежности, а также позволяющее усиливать или ослаблять (локализовать) действие поражающих факторов.

высокоплотные реактивные материалы; металл-фторопластовые композиции; механо-химические реакции; высокоскоростной удар; поражающее действие

### **About the abroad development research of new "High-Density Reactive Materials" and its appliance in high-lethality ammunition**

*N.A.Imkhovik, V.V.Selivanov, A.K.Simonov,  
A.I.Sergeeva, V.B.Yashin*

Large-scale research programs carried out since the late 1990s, to develop new high-density energy materials, among which the greatest attention is paid to so-called Reactive Materials (RM), and particularly to High-Density RM (HDRM), were reviewed. The purpose of this research is searching and development of new principles of the lethality increase of kinetic, cumulative, shrapnel and other types of ammunition by including the reactive composite materials (RM) in their design, whose shock or high intensity deformation could initiate mechanochemical exothermic reaction with the additional energy release. It is concluded that the appliance of high-density RM is an entirely new direction in the ammunition development in the future that address a wide range of tasks – from increasing the power and efficiency of the ammunition to improve their safety and security, as well as allowing to strengthen or weaken (locate) the effect of damaging factors.

high density reactive materials; metal-PTFE compositions; mechanochemical reactions; high velocity impact; lethality

### **Автоматизированная информационно-расчетная система для прогнозирования характеристик уязвимости летательных аппаратов**

*Н.Ю.Комраков, С.Ю. Коростелев*

Статья посвящена обоснованию необходимости разработки автоматизированной информационно-расчетной системы для прогнозирования характеристик уязвимости летательных аппаратов к действию поражающих факторов боеприпасов. Приведены структура и принципы построения автоматизированной информационно-расчетной системы.

уязвимость; летательный аппарат; прогнозирование; автоматизация; моделирование; база данных; база знаний

### **The automated information calculating system for Forecasting of characteristics of vulnerability of flying machines**

*N.J.Komrakov, S.J. Korostelyov*

Article is devoted a substantiation of necessity of working out of the automated information calculating system for forecasting of characteristics of vulnerability of flying machines to action of knocking factors of ammunition. The structure and principles of construction of the automated information calculating system are resulted.

vulnerability; flying machine; forecasting; automation; modelling; database; knowledge base

### **Технология автоматизированной оценки эффективности боеприпасов дистанционного действия при проведении их наземных испытаний**

*С.М.Мужичек, М.А.Корзун,  
И.А.Новиков, В.В.Ефанов*

Предложена технология испытаний, которая позволяет в автоматизированном режиме определить законы распределения поражающих элементов поля поражения боеприпаса по форме, массе, направлениям и скорости разлета, общее число поражающих элементов, величину интегральной характеристики эффективности поражающего действия боеприпаса дистанционного действия для исследуемого объекта.

наземные испытания; законы распределения осколочного поля боеприпасов; показатели поражающего действия боеприпасов; эффективность поражающего действия боеприпасов

### **Technology of the automated assessment of efficiency of ammunition of remote action when carrying out their land tests**

*S.M.Muzhichek, M.A.Korzun,  
I.A.Novikov, V.V.Efanov*

Technology of test who allow to determine, in the automated mode laws of distribution by striking elements of a field of defeat of ammunition a form, weight, the directions and the dispersion speed, total of striking elements, the size the integrated characteristic of efficiency striking action of ammunition of remote action for studied object.

land tests; laws of distribution of a fragmental field of ammunition; indicators of striking action of ammunition; efficiency of striking action of ammunition

**Постановка задачи обоснования рациональной степени радикальности инноваций при разработке образцов вооружения и военной техники**

*С.Ф.Викулов, Н.В.Фиров*

Рассмотрены постановки задачи обоснования степени радикальности инноваций, реализация которой при создании образцов вооружения и военной техники обеспечит рациональное использование ресурсов, выделяемых на техническое оснащение ВС РФ. Приведенные постановки задачи могут быть положены в основу формализации идентичных задач в гражданском секторе экономики, а их решение позволит выявить отдельные важные закономерности инновационных процессов.

инновации; степень радикальности инноваций; функция спроса; множество; критерий; ограничения

**Statement of the problem of radicalism innovation for weapons and military equipment rational justification degree**

*S.F.Viculov, N.V.Firov*

Formulation of the problem considered justify raising radical innovation, the implementation of which to create models of weapons and military equipment ensure the rational use of

resources allocated to the technical equipment of the Armed Forces. The above formulation of the problem may be the basis for the formalization of identical tasks in the civilian sector of the economy, and their decision will reveal some important patterns of innovation processes.

innovation; degree of radical innovation; demand function; set; criterion; restrictions

**Прогнозирование в военном строительстве: достоверность финансово-экономических прогнозов**

*Г.Н.Анищенко, Е.В.Анищенко*

Важной проблемой военного строительства, наряду с прогнозированием технического развития систем, средств и комплексов военного назначения, выступает и комплекс вопросов формирования финансово-экономических прогнозов в военном деле. В статье рассматриваются теоретические и методические вопросы оценки достоверности экономических прогнозов военного строительства.

военное строительство; система; прогнозирование; достоверность; статистические оценки

**Foresight in military construction: the accuracy of the financial and economic forecasts**

*G.N.Anischenko, E.V.Anischenko*

An important problem of military construction, along with the technical development of forecasting, means and facilities for military purposes, and serves a range of issues of formation of financial and economic forecasts in the military. The article examines the theoretical and methodological issues for evaluating the reliability of economic forecasts of military construction.

military construction; system; forecasting; reliability; statistical estimates

## 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;

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством;

08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит;

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](mailto: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 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, содержа-

щих 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. Библиографи-

ческая 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).

Кроме того, к рукописи прилагается документ об оплате рецензирования статьи (см. Порядок рецензирования рукописей) либо справка учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, где автор проходит обучение по очной форме (для аспирантов).

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 и научно-редакционного совета 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 (г. Москва, Чукотский проезд д. 10) 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 опубликование статей не взимается со следующих категорий авторов:

аспирантов, обучающихся по очной форме (для подтверждения статуса аспиранта автор представляет справку учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, где он проходит обучение);

сотрудников 46 ЦНИИ Минобороны России, Российской академии ракетных и артил-

лерийских наук, Академии проблем военной экономики и финансов.

4. В течение четырех рабочих дней с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил представления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирование 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 двух недель с момента поступления к нему рукописи. Если по объективным причинам рецензент не в состоянии провести экспертную оценку рукописи в установленный срок, он должен сообщить об этом главному редактору (заместителю главного редактора). Главный редактор (заместитель главного редактора) в этом случае вправе продлить срок рецензирования работы либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

6. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (не является экспертом по проблематике представленной статьи, сам ведет исследования по аналогичной проблематике, является соавтором лица, представившего рукопись, по научным работам и т.п.), он в течение двух рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

7. Отрицательная (т. е. не содержащая вывода о целесообразности опубликования статьи) рецензия высылается автору (авторам) рукописей на указанный ими адрес электронной почты без указания лица, проводившего рецензирование. Положительные рецензии направляются авторам по их просьбе.

При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

Рецензии представляются редакцией по запросам экспертных советов в Высшую аттестационную комиссию Минобрнауки России.

8. Автор, не согласный с рецензией, вправе в недельный срок с момента высылки ему рецензии представить свои возражения по ее содержанию.

9. 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. 8 настоящего Порядка.

10. В случае отказа в публикации редакция направляет автору мотивированный отказ.

11. 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 <sup>*)</sup>	
Ученое звание <sup>*)</sup>	
Место работы	
Должность	
Контактный телефон	
Адрес электронной почты	
Дополнительная информация <sup>**)</sup>	

<sup>\*)</sup> При наличии.

<sup>\*\*)</sup> 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>.