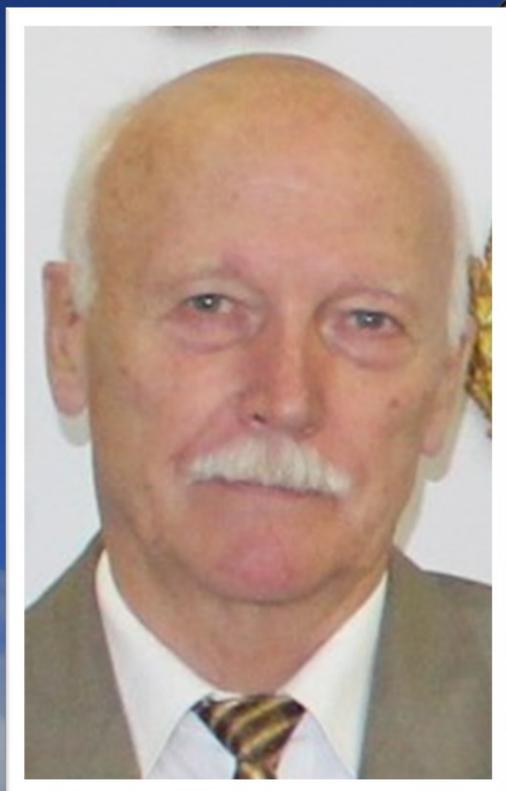


2021
№3(57)



*Редколлегия журнала
поздравляет
с 75-летним Юбилеем*

**БУРАВЛЁВА
Александра
Ивановича**

**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>	<h2 style="margin: 0;">Вооружение и экономика</h2> <h3 style="margin: 0;">№3(57) / 2021</h3> <p style="margin: 0;"><i>электронный научный журнал</i></p> <p style="margin: 0;">http://www.viek.ru</p>
	<h3 style="margin: 0;">Содержание</h3>
<p><i>Издается с 2008 года</i></p> <p>Журнал «Вооружение и экономика» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук</p> <p style="text-align: center;">Свидетельство о регистрации СМИ от 7 декабря 2012 г. № ФС77-52083</p> <p style="text-align: center;">ISSN 2071-0151</p> <p>Издатель: Российская академия ракетных и артиллерийских наук: 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3</p> <p style="text-align: center;">rk@viek.ru</p>	<h3 style="text-align: center; margin: 0;">ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА</h3> <p>Буренок В.М. Межведомственные комплексные целевые программы как механизм управления развитием системы вооружения..... 5</p> <p>Дурнев Р.А., Свиридок Е.В. Система стратегического неядерного сдерживания: экспертный подход к обоснованию..... 12</p> <p>Реулов Р.В., Стукалин С.В., Пронин А.Ю. Организационно-методический подход к формированию Перечня приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2033 года 26</p> <p>Афанасьев А.С., Матюхин Д.В. Реалии современного пути развития военной радиоэлектроники 35</p> <p>Буравлев А.И., Еланцев Г.А. Вероятностные модели управления жизненным циклом вооружения и военной техники..... 45</p> <p>Безденежных С.И., Брайткрайц С.Г. Адаптивное управление требованиями в системе управления жизненным циклом продукции военного назначения..... 66</p>

<p>Главный редактор В.М. Буренок</p> <p>Редакционная коллегия</p> <p>А.А. Александров</p> <p>О.Б. Ачасов</p> <p>А.В. Быстров</p> <p>С.Ф. Викулов (зам. гл. ред.)</p> <p>В.Л. Гладышевский</p> <p>Г.И. Горчица</p> <p>В.А. Горшков</p> <p>В.М. Кашин</p> <p>А.А. Кокошин</p> <p>Г.А. Лавринов (зам. гл. ред.)</p> <p>А.В. Леонов</p> <p>Ю.М. Михайлов</p> <p>А.А. Рахманов</p> <p>Е.Ю. Хрусталеv</p> <p>Д.В. Худяков (зам. гл. ред. – уч. секр.)</p> <p>А.А. Цельковских</p> <p>Оформление, верстка Д.В. Худяков</p> <p>Редактор Т.М. Молчанова</p> <p>Перевод О.В. Криворучко</p>	<p>Чуев В.Ю., Дубоград И.В., Маркелов Е.Б. Выбор оптимальной тактики отражения атаки разнотипных боевых единиц..... 78</p> <p>Клещевников Г.М., Макаренко А.А. Экспериментальная методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений .. 88</p> <p>Ачкин А.А., Чернышева Г.Н., Елизаров А.В. Система показателей для оценки эффективности деятельности инженерно-авиационной службы авиационных полков..... 101</p> <p style="text-align: center;">ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА</p> <p>Буроменский Н.Г., Гончаров С.Ю., Мгебрян О.Р. Методический подход к оценке степени технологической обеспеченности предприятий – изготовителей изделий электронной техники военного назначения 112</p> <p><i>Аннотации и ключевые слова / Abstracts and key words</i>..... 124</p> <p style="text-align: center;">Дополнительные материалы</p> <p><i>Правила предоставления авторами рукописей</i> 132</p> <p><i>Порядок рецензирования рукописей</i>..... 134</p> <p><i>Карточка статьи</i> 135</p> <p><i>Карточка автора</i>..... 135</p> <p><i>Особенности распространения журнала</i>..... 135</p> <p><i>Сведения о членах редакционной коллегии</i> 136</p>
--	---

ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

УДК 355/359

В.М. БУРЕНОК, доктор
технических наук, профессор

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ ЦЕЛЕВЫЕ ПРОГРАММЫ КАК МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ СИСТЕМЫ ВООРУЖЕНИЯ

В статье рассматривается проблема формирования межведомственных целевых программ. Показано ее место и роль при формировании и реализации государственных программ в области обороны и безопасности. Обосновываются предложения по объекту МКЦП, порядку разработки и управления разработкой и реализацией.

Ключевые слова: межведомственная комплексная целевая программа; государственная программа; система вооружения.

Управление развитием системы вооружения регулируется рядом государственных программ, основной из которых является Государственная программа вооружения (ГПВ). Для того, чтобы гарантированно обеспечить выполнение предусмотренных ею мероприятий, одновременно с ГПВ формируются и другие программы, которые призваны обеспечить создание необходимого технического и технологического потенциала предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК), создание научно-технического задела (НТЗ), необходимого для разработки и производства вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), за счет проведения фундаментальных и поисковых исследований учреждениями Российской академии науки и высшей школы. Причем мероприятия всех этих программ должны быть согласованы между собой по сроками и содержанию для того, чтобы и НТЗ, и потенциал предприятий ОПК в нужное время, с необходимым качеством и в требуемом количестве обеспечил создание образцов ВВСТ, предусмотренных ГПВ. Важнейшей программой оборонной направленности наряду с ГПВ является Государственная программа развития оборонно-промышленного комплекса (ГП ОПК), мероприятия которой и должны обеспечить разработку и производство предусмотренных ГПВ образцов ВВСТ. В рамках этой же программы (в виде отдельных подпрограмм) финансируется и создание НТЗ.

Механизмом, способным обеспечить сбалансированное формирование всех программ, может стать межведомственная комплексная целевая программа (МКЦП), призванная согласовать параметры указанных программ таким образом, чтобы при минимальных затратах ресурсов, выделяемых на реализацию каждой из них, обеспечить достижение целей ГПВ за счет рационального выполнения мероприятий государственной программы развития ОПК (ГП ОПК) и программ создания НТЗ. То есть МКЦП – это программа, объединяющая мероприятия всех программ, нацеленных на создание ВВСТ, включая мероприятия не только ГПВ, но и ГП ОПК, и других программ, так или иначе обеспечивающих создание конечного продукта – образцов ВВСТ с необходимым качеством и в необходимом количестве в требуемые сроки. МКЦП может (и должна) охватывать мероприятия, нацеленные на развитие не системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации в целом, а систем вооружения видов Вооруженных Сил, родов войск и специальных войск. Рядом специалистов предлагается формирование МКЦП по важнейшим образцам ВВСТ. Характерным примером может быть формирование МКЦП по перспективным авиационным комплексам (ПАК).

Такое ограничение размеров объекта управления позволит более детально проработать весь тот перечень научных и организационных задач, которые необходимо будет при этом решить. Таким образом, целью разработки МКЦП должна быть взаимная увязка и взаимное согласование по содержанию и срокам мероприятий, включаемых в различные государственные и ведомственные программы, реализуемые в интересах создания образцов и комплексов ВВСТ, обладающих требуемыми характеристиками, производимых в необходимом количестве и в заданные сроки.

Целесообразно еще раз уточнить объект управления МКЦП. Это может быть крупный, сложный проект создания образца вооружения, как упомянутый ПАК или корабль Военно-морского флота. Однако для Сухопутных войск такой подход представляется недостаточным. Части и подразделения воюют не отдельными образцами, а комплектом вооружения, включающий разведывательные, ударные и обеспечивающие образцы ВВСТ. Эффективность отдельных образцов не может служить оценкой эффективности подразделения или части в целом. При-

меров того, как высокие значения характеристик ударных средств Сухопутных войск нивелируются слабыми возможностями средств разведки, автоматизации управления и целеуказания достаточно много. Только согласованное (сбалансированное развитие) возможностей (тактико-технических характеристик) каждого из типов ВВСТ позволит создать комплект вооружения, обладающий требуемой эффективностью в ходе выполнения задач при минимальных затратах (или максимизировать эффективность при заданных затратах). Это и будет служить критерием оценки качества МКЦП.

При формировании, уточнении и реализации МКЦП целесообразно полагаться не только на экспертные возможности дирекции или МРГ. Необходима и соответствующая методическая база: методы и методики оценки эффективности ПАК, корабля, подразделения или части Сухопутных войск, а также корректная критериальная база. Методическая база должна обеспечить оценку эффективности боевых действий части или подразделения при различных вариантах реализации МКЦП. Применительно к Сухопутным войскам – это известные методы и программно-технические комплексы [1].

Однако до настоящего времени никакими нормативными актами разработка МКЦП не предусмотрена, положение о порядке ее разработки и содержании отсутствует. Единственным документом, определяющим порядок формирования близкого по содержанию к МКЦП документа, является постановление Правительства Российской Федерации от 19 апреля 2005 г. № 239 «Об утверждении Положения о разработке, утверждении и реализации ведомственных целевых программ»¹.

Указанным документом определено, что «ведомственная целевая программа является документом, содержащим целевые индикаторы и комплекс скоординированных мероприятий, направленных на достижение целей государственной программы, в случае если ведомственная целевая программа реализуется в рамках государственной программы». Из этого следует, что ведомственная целевая программа (ВЦП) – это составная часть государственной программы, объединяющая и детализирующая мероприятия последней.

¹ В редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 24 мая 2010 г. № 365, от 06 апреля 2011 г. № 252, от 25 апреля 2012 г. № 394, от 08 апреля 2013 г. № 314, от 22 ноября 2013 г. № 1056, от 26 декабря 2014 г. № 1505, от 03 апреля 2015 г. № 320, от 23 февраля 2018 г. № 196, от 25 сентября 2018 г. № 1138, от 10 октября 2020 г. № 1646.

Как уже было сказано и это следует подчеркнуть, МКЦП в силу включения в нее мероприятий, реализуемых за счет бюджетов различных федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ), не может быть нормативным актом, в рамках которого утверждаются ресурсные показатели различных государственных и ведомственных программ. Она может быть исключительно механизмом координации действий ФОИВ в интересах рационального использования выделяемым им финансовых средств. То есть «Положение о разработке, утверждении и реализации ведомственных целевых программ» хотя и может быть взято за основу при разработке положения об МКЦП, но в своем ключевом понимании – нормативного закрепления объемов ресурсного обеспечения и обязательного исполнения мероприятий программы - радикально отличается.

Из этого следует, что основными задачами МКЦП должны являться [2]: обоснование и установление взаимоувязанных приоритетов государственных и ведомственных программ, нацеленных на развитие образцов ВВСТ, создание научно-технического и производственно-технологического заделов;

оптимизация состава и содержания планируемых (выполняемых) мероприятий государственных и ведомственных целевых программ;

научно-методическая и нормативная правовая регламентация механизма взаимной увязки программных мероприятий;

концентрация научных, финансовых и материальных ресурсов на приоритетных направлениях развития системы вооружения и оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации.

Формально согласование такого рода государственных и ведомственных программ предусмотрено в ходе их формирования (устанавливаемыми разрабатываемыми и утверждаемыми в установленном порядке соответствующими Едиными методическими материалами), когда в виде исходных данных информация о содержании ГПВ передается разработчикам ГП ОПК и программ создания НТЗ (последние, как правило, являются составной частью ГП ОПК). Однако при этом есть один существенный недостаток – оперативное изменение содержания мероприятий ГПВ очень сложно столь же оперативно отобразить на содержании мероприятий ГП ОПК.

Возникает еще один вопрос – что должно идти впереди – разработка МКЦП или формирование перечня мероприятий ГПВ и в соответствии с ними – формирование перечня мероприятий ГП ОПК? Некоторые специалисты придерживаются того мнения, что МКЦП должна предшествовать разработке мероприятий ГПВ и ГП ОПК, являясь своего рода предтечей последних. При этом этими специалистами зачастую декларируется подход к разработке МКЦП как ничем не ограничиваемой (особенно по ресурсам) программе. То есть в этом случае она (МКЦП) должна создаваться по принципу – ограничений по ресурсам не должно быть, то есть МКЦП – это программа, нацеленная на полную реализацию всех мероприятий технического, технологического и научного плана, позволяющих достичь в полном объеме целей, заданных различными законодательными, нормативными и другими документами. Понятно, что это ошибочный подход. Ошибочность его заключается в том, что в таком виде МКЦП сложно использовать при разработке ГПВ и ГП ОПК, которые всегда разрабатываются в условиях дефицита ресурсов. Тогда какие же принципы должны быть положены в основу разработки МКЦП?

Их должно быть несколько и основными, как представляется, должны быть следующие:

1. Реалистичность. Мероприятия МКЦП должны формироваться исходя из возможностей государства по финансированию и ресурсному обеспечению реализации мероприятий всех программ.

2. Многовариантность как условие достижения реалистичности. Мероприятия МКЦП должны формироваться исходя из различных объемов финансирования. Один из них может быть полный, то есть не ограниченный по ресурсам как представление об объемах ресурсов, требующихся для достижения некоего идеального состояния системы вооружения. Второй – это пролонгация объемов финансирования, предусмотренных действующих ГПВ и ГП ОПК. Третий – некий критичный вариант, объемы финансирования которого позволят сохранить существующую структуру системы вооружения, но не обеспечат ее развитие в соответствии с мировыми тенденциями.

3. Управляемость. Должен существовать орган (дирекция МКЦП или межведомственная рабочая группа - МРГ), обеспечивающий квали-

фицированное уточнение перечня и содержания мероприятий всех программ, которые включаются в МКЦП, в целях минимизации потери эффективности системы вооружения в случае недостатка ресурсов. В состав дирекции должны входить лица, принимающие решения по содержанию мероприятий всех программ, охватываемых МКЦП.

4. Обоснованность. Изменение перечня и содержания программных мероприятий МКЦП должны основываться на максимизации эффективности системы вооружения, которая должна быть создана в результате их реализации. Этот принцип должен предусматривать разработку правил поведения дирекции МКЦП (правил принятия ими решений), обеспечивающих выбор приоритетов в развитии подсистем и образцов ВВСТ в случае недостатка или сокращения объемов выделяемых ресурсов. В свою очередь эти правила должны основываться на результатах моделирования боевых действий с применением рассматриваемой системы вооружения.

5. Согласованность. Мероприятия МКЦП должны быть распределены по времени таким образом, чтобы НТЗ для разработки образцов ВВСТ был создан ко времени начала опытно-конструкторских работ по их созданию, а технический и технологический задел предприятий ОПК – ко времени начала производства этих образцов.

МКЦП должна разрабатываться не только как механизм обоснования ГПВ и ГП ОПК, но и как механизм управления реализацией этих программ на этапе разработки и исполнения государственных оборонных заказов (ГОЗ). Что имеется в виду? Реальное исполнение государственных программ в процессе реализации государственных оборонных заказов показывает, что не всегда показатели первых достигаются по итогам исполнения вторых. Следовательно, ежегодно должны уточняться содержание и сроки мероприятий, включаемых в ГОЗ. Например, нет необходимости обеспечивать ранее заданные сроки создания технического и технологического задела предприятий ОПК, если сроки разработки образца ВВСТ сдвигаются «вправо». И наоборот, если к заданному сроку не удастся сформировать необходимый для разработки образца НТЗ, то невозможно требовать от конструкторского бюро выдерживать первоначально установленные сроки завершения ОКР. В этом случае дирекция МКЦП может и должна давать рекомендации по уточ-

нению сроков выполнения мероприятий ГПВ и ГП ОПК и, соответственно, объемов их финансирования. Такие полномочия дирекции МКЦП должны быть установлены в положении и разработке и реализации МКЦП.

В силу своего межведомственного характера наиболее сложной проблемой будет согласование и утверждение МКЦП. Если пойти по пути согласования и утверждения ее всеми заинтересованными ФОИВ, можно ожидать фактически трудно преодолимых и неприемлемых по срокам исполнения бюрократических процедур. Поэтому следует закрепить в положении об МКЦП рекомендательный характер этой программы, формируемой исключительно дирекцией МКЦП и утверждаемой Коллегией Военно-промышленной комиссии Российской Федерации на основании докладов членов дирекции, представляющих интересы каждого ФОИВ, участвующего в реализации мероприятий государственных и ведомственных программ, охватываемых МКЦП. При наличии разногласий у членов дирекции Коллегия ВПК в своем решении об утверждении МКЦП должна только лишь предлагать мероприятия по их преодолению, не требуя обязательного согласования содержания программы федеральными органами исполнительной власти и ведомствами, участвующими в ее формировании.

Таким образом, МКЦП может быть действенным механизмом обеспечения формирования и реализации ГПВ и ГП ОПК. Разработка МКЦП должна предшествовать разработке указанных государственных программ и осуществляться на принципах и методах программно-целевого планирования. МКЦП целесообразно разрабатывать как инструмент обеспечения формирования согласованных по времени и содержанию предложений в государственные программы.

Список использованных источников

1. Горчица Г.И., Ищук В.А. и др. Развитие систем компьютерного моделирования боевых действий с использованием полномасштабных технологий формирования виртуальной реальности // Известия РАН. 2017. №1(96). С. 3-8.
2. Алфимов С.М., Горбунов В.В., Лясковский В.Л. Методика формирования межведомственной координационной программы фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области обороны и обеспечения безопасности государства // Вооружение и экономика. 2017. №1(38). С. 4-11.

УДК 355/359

Р.А. ДУРНЕВ, доктор технических наук, доцент

Е.В. СВИРИДОК, кандидат технических наук

СИСТЕМА СТРАТЕГИЧЕСКОГО НЕЯДЕРНОГО СДЕРЖИВАНИЯ: ЭКСПЕРТНЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ

Предложен экспертный подход к обоснованию системы стратегического неядерного сдерживания, основанный на теории нечетких множеств (ТНМ) и искусственных нейросетях. ТНМ позволит сформировать базу знаний экспертов на основе формальной информации предметной области, их опыта, интуиции, здравого смысла. Нейросети необходимы для уточнения функции принадлежности и импликаций (правил) ТНМ.

Ключевые слова: стратегическое сдерживание; неядерное сдерживание; средства воздействия; объекты воздействия; ущерб и потери.

Современный этап развития человеческой цивилизации характеризуется формированием многополярной модели мироустройства и сопровождается ростом нестабильности как на региональном, так и на глобальном уровнях¹. Обостряются противоречия, связанные с неравномерностью мирового развития, углублением разрыва между уровнями благосостояния стран, борьбой за ресурсы, доступом к рынкам сбыта, контролем над транспортными артериями. Все это способствует повышению роли силовых аспектов разрешения проблем и требует совершенствования системы стратегического сдерживания (СС) военных конфликтов, что реализуется в настоящее время, в основном, путем поддержания потенциала ядерного оружия на достаточном уровне.

Однако, как показывает анализ боевых действий за последние 30 лет, наличие ядерного оружия перестало играть существенную сдерживающую роль при возникновении войн. Очевидно, что по своей сути механизм ядерного сдерживания является неэффективным для предотвращения военных конфликтов и войн, особенно малой и средней ин-

¹ Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. №683 «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации».

тенсивности, в силу высокой цены решения на применение ядерного оружия. Кроме того, отсутствие «промежуточного этапа» между мирным временем и ядерной войной является весьма нежелательным фактором, поскольку не оставляет сторонам времени на принятие взвешенного решения [1].

В истории имеются примеры деэскалации и прекращения войн и военных конфликтов под угрозой вмешательства в них крупных сил общего назначения третьих стран, оснащенных обычными средствами поражения, т.е. неядерного сдерживания (арабо-израильские конфликты 1954, 1967, 1973 годов и другие). Они способствовали осознанию того факта, что применение неядерных средств в настоящий момент является важнейшим компонентом системы стратегического сдерживания.

Очевидно, что для нашей страны в настоящее время еще пока неправомерно прямая постановка задачи поддержания стратегического неядерного равновесия с наиболее мощными военными державами, тем более с коалициями государств по всем основным компонентам системы обычных вооружений. Кроме того, система средств неядерного сдерживания (система СНЯС) еще в большей мере, чем система ядерного сдерживания, зависит от развития соответствующей информационной инфраструктуры – высоко интегрированных средств разведки, целеуказания, навигации, уровень развития которой еще недостаточен.

Поэтому при обосновании системы СНЯС необходимо учитывать такой важнейший фактор, как рост зависимости цивилизованного общества от своей «второй» природы, т.н. «антропогенной оболочки» (городов и населенных пунктов, объектов жизнеобеспечения и управления и т.п.). Мало того, что при разрушении элементов данной «оболочки» уменьшается экономическая мощь страны и ухудшается качество жизни людей. К необратимым последствиям будет приводить и возникновение паники среди населения, резкое ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки. А принципиальная невозможность проведения массовой эвакуации с урбанизированных территорий, невозможность размещения огромного количества городских жителей вне городов, обеспечения их жизненно важных потребностей в загородной зоне приведет к социально-экономическому коллапсу в стране.

Кроме того, ущерб от поражения экономических объектов будет связан с возникновением вторичных поражающих факторов (ПФ), нега-

тивно влияющих на территорию страны, личный состав, образцы вооружения, военной и специальной техники, окружающую среду. Особенно это характерно для потенциально опасных химических, радиационных, гидротехнических и других объектов, при разрушении которых возникают облака токсичных веществ, радиоактивное загрязнение местности, гигантские волны прорыва и другие ПФ.

При обосновании системы СНЯС могут приниматься следующие предпосылки и допущения:

1. С точки зрения системного анализа [2] СНЯС наряду со средствами ядерного сдерживания (СЯС) является подсистемой СС. Поэтому оценка военно-экономической эффективности СНЯС должна выполняться с учетом её вклада в действенность общей системы стратегического сдерживания. Так, например, в случае принятия новых международных актов по дальнейшему ограничению распространения ядерного оружия потеря эффективности стратегического сдерживания должна компенсироваться, в том числе усилением мощи СНЯС [3]. Однако такое системное представление значительно усложняет обоснование рассматриваемой системы в связи с необходимостью проведения многоэтапной иерархической оптимизации всей системы СС, одной из подсистем которой является СНЯС с её элементами. Кроме того, на начальном этапе проведения исследований в условиях значительной неопределенности исходных данных представляется бессмысленным применять точные методы оптимизации и «вносить определенность в те ситуации, где ее в действительности не существует» [4].

В этой связи вначале целесообразно проводить автономное обоснование системы СНЯС. При этом учет функций и структуры вышестоящей системы СС возможен с использованием пороговых критериев – при превышении порогов собственного ущерба или затрат ресурсов системы СНЯС без достижения требуемого результата необходимо использование потенциала всей системы стратегического сдерживания, включая СЯС.

2. В [1] рассматриваются следующие концепции неядерного сдерживания:

- демонстрационных ударов;
- противоценностного сдерживания;
- контрсилового сдерживания.

Концепция демонстрационных неядерных ударов может реализовываться на всех этапах военного конфликта и предусматривать проведение учений, перевод группировки сил на штаты военного времени, присутствие сил флота в оперативно важных районах, развертывание войск прикрытия государственной границы, проведение маневров (учений) в приграничных районах, демонстрационные удары по отдельным целям и др.

Концепция противоценностного неядерного сдерживания предусматривает поражение отдельных жизненно важных групп объектов и отраслей экономики противника с нанесением ущерба, сопоставимого с результатами ограниченных ядерных ударов.

Сущность концепции контрсилового сдерживания в том, что она позволяет решать задачу прямого пресечения агрессии путем сосредоточения основных ударных усилий на поражении, главным образом, военных объектов и решении ключевых задач операций в борьбе, в первую очередь, за стратегическую инициативу.

Помимо указанных концепций в условиях развития информационных, в том числе кибернетических, войн [5] возможно рассмотреть информационное устрашение, целью которого является влияние на принятие решений высшим военно-политическим руководством стран, формирование негативного общественного мнения на развязывание агрессии. К этой же концепции относится и «умная дезинформация» противника, осуществляемая, например, показом ему ложных признаков каких-либо объектов, передачей ему специально мотивированной информации.

3. Для указанных концепций возможно рассмотрение следующих этапов развязывания военной агрессии [6]:

повседневное противостояние стран в рамках политики стратегического сдерживания (повседневное противостояние);

рост напряженности повседневного противостояния, например, при возникновении конфликта интересов в экономических сферах (рост напряженности);

эскалация военной угрозы, связанная с перебазированием и рассредоточением сил и средств воздушно-космической обороны, флота и др., выходом войск из пунктов постоянной дислокации, переводом группировки сил в высшие степени боевой готовности и т.п. (эскалация угрозы);

начало агрессии, связанное с нарушением государственных границ, территориальных вод, нападением (в том числе с использованием

иррегулярных формирований) на контингенты войск за пределами страны (начало агрессии);

наращивание агрессии, обусловливаемое переходом от локального к региональному и более высоким уровням (наращивание агрессии).

4. При реализации рассматриваемых концепций неядерного сдерживания осуществляется информационное, огневое и др. воздействие на различные объекты противника, такие как:

военные объекты, включая комплексы и образцы вооружения, живую силу (подразделения в пунктах дислокации, на марше и т.п.), пункты военного управления, обеспечения (аэродромы, склады, базы и пр.), обслуживания (ремонтные базы, арсеналы и т.п.), объекты, производящие продукцию военного назначения (ПВН) и др.;

социально-экономические объекты, включая такие критически-важные объекты (КВО), как пункты государственного и регионального управления, информационно-телекоммуникационные комплексы, предприятия и организации, выпускающие ПВН в военное время, потенциально-опасные объекты (ПОО), разрушение которых приведет к масштабным вторичным поражающим факторам, мосты, железные дороги, автомобильные дороги и т.п.;

отдельные лица и органы управления, принимающие решения на эскалацию военных угроз, развязывание агрессии, применение механизмов государственного устрашения и т.п.;

группы населения, формирующие общественное мнение и воздействующие на вышеуказанных лиц, органы управления.

5. Для рассматриваемых концепций неядерного сдерживания возможно использование следующих средств [7]:

в рамках концепции информационного устрашения – применение всего того, что укладывается в крайне размытое понятие «средства массовой информации», перспективные «средства массовой дезинформации» (в целом – средства информационных войн), средства кибернетических войн (в основном, электронной борьбы за управление ресурсами);

в рамках демонстрационной и противоценностной концепции – средства кибернетических войн;

в рамках контрсиловой, частично демонстрационной и противоценностной концепций – применение обычных (в том числе перспективных) вооружений;

в рамках контрсилового концепции – применение обычных вооружений, а в ходе ведения локальных войн и участия в военных конфликтах – массовое применение автономных летальных систем вооружения (робототехнических комплексов), в том числе с нетрадиционным оружием (направленной энергии, нелетального и другого действия).

6. В связи с тем, что различные концепции реализуются на одних и тех же этапах развязывания военной агрессии, для них совпадают объекты воздействия и средства воздействия представляется маловероятным раздельное применение указанных концепций в реальных условиях стратегического сдерживания. Более целесообразно применение данных концепций и их отдельных элементов в комплексе. В этой связи представляется правомерным рассмотрение не самих концепций (абстрактных систем мероприятий), а мер стратегического сдерживания, последствия реализации которых будут связаны с различными видами и уровнями материального ущерба и людских потерь противника. Такими видами могут быть:

- морально-психологический ущерб;
- политический ущерб;
- материальный ущерб;
- потери личного состава вооруженных сил;
- потери населения.

В качестве уровней данных видов вначале могут приниматься следующие – отсутствие ущерба и потерь, незначительные ущерб и потери, средние и значительные ущерб и потери.

7. Указанные потери и ущерб могут реализовываться на различных этапах развязывания военной агрессии так, как показано на рисунке 1.

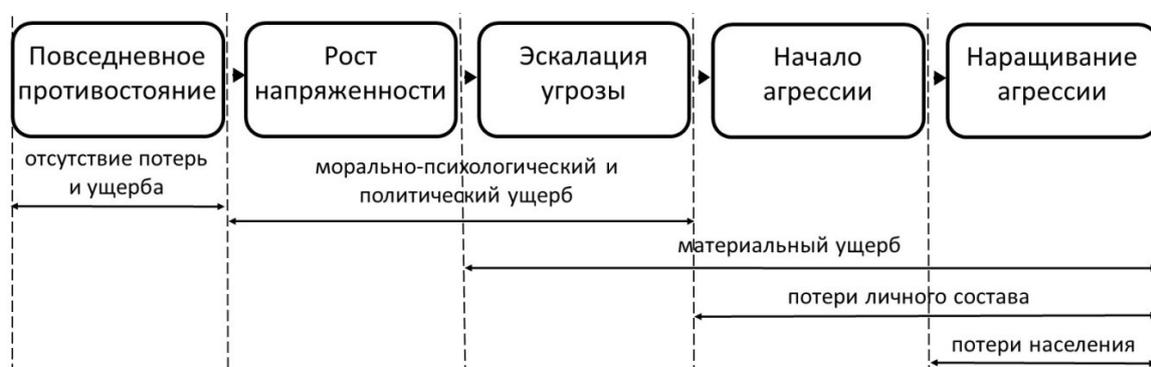


Рисунок 1 – Соотношение различных видов ущерба и потерь и этапов развязывания военной агрессии

Уровень ущерба и потерь будет расти при прохождении различных этапов развязывания военной агрессии, например, от незначительного морально-психологического и политического ущерба (для этапа «рост напряженности») до значительного (для этапа «эскалация угрозы») ущерба.

8. Очевидно, что меры, связанные с отсутствием прямых потерь и ущерба, могут реализовываться средствами информационных войн. Морально-психологический и политический ущерб может вызываться средствами информационных и кибернетических войн (например, временной принудительной остановкой технологических линий без критических нарушений производственного процесса), а также демонстрацией мощи вооруженных сил (проведением масштабных учений, приведением сил в повышенные степени готовности и т.д.). Материальный ущерб будет связан с критическими нарушениями производственных процессов путем кибернетического воздействия, применения обычных вооружений. К потерям личного состава и населения приведут меры, связанные с применением обычных вооружений, а также средств кибернетических войн (при нарушении производственных процессов, приводящих к образованию вторичных поражающих факторов).

9. Следует отметить, что практически всем категориям проблемы «стратегическое сдерживание» (этапам развязывания агрессии, концепциям неядерного сдерживания, объектам и средствам воздействия, видам и уровням ущербов и потерь и др.) принципиально присуща крайне высокая степень неопределенности, связанная с её геополитическим, социотехническим и морально-психологическим характером, особенно применительно к действиям противника. При этом противник может действовать как разумно, так и «псевдо-неразумно», рассчитывая на то, что разумные ходы поддаются прогнозу. Поэтому представляется не вполне корректным применение теории игр, в том числе рефлексивных, не говоря уже о дискретных играх с полной информацией.

Еще менее достоверные результаты будут получаться при построении различных детерминированных схем (блок-схем, схем-деревьев, сетевых графиков, планов мероприятий и т.п.). Ведь даже незначительное нарушение каких-либо четко определенных причин, признаков, посылов, исходных данных и т.п. будет приводить к «поломке» этих схем и, соответственно, к неадекватным мерам. При этом предусмотреть все многообразие исходных данных представляется принципиально невозможным.

Кроме того, отсутствие статистики в данной области в целом и нестатистический характер многих явлений и процессов стратегического сдерживания, в частности, делает невозможным применение вероятностных методов.

10. В этой связи целесообразно построение экспертных систем на основе методов искусственного интеллекта, включающих теорию нечётких множеств (ТНМ) [8] и искусственные нейросети (так называемые «гибридные модели» [9]). ТНМ необходима для формирования баз знаний экспертов, в которых должна быть заключена не только формальная информация предметной области, но и их опыт, интуиция, здравый смысл и т.п. Нейросети требуются для более точного (в процессе обучения) задания таких элементов ТНМ, как функций принадлежности и импликаций (правил) [8]. Обучение можно проводить на прецедентах обострения мировой и региональной политики, а также на опросах специалистов в области политико-экономических процессов разных стран (страноведов), их военного потенциала, тенденций развития военных и экономических альянсов и т.п.

11. Рассматриваемая экспертная система должна включать в себя различные уровни (рисунок 2), каждый из которых должен содержать функции принадлежности и импликации. Результаты «нечетких» расчетов нижестоящих уровней должны передаваться в качестве исходных данных для вышестоящих уровней (для формирования функций принадлежности и правил вышестоящего уровня).

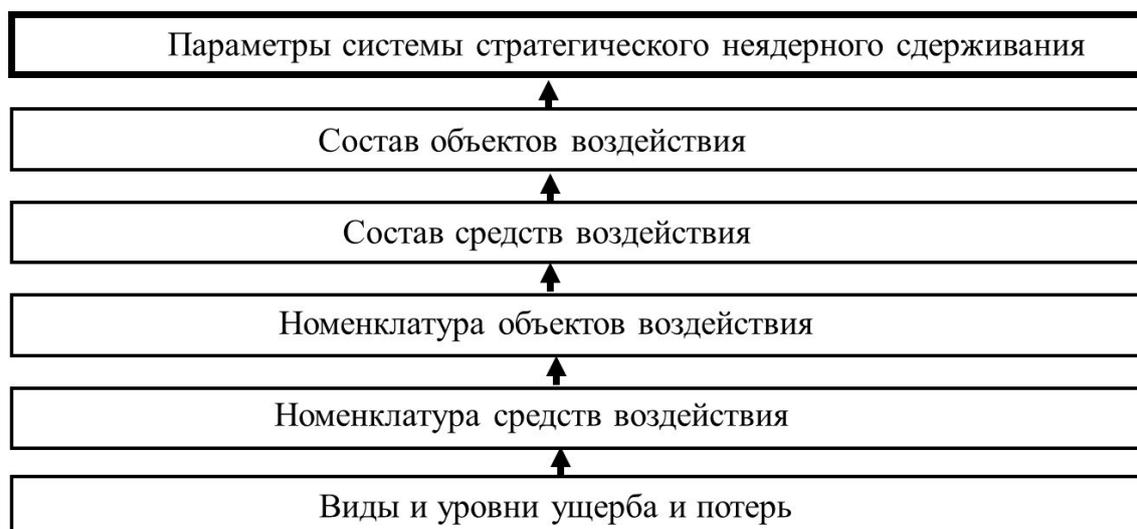


Рисунок 2 – Уровни экспертной системы

Указанная система может использоваться как оперативный инструмент для поддержки принятия решений в области СС, так и аппарат для формирования рациональной системы стратегического сдерживания, в том числе неядерного, выбора вариантов развития средств СНЯС.

12. ТНМ позволяет корректно использовать не только оценки, но и целые суждения (умозаключения, рекомендации и т.п.) экспертов о принадлежности тех или иных объектов (категорий, понятий, градаций и т.п.) различным множествам. Например, все множество различных причинно-следственных связей реализации этапов развязывания военной агрессии, носящих крайне неопределенный, размытый характер, возможно представить в виде некоторых признаков, формулируемых на численно-вербальном языке. Так для этапов «рост напряженности» и «эскалация угрозы» в качестве таких признаков возможно выбрать «уровень готовности сил противника» и «интенсивность заседаний международного органа безопасности». Для различных значений данных признаков, измеряемых, к примеру, количеством приведенных в полную боевую готовность структур противника и количеством заседаний международного органа безопасности в неделю, степень экспертной уверенности можно задать с помощью следующих функций принадлежности (μ) (рисунок 3):

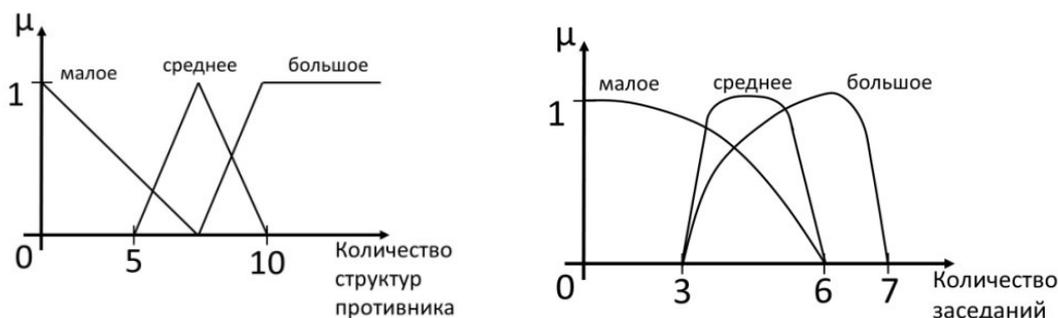


Рисунок 3 – Функции принадлежности понятий «уровень готовности сил противника» и «интенсивность заседаний международного органа безопасности»

Переход от функции принадлежности «уровень готовности сил противника» и «интенсивность заседаний международного органа безопасности» к определению конкретного этапа развязывания военной агрессии и соответствующим видам и уровням ущерба и потерь осуществляется с помощью логических импликаций (правил) вида: если (условие или антецедент) то (следствие или консеквент).

Применительно к решаемой задаче импликация перехода от «уровень готовности сил противника» и «интенсивность заседаний международного органа безопасности» к видам и уровням ущерба и потерь может иметь вид:

а) если («уровень готовности сил противника» = средний) и («интенсивность заседаний международного органа безопасности» = малая) то («незначительный морально-психологический и политический ущерб»);

б) если («уровень готовности сил противника» = средний) и («интенсивность заседаний международного органа безопасности» = большая) то («значительный морально-психологический и политический ущерб» и/или «незначительный материальный ущерб») и т.д.

На следующем этапе возможно определение функций принадлежности ущерба и потерь (рисунок 4), соответствующих импликаций и так далее от этапа к этапу.

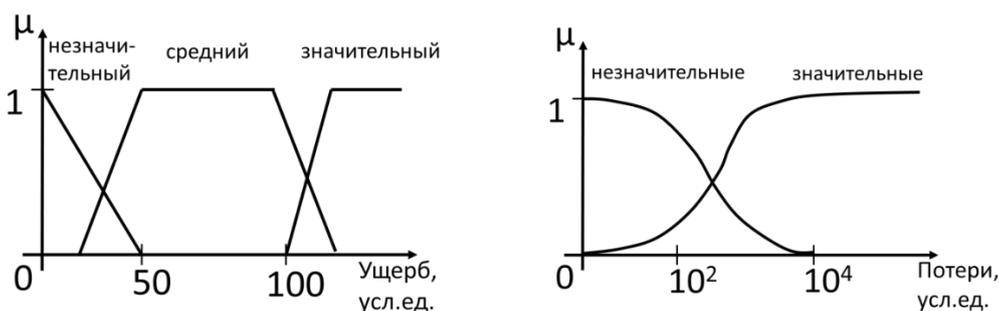


Рисунок 4 – Функции принадлежности понятий «материальный ущерб» (количество объектов воздействия, объемы разрушений и т.п.) и «потери» (безвозвратные, санитарные и др.)

13. Таким же «нечётким» образом можно определять номенклатуру объектов и средств воздействия. Для этого возможно использование морфологического подхода [10], в соответствии с которым выделяются все независимые переменные (свойства, части) системы, перечисляются возможные значения этих переменных и генерируются альтернативы путем перебора возможных сочетаний этих значений.

Для различных военных и социально-экономических объектов такими переменными могут быть подвижность, геометрические формы и размеры, защищенность и другие. Для лиц, принимающих решение, ими могут являться статус (уровень управления), независимость от политического окружения, поддержка населения и т.д. Пример морфологической таблицы для социально-экономических объектов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Морфологическая таблица социально-экономических объектов

Переменные	Значения переменных		
	подвижный	стационарный	
Подвижность	подвижный	стационарный	
Геометрическая форма	точечный	линейный	площадной
Структурная живучесть	малая (уничтожение малого количества элементов приводит к прекращению функционирования)	высокая (уничтожение малого количества элементов не приводит к прекращению функционирования)	
Защищенность	не защищен	защищен от попадания (в наличии средства ПВО, ПРО и т.п.)	защищен от повреждения (предусмотрены меры по защите оборудования, персонала)

Для данных объектов могут использоваться такие средства воздействия, как средства кибернетических войн, обычное вооружение. Морфологические таблицы типовых социально-экономических объектов для указанных средств воздействия показаны на рисунке 5.

а) для средств кибернетических войн:

Переменные	Значения переменных		
	подвижный	стационарный	
Подвижность	подвижный	стационарный	
Геометрическая форма	точечный	линейный	площадной
Структурная живучесть	малая	высокая	
Защищенность	не защищен	защищен от попадания	защищен от повреждения

б) *i*-го типа средств обычного вооружения:

Переменные	Значения переменных		
	подвижный	стационарный	
Подвижность	подвижный	стационарный	
Геометрическая форма	точечный	линейный	площадной
Структурная живучесть	малая	высокая	
Защищенность	не защищен	защищен от попадания	защищен от повреждения

Рисунок 5 – Морфологические таблицы типовых социально-экономических объектов для различных средств воздействия

При этом для переменных (первый столбец таблиц на рисунке 5) могут строиться следующие функции принадлежности с учетом практически любых значений этих переменных для всего многообразия реальных объектов:

«подвижность» (со значениями «есть», «нет»);
 «геометрическая форма» (со значениями, например, «точечный» от 0 до 10^4 м², «линейный» от 0 до 100 п.м., «площадной» от 10^4 м² и выше);
 «структурная живучесть» (со значениями «малая», когда потеря, к примеру, до 20% элементов приводит к прекращению функционирования объекта, «высокая» – при прекращении функционирования в связи с потерей более 20% элементов) и т.д.

Данные функции принадлежности в соответствии с рисунком 5 могут использоваться в импликациях вида:

если («подвижность» = «есть» или «нет») и («геометрическая форма» = «точечная») и («структурная живучесть» = «малая») и («защищенность» = «не защищен» или «защищен от попадания» или «защищен от повреждения») то «средства кибернетических войн» – рисунок 5а;

если («подвижность» = «есть») и («геометрическая форма» = «точечная» или «линейная» или «площадная») и («структурная живучесть» = «высокая») и («защищенность» = «не защищен» или «защищен от попадания») то «*i*-тый тип средств обычного вооружения» – рисунок 5б.

14. В дальнейшем для определения состава (количества различных видов) объектов и средств воздействия возможно провести кластерный анализ рассматриваемых объектов по определенным признакам – значениям независимых переменных. Для этого множество объектов поражения, например, социально-экономических объектов, по набору признаков, указанных в морфологических таблицах, разбивается на заданное или неизвестное число подмножеств (кластеров) с учетом расстояния между объектами. Под расстоянием понимается мера сходства, близости объектов между собой по рассматриваемым признакам. Она может определяться как расстояние между объектами по формуле [8]:

$$d_{ij} = (\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^r)^{1/r}, \quad (1)$$

где d_{ij} – расстояние между объектами i и j ;
 x_{ik} – значение k -й переменной для i -го объекта;
 x_{jk} – значение k -й переменной для j -го объекта;
 r – размерность метрического пространства.

Результатами кластерного анализа будут данные по распределению различных объектов (КВО, ПОО, мостов, дорог и т.п.) по классам в соответствии с наборами признаков (подвижность, геометрическая форма и др.). Это позволит определить количественный состав применяемых средств воздействия. В дальнейшем расчетный количественный состав средств воздействия может корректироваться с учетом:

реальных параметров объектов (например, для пространственно-разнесенных и некритичных к поражению отдельных элементов может потребоваться несколько средств воздействия);

важности самих объектов, их производственной кооперации (к примеру, поражение некоторых ключевых объектов экономики может привести к катастрофическому снижению значимости других, зависящих от них) и других факторов. При этом все указанные процедуры возможно применять в рамках ТНМ.

15. Топология системы СНЯС (пространственное расположение сил и средств) будет определяться характеристиками средств воздействия (дальность поражения, характеристики отражения и излучения и др.), а также характеристиками и пространственным расположением объектов воздействия, что также можно представить в виде функций принадлежности и базы правил, определяемых как экспертным, так и расчетным путем.

Таким образом, в связи с крайне высокой степенью неопределенности проблемы стратегического сдерживания, связанной с её геополитическим, социотехническим и морально-психологическим характером, невозможностью предсказания действий противника, осведомленного в том, что попытка таких предсказаний активно проводится, отсутствием статистики в данной области в целом и нестатистическим характером многих явлений и процессов, делает затруднительным получение корректных результатов с применением теории игр, различных детерминированных и вероятностных методов. В этих условиях целесообразно построение экспертных систем на основе таких методов искусственного интеллекта, как ТНМ и искусственные нейросети. Они позволят сформировать базу знаний экспертов на основе формальной информации предметной области (в том числе полученной из экспериментов, моделирования, расчетов), их опыта, интуиции, здравого смысла и т.п. При этом нейросети в процессе обучения позволят более точно задать такие элементы ТНМ, как функции принадлежности и импликации (правила).

Данные экспертные системы могут использоваться как оперативный инструмент для поддержки принятия решений в области СС, так и аппарат для формирования рациональной системы стратегического сдерживания, в том числе неядерного, а также выбора вариантов развития системы СНЯС.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Печатнов Ю.А. Стратегическое сдерживание. М.: Издательская группа «Граница», 2011.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.М. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989.
3. Николаев Ю.А., Крюков Ю.В. Проблема неядерного сдерживания и система неядерного сдерживания // Сборник материалов конференции «Актуальные проблемы развития вооружения». М.: ФГБУ РАРАН, 2000. С. 56-61.
4. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000.
5. Дедученко Ф.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Предупреждение техногенных катастроф, провоцируемых противником в ходе военных действий // Военная мысль. 2019. Вып. 10.
6. Кокошин А.А. О системе неядерного (предъядерного) сдерживания в оборонной политике России. М.: Издательство МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012.
7. Буренок В.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Сухопутные войны будущего: опыт футурологического анализа // Инноватика и экспертиза. 2019. Вып. 2.
8. Николенко С., Кадуринов А., Архангельская Е. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018.
9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином, 2011.
10. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализа систем. Построение морфологических таблиц. Киев: Наукова Думка, 1977.

УДК 355/359

Р.В. РЕУЛОВ, кандидат
технических наук, доцент
С.В. СТУКАЛИН, кандидат
технических наук, доцент
А.Ю. ПРОНИН, кандидат
технических наук, доцент

ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ПЕРЕЧНЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ, ПРОГНОЗНЫХ И ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИНТЕРЕСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБОРОНЫ СТРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА НА ПЕРИОД ДО 2033 ГОДА

В статье рассмотрены организационные и методические аспекты формирования Перечня приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2033 года, учтены требования нормативных документов по формированию проекта государственной программы вооружения на 2024-2033 годы, отражены особенности формирования Перечня на предстоящий программный период.

Ключевые слова: перечень, фундаментальные, прогнозные, поисковые исследования, государственная программа вооружения, оборона страны, безопасность государства.

В сегодняшних условиях достижение гарантированного обеспечения обороны и безопасности невозможно без активизации инновационных процессов, включающих внедрение передовых научных знаний, соответствующих мировому уровню и превосходящих его, при создании технологической основы вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) нового поколения. Наибольший потенциал для решения этой задачи сосредоточен именно в сфере фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований (ФППИ), где зарождаются передовые технические и технологические идеи¹ [1; 2; 7].

¹ Борисов Ю.И. В создании перспективного вооружения нельзя рассчитывать на сиюминутный результат // Общероссийская еженедельная газета ВПК. 2017. № 9 (673).

В настоящее время создание научного задела для перспективных, в том числе нетрадиционных, образцов ВВСТ осуществляется в различных государственных программах, заказчиками которых являются Минобороны России, Минпромторг России, Минобрнауки России (рисунок 1). Основные принципы разграничения ответственности между федеральными органами исполнительной власти в области проведения ФППИ закреплены в Концепции создания научно-технического задела для перспективных вооружения и военной техники на период с 2016 по 2025 годы (утверждена Министром обороны Российской Федерации 28 августа 2014 года).



Рисунок 1 – Система планирования и основные задачи создания научного задела оборонного назначения

Основными особенностями ФППИ, проводимых по заказу Минобороны России, являются:

низкая степень риска;

ближне- и среднесрочная перспектива реализации;

военная направленность;

научное обеспечение мероприятий государственной программы вооружения (ГПВ).

Важнейшим нормативным документом, определяющим приоритеты в проведении научных исследований в Российской Федерации в обеспечение создания перспективных ВВСТ, является Перечень приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на 10-летний период (Перечень ПН ФППИ) [2; 8].

В настоящее время в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2013 г. № 599 «О разработке и реализации государственной программы вооружения» в Министерстве обороны Российской Федерации организована работа по формированию Перечня ПН ФППИ².

В качестве исходных данных для формирования Перечня ПН ФППИ целесообразно использовать:

военно-стратегические и оперативные исходные данные в части тактико-технических требований к перспективным отечественным образцам ВВСТ;

результаты анализа мировых тенденций развития ВВСТ в части тактико-технических характеристик перспективных зарубежных образцов ВВСТ;

прогноз развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства в части параметров развития науки;

результаты анализа и оценки возможных угроз национальной безопасности Российской Федерации в части перечня и параметров угроз безопасности Российской Федерации в военно-технической сфере.

Формирование Перечня ПН ФППИ осуществляется на основе предложений от органов военного управления (ОВУ), научно-исследовательских организаций (НИО) и военно-учебных научных центров (ВУНЦ) Минобороны России, ведущих учреждений РАН, организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК), высшей школы, генеральных конструкторов по созданию ВВСТ, руководителей приоритетных технологических направлений, заинтересованных государственных за-

² Указ Президента Российской Федерации от 2 июля 2013 г. № 599 «Правила разработки и реализации государственной программы вооружения».

казчиков и органов, участвующих в создании научного задела и разработке перспективных ВВСТ.

На основе поступивших предложений формируется проект Перечня ПН ФППИ и представляется на рассмотрение в научно-технический совет Военно-промышленной комиссии Российской Федерации (НТС ВПК РФ), который организует рассмотрение проекта Перечня ПН ФППИ на предмет его соответствия требованиям и рекомендациям, содержащимся в нормативных правовых и руководящих документах. Участие в рассмотрении проекта документа установленным порядком принимают заинтересованные государственные заказчики, РАН, ОВУ, генеральные конструкторы по созданию ВВСТ и руководители приоритетных технологических направлений.

Далее, согласованный проект Перечня ПН ФППИ представляется в коллегию Военно-промышленной комиссии Российской Федерации (ВПК РФ). Одобренный коллегией ВПК РФ Перечень ПН ФППИ рассылается в двухнедельный срок заинтересованным ФОИВ, РАН, ОВУ и организациям.

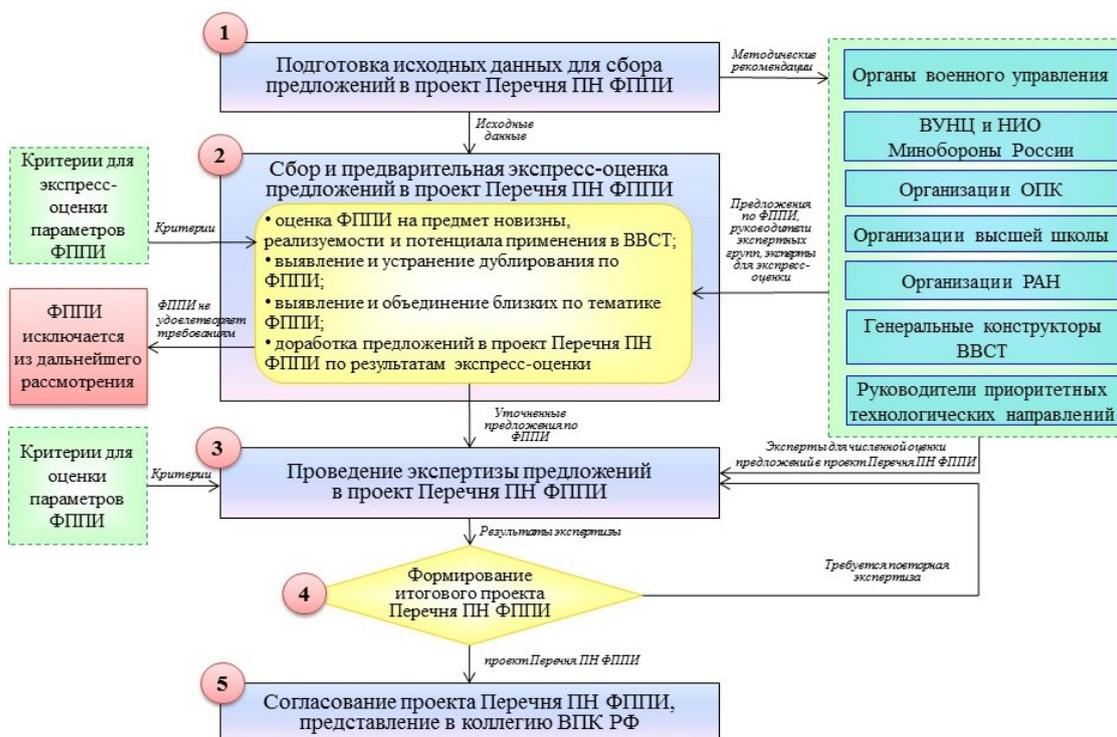


Рисунок 2 – Организационно-методический замысел формирования проекта Перечня приоритетных направлений ФППИ в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2033 года

На рисунке 2 представлен организационно-методический замысел формирования проекта Перечня ПН ФППИ на период до 2033 года, который включает 5 основных этапов [3]:

подготовка исходных данных для сбора предложений в проект Перечня ПН ФППИ;

сбор и предварительная экспертиза (экспресс-оценка) предложений;

проведение экспертизы предложений с привлечением представителей ОВУ, генеральных конструкторов по созданию ВВСТ, руководителей приоритетных технологических направлений, представителей Российской академии наук и др.;

формирование проекта итогового документа;

согласование проекта Перечня ПН ФППИ и представление его в коллегию ВПК РФ.

С методической точки зрения задача обоснования и формирования Перечня ПН ФППИ в общем виде формулируется следующим образом.

На этапе экспресс-оценки все предложения, поступившие в проект Перечня ПН ФППИ, оцениваются респондентами по критериям «новизна», «реализуемость», «потенциал применения в образцах ВВСТ» в соответствии с вербально-числовой шкалой, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Вербально-числовая шкала проведения экспресс-оценки предложений в проект ПН ФППИ

Наименование критерия	Числовые оценки				
	0	1	2	3	4
Реализуемость	Не реализуемо	Не определена	Частично реализуемо	В основном реализуемо	Полностью реализуемо
Новизна	Нет новизны	Не определена	Незначительная новизна	Частично новое	Абсолютно новое
Потенциал применения в ВВСТ	Без потенциала	Не определен	Незначительный (применим к составным частям ВВСТ)	Достаточный (реализуем в одном типе образца ВВСТ)	Значительный (реализуем в нескольких типах образцов ВВСТ)

На основе полученных экспертных оценок для каждого предложения по ФППИ проверяется условие, при котором продолжается дальнейший анализ рассматриваемого предложения:

$$\begin{cases} \frac{P_i(3,4)}{3} < k \cdot Q_i, \\ \frac{P_i(0)}{2} > (1 - k) \cdot Q_i, \\ R_i(0) > (1 - k) \cdot Q_i, \end{cases} \quad (1)$$

где Q_i – общее число респондентов, выставивших экспертные оценки по i -му предложению ФППИ;

$P_i(3,4)$ – число оценок «3» или «4», выставленных респондентами по какому-либо критерию;

$P_i(0)$ – число оценок «0», выставленных респондентами по какому-либо критерию, кроме критерия «Реализуемость»;

$R_i(0)$ – число оценок «0», выставленных респондентами по критерию «Реализуемость»;

$k \in (0, 1)$ – регулируемый коэффициент, определяющий минимально требуемый начальный рейтинг предложения по ФППИ для того, чтобы оно осталось в перечне для дальнейшего рассмотрения (чем больше k , тем выше минимальное проходное значение для включения ФППИ без необходимости выполнения дополнительных корректировок; рекомендуемое значение для данного коэффициента – 0,5).

Если данная система условий выполняется, то предложение по ФППИ исключается из дальнейшего рассмотрения.

Далее, для оставшихся предложений в проект Перечня ПН ФППИ проводится многокритериальный анализ с целью оценки влияния i -го ФППИ на развитие перспективного ВВСТ с использованием расширенной вербально-числовой шкалы.

Показатель оценки научно-технического влияния i -го ФППИ на развитие перспективного ВВСТ (w_i) определяется на основе данных экспертных анкет в соответствии с критериями, приведенными в таблице 2 по следующей формуле:

$$w_i = \sum_{n=1}^N \mu_n^i \cdot \left(\sum_{j_n=1}^{J_n} \eta_{j_n}^i \cdot \phi_{j_n}^i \right), \quad (2)$$

где μ_n^i – удельный вес n -й группы критериев;

$\eta_{j_n}^i$ – удельный вес j -го критерия в n -й группе;

$\phi_{j_n}^i$ – числовая оценка ФППИ по j -му критерию в n -й группе. Значения критерия $\phi_{j_n}^i \in [1...3]$ и выбираются по принципу «больше-лучше».

Таблица 2 – Вербально-числовая шкала для оценки параметров ФППИ

№ п/п (j)	Наименование критерия ϕ_{jn}^i	Удельный вес группы (μ_n^i)	Удельный вес критерия в группе (η_{jn}^i)	Числовая оценка критерия (ϕ_{jn}^i)
I. Потенциал применения результатов ФППИ (n=1)				
1	Возможность использования результатов ФППИ в нескольких федеральных органах исполнительной власти	0,35	0,3	1...3
2	Масштабность возможного применения результатов ФППИ в интересах создания (развития) образцов ВВСТ		0,35	1...3
3	Масштабность междисциплинарного применения		0,15	1...3
4	Возможность двойного применения результатов ФППИ		0,2	1...3
II. Потенциальная эффективность результатов ФППИ (n =2)				
5	Возможность повышения технических (тактико-технических) характеристик ВВСТ	0,40	0,5	1...3
6	Возможность решения новых военно-технических задач (ВТЗ)		0,35	1...3
7	Уровень развития ФППИ по сравнению с мировым уровнем		0,15	1...3
III. Реализуемость результатов ФППИ (n =3)				
8	Достоверность идеи, положенной в основу результатов ФППИ	0,25	0,25	1...3
9	Новизна идеи (концепции) ФППИ		0,3	1...3
10	Обеспеченность научных организаций лабораторной, экспериментальной и испытательной базами для выполнения ФППИ		0,2	1...3
11	Кадровая обеспеченность предприятий (организаций) для проведения ФППИ		0,15	1...3
12	Потребное время на реализацию результатов ФППИ в образцах ВВСТ		0,1	1...3

Значения коэффициентов вербально-числовой шкалы для оценки параметров ФППИ, приведенных в таблице 2, могут уточняться организацией, ответственной за выполнение работ по экспертизе предложений для включения в проект Перечня ПН ФППИ.

Если в оценке i -го ФППИ принимает участие Q_i количество респондентов, то значение итогового показателя (w_i) определяется по следующей формуле, с учетом коэффициентов компетентности экспертов [4; 5]:

$$w_i' = \frac{\sum_{q_i=1}^{Q_i} w_{q_i} \cdot f_{q_i}}{\sum_{q_i=1}^{Q_i} f_{q_i}}, \quad (3)$$

где w_i' – итоговый показатель оценки научно-технического влияния i -го ФППИ на развитие перспективного ВВСТ;

Q_i – общее число респондентов, выставивших экспертные оценки по i -му предложению ФППИ;

w_{q_i} – оценка научно-технического влияния i -го ФППИ на развитие перспективного ВВСТ, выставленная q -м респондентом;

f_{q_i} – коэффициент компетентности q -го эксперта для оценки i -го ФППИ. Значение коэффициента может быть рассчитано с использованием [5-7] или быть задано перед началом проведения экспертизы.

На заключительном этапе на основе данных, полученных с использованием (2) и (3), делается вывод о целесообразности включения i -го ФППИ в проект Перечня ПН ФППИ. Если значение $w_i(w_i') \in (2...3]$, то предложение включается в перечень, если значение $w_i(w_i') \in [1...2)$, то предложение может быть включено в перечень после доработки и проведения дополнительной экспертизы.

Предложенная совокупность процедур позволяет на основе экспресс-оценки сузить множество исходных предложений по ФППИ, провести доработку ряда предложений, обеспечить численную оценку оставшихся предложений на основе выбранной совокупности их значимых параметров и обосновать рациональный вариант Перечня ПН ФППИ.

Таким образом, предложенный организационно-методический подход позволяет из всей исходной совокупности предложений, поступивших от ОВУ, НИО и ВУНЦ Минобороны России, ведущих учреждений РАН, организаций ОПК, высшей школы, генеральных конструкторов по созданию ВВСТ, руководителей приоритетных технологических направлений, заинтересованных государственных заказчиков и органов выбрать такое множество ФППИ, реализация которого обеспечит максимальное научно-техническое влияние на разработку перспективных, в

том числе нетрадиционных, образцов ВВСТ. Направления исследований, вошедшие в состав Перечня, являются основой при обосновании структуры, объемов ассигнований и предложений в проект государственной программы вооружения в части ФППИ.

Дальнейшее развитие предложенного методического подхода видится в отказе от субъективных экспертных оценок и переходе к разработке систем поддержки принятия решений с элементами математического моделирования.

Список использованных источников

1. Фортов В.Е., Каляев И.А. Сохранить фундамент оборонной науки // Национальная оборона. 2010. № 5. С. 56-63.
2. Борисенков И.Л. Фундаментальные и поисковые исследования – основа создания научно-технического задела для перспективного вооружения // Сборник материалов XIV Всероссийской научной конференции «Технологии и материалы для экстремальных условий». М.: 2019. С. 297-300.
3. Реулов Р.В., Пронин А.Ю. Организационно-методический подход к формированию перечня приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2025 года // Материалы круглого стола в рамках VII Международного военно-морского салона. Секция «Фундаментальная наука – Военно-Морскому Флоту». М.: Техносфера, 2016. 236 с.
4. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Часть 2. Экспертные оценки. М.: Издательство МТГУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 486 с.
5. Семенов С.С., Воронов Е.М., Полтавский А.В., Крянев А.В. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.Я. Рубиновича. М.: Ленанд, 2016. 520 с.
6. Крянев А.В., Тихомирова А.Н., Матросова Е.В. Групповая экспертиза инновационных проектов с использованием байесовского подхода // Экономика и математические методы. 2013. Т.49. № 2. С. 124-139.
7. Борисенков И.Л., Корчак В.Ю., Помазан Ю.В., Тужиков Е.З. Роль фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в решении задач обороны страны и безопасности государства // Вестник Академии военных наук. 2016. №4 (57). С. 18-26.
8. Война и мир в терминах и определениях. Военно-технический словарь / Под ред. Д.О. Рогозина. М.: «Вече»; «Оружие и технологии»; «Редкие земли». 2016. 272 с.

УДК 621.39

А.С. АФАНАСЬЕВ, кандидат
технических наук

Д.В. МАТЮХИН, кандидат
технических наук, доцент

РЕАЛИИ СОВРЕМЕННОГО ПУТИ РАЗВИТИЯ ВОЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

В статье показана роль военной радиоэлектроники в обеспечении технологической независимости и безопасности государства в современных условиях, рассматриваются основные направления и тенденции развития отечественной электроники для современных образцов вооружения, особенности планирования их разработки и повышения качества в условиях снижения зависимости от продукции иностранного производства.

Ключевые слова: вооружение и военная техника; радиоэлектронная аппаратура; радиоэлектроника военного назначения; военно-научное сопровождение; военно-техническое сопровождение; качество изделий военного назначения; продукция иностранного производства; комплектующие изделия

Радиоэлектроника – основа экономического благополучия и обороноспособности развитых стран. Следовательно, развитие радиоэлектронной отрасли промышленности – это важнейшая и актуальнейшая задача, от которой в значительной степени зависит не только современный уровень создаваемых образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), но и обеспечение технологической и военной безопасности России.

Телевидение, тепловидение, ночное видение, радиолокация, радиопеленгация, навигация, топопривязка, ориентирование, дальнометрирование и целеуказание, связь, автоматизированное управление войсками и оружием, обработка информации, высокоточное оружие, робототехника – вот далеко не полный перечень областей, развитие которых предполагает использование новейших достижений радиоэлектроники. Боевая эффективность образцов вооружения в значительной мере определяется техническим уровнем входящей в их состав радиоэлектронной

аппаратуры (РЭА), ее надежностью и стойкостью к внешним воздействующим факторам. Характеристики такой аппаратуры зависят от уровня разработок, состояния производства и функциональной полноты номенклатуры комплектующей ее электронной компонентной базы (ЭКБ).

Технический уровень изделий радиоэлектроники влияет на сроки и результаты создания новейших образцов ВВСТ, позволяющих реализовать современное представление об их применении по назначению. Высокий технический уровень РЭА и ЭКБ – основа современных и перспективных систем и комплексов вооружения, обладающих требуемой точностью, всесуточностью и всепогодностью боевого применения, высокой оперативностью, способностью решать широкий круг задач в реальном времени при существенном повышении разрешающей способности аппаратуры, а также возможностью адаптации к сложным условиям боевой обстановки [1].

Условия, которые сложились в 90-х годах для российской радиоэлектроники, оказались катастрофическими. В результате распада Советского Союза более 48% производственного потенциала электронной промышленности оказалась за пределами Российской Федерации. Это предприятия электронной промышленности, которые разрабатывали и выпускали 47% интегральных микросхем, 31% электронно-лучевых трубок, 26% коммутационных изделий, 24% пьезоэлектрических изделий, 20% соединителей, а также ведущие предприятия по разработке и изготовлению технологического оборудования, высокочистых материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий. Кроме этого, Российское государство утратило административные рычаги управления предприятиями российской электронной отрасли, научно-производственный потенциал и технологический парк которой серьезно пострадали. Объем государственного оборонного заказа для предприятий-изготовителей ЭКБ оказался на грани рентабельности и был значительно сокращен. Реальные объемы финансирования приборных и технологических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию ЭКБ военного назначения были сокращены почти на 90%. В итоге, отечественный оборонно-промышленный комплекс «получил» существенное отставание в области ЭКБ военного назначения от зарубежного технического уровня таких изделий¹ (рисунок 1).

¹ ЗНТО о НИР «Оазис-6», 2019.

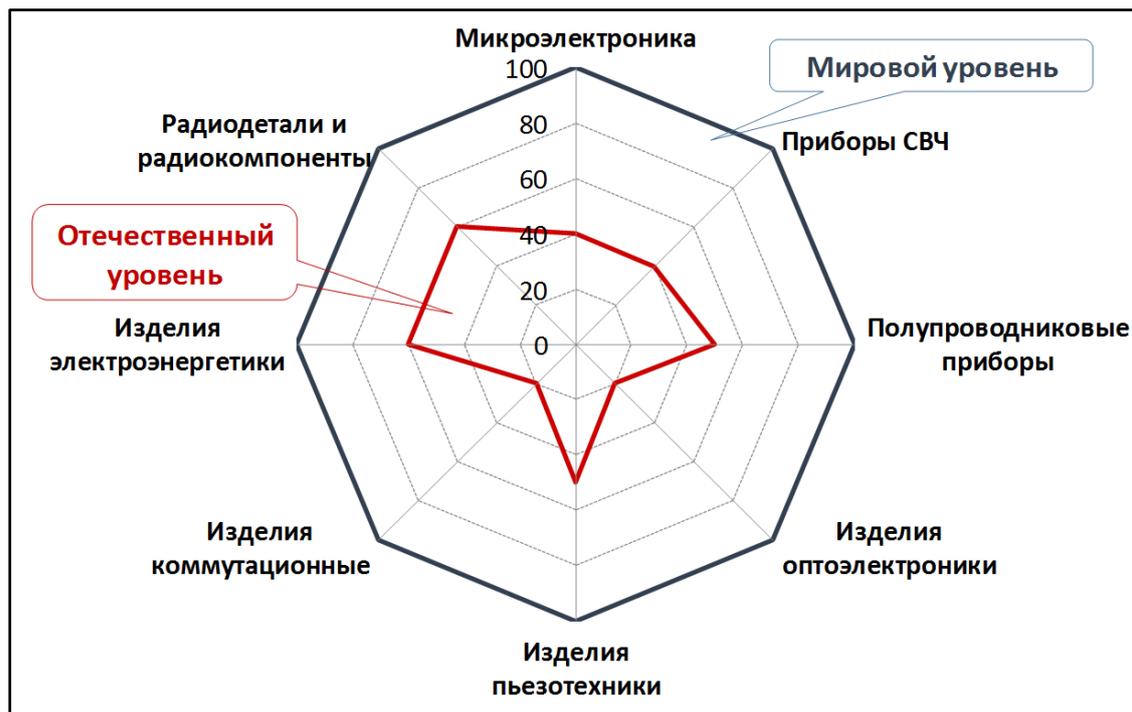


Рисунок 1 – Современное состояние технического уровня отечественной ЭКБ для РЭА ВВСТ

За прошедшее время благодаря государственным инструментам развития, главным образом, федеральным целевым программам, были осуществлены крупные государственные капиталовложения в реконструкцию и строительство передовых производств. Государство оказало существенную поддержку развитию радиоэлектронной промышленности в различной форме – от предоставления особых статусов до прямого субсидиарного финансирования. Более того, государство стало и основным потребителем создаваемой отраслью продукции. Связано это в том числе и с тем, что отечественная радиоэлектронная промышленность в основном ориентирована на производство продукции военного назначения [2].

Ситуация меняется. Снижается доля финансирования статей по государственному оборонному заказу, соответственно повышаются риски снижения существующих объемов сбыта радиоэлектронной продукции. Созданные, используемые и развиваемые технологии становятся доступны и применимы в области радиоэлектронной гражданской продукции. Следовательно, возникает задача перехода радиоэлектронной отрасли и предприятий оборонно-промышленного комплекса к выпуску высокотехнологической продукции гражданского применения, а

создаваемый при этом технологический и интеллектуальный потенциал своевременно ориентировать на перспективные разработки в области продукции военного назначения.

Как и прежде, в целях обеспечения государственной безопасности, неотъемлемой частью военно-технической политики, реализуемой органами государственной власти России, является опережающее развитие военной техники, которое выходит на новый уровень и характеризуется на сегодняшний день разработкой высокоинтеллектуальных образцов ВВСТ нового поколения.

Перспективные планы развития системы вооружения в настоящее время непосредственно ориентированы на создание качественно новых видов оружия, которые характеризуются:

- внедрением элементов интеллектуализации в образцы вооружения;
- развитием интегрированных систем разведки, целеуказания, связи, управления и радиоэлектронной борьбы;
- созданием малогабаритных и сверхмалых (миниатюризацией) образцов вооружения;
- снижением заметности вооружения, военных объектов и объектов инфраструктуры;
- повышением мобильности войск;
- освоением гиперзвуковых скоростей полета средств поражения;
- повышением точности и избирательности действия оружия;
- снижением расходов на эксплуатацию за счет создания систем и средств со встроенной диагностикой;
- повышением энерговооруженности и освоением новых видов энергоносителей и форм энергии с одновременным снижением энергопотребления.

Основными тенденциями в развитии РЭА образцов вооружения при этом являются:

- снижение массогабаритных характеристик;
- увеличение сроков службы до 15 лет при непрерывном функционировании в условиях воздействия факторов космического пространства;
- увеличение скорости и объемов обработки и передачи информации по каналам связи;
- повышение точностных характеристик навигационных систем наведения, независимо от погодных, суточных и сезонных изменений;

расширение спектрального диапазона функционирования средств; использование многоспектральных средств обнаружения для повышения дальности обнаружения в различных условиях применения, в том числе при противодействии со стороны противника;

увеличение импульсной мощности излучаемых сигналов в радиочастотном и в оптическом диапазонах;

внедрение систем искусственного интеллекта для повышения автономности действий как обитаемых, так и робототехнических комплексов.

Указанные тенденции во многом определяются применением перспективной ЭКБ, обеспечивающей улучшение таких характеристик вооружения, как надежность, живучесть, защищенность, долговечность, массогабаритные характеристики. При этом приоритетными направлениями в развитии отечественной ЭКБ являются:

изделия микроэлектроники (нейропроцессоры, сигнальные микропроцессоры, высокопроизводительные гибридные микропроцессоры, СБИС высокоскоростных оптических коммутируемых каналов, ОЗУ, ПЗУ, АЦП, ЦАП и т.п.);

изделия СВЧ с приоритетным развитием изделий твердотельной СВЧ электроники, мощных вакуумных СВЧ приборов миллиметрового и терагерцового диапазонов, а также нано-АФАР;

изделия силовой полупроводниковой электроники (в частности, силовые интегральные схемы в монолитном исполнении для управления и коммутации мощными устройствами преобразования энергии, электроприводами и другими исполнительными устройствами);

изделия оптоэлектроники для создания тепловизионных и инфракрасных приборов, а также многоспектральных приборов, в том числе, высокой телевизионной четкости;

изделия квантовой электроники для создания полупроводниковых лазеров, решеток полупроводниковых лазеров, твердотельных лазеров с диодной накачкой;

автономные источники тока (химические источники тока, топливные элементы и электрохимические генераторы на их основе, резервные гибридные источники питания, пиротехнические источники тока, аккумуляторы и т.п.), в том числе на основе новых (полимерных) материалов;

электропривода и их компоненты (высокоскоростные адаптивные электропривода малой мощности с повышенной точностью позициони-

рования, малогабаритные высокоскоростные фотоэлектрические цифровые преобразователи, преобразователи угол-параметр-код совмещенного исполнения и т.п.);

изделия микросистемной техники (микроакселерометры, микрогироскопы, магнитометры, инклинометры, датчики давления, микрофоны, оптические переключатели и т.п.).

Современные условия развития радиоэлектроники военного назначения можно охарактеризовать:

наличием сложившегося научно-технологического базиса радиоэлектронной отрасли, основанного на высокотехнологичных интеллектуальных решениях и высокой квалификации занятого персонала, способного в перспективе к опережающему развитию;

снижением зависимости от продукции иностранного производства (ИП) с необходимостью одновременного вынужденного использования комплектующих изделий (КИ) ИП при создании ряда перспективных образцов ВВСТ, базирующихся на прорывных радиоэлектронных технологиях;

существующей и достаточной системы задания требований к перспективной РЭА ВВСТ в современных условиях;

наличием согласованного механизма взаимодействия Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Министерства обороны Российской Федерации в процессе создания и применения ЭКБ военного назначения и в ходе осуществления их военно-технического сопровождения;

организацией и проведением периодического контроля качества создаваемой продукции военного назначения с проведением соответствующего мониторинга и своевременным реагированием в интересах решения возникающих проблем (до момента, когда качество изделий будет гарантированно закладываться на этапе создания техпроцессов).

В процессе реализации с 2008 года федеральных целевых программ в радиоэлектронной отрасли накоплен большой потенциал – получено более 6000 результатов интеллектуальной деятельности, в том числе более 560 базовых технологий, свыше 1700 ноу-хау и т.д.). Указанный массив интеллектуальной собственности частично внедрен, обеспечивается поддержка значительного количества базовых компетенций для организаций отрасли в интересах создания новейших образцов ВВСТ. Создано 43 базовых центра системного проектирования (дизайн-центров), модернизи-

ровано 140 производств радиоэлектронных изделий [2]. Активно используются и внедряются в работу отечественных предприятий системы автоматизированного проектирования разработок (САПР) для электроники и с использованием отечественных разработок в их составе, которые определяют качество всего жизненного цикла изделий: от языка описания логики кристалла до физической реализации чипа, его передачи в производство, от разработки схем до конструирования печатных плат, моделирования различных физических параметров устройств и интеграции электронных узлов в конечное изделие [3]. Есть множество и других достижений в радиоэлектронной отрасли, достойных внимания при создании перспективного отечественного вооружения [4-9]. Таким образом, в оборонно-промышленном комплексе России заложен фундамент будущих разработок, достижений и, в целом, развития на перспективу.

В исключительных случаях для обеспечения высоких требуемых тактико-технических требований разрабатываемых образцов вооружения их разработчики вынуждены использовать КИ ИП, правовой основой применения которых является Федеральный закон от 05 апреля 2013 г. № 44-ФЗ, постановление Правительства Российской Федерации от 14 января 2017 г. № 9 и соответствующие указания Заместителя Министра обороны Российской Федерации, регламентирующие порядок применения и рекомендации по формированию, рассмотрению, согласованию и утверждению Решений (дополнений к Решениям) о порядке применения КИ ИП в образцах ВВСТ.

Основную часть КИ ИП, применяемых в изделиях ВВСТ, составляют КИ немецкого, китайского и американского производства. При этом, зачастую штаб-квартиры предприятий-изготовителей находятся в одной стране, а производство находится в нескольких странах, и установить страну происхождения по документации производителя конкретного КИ ИП невозможно.

Проведенный анализ показал, что несмотря на принятые меры и проделанную работу, до сих пор сохраняется достаточно высокая зависимость предприятий оборонно-промышленного комплекса от продукции зарубежных изготовителей². Однако задача снижения зависимости от продукции ИП планомерно решается.

² ЗНТО о НИР «Империя-8», 2020.

Существующая система задания требований к ВВСТ, РЭА и ЭКБ на сегодняшний момент времени активно развивается, она определена следующими нормативными документами нового поколения:

стандартами «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника», устанавливающими положения, нормы, правила и требования, обеспечивающие организационное и техническое единство работ, выполняемых на стадиях жизненного цикла изделий военной техники и их составных частей;

видовыми и межвидовыми нормативно-техническими документами системы общих технических требований к видам вооружения и военной техники, устанавливающими требования назначения и состава к образцам ВВСТ и их составным частям;

комплексом государственных военных стандартов «Мороз», устанавливающим требования к надежности и стойкости аппаратуры, приборов, устройств и оборудования военного назначения (требования к эксплуатационным характеристикам);

комплексом государственных военных стандартов «Климат», устанавливающим требования к ЭКБ военного назначения.

Однако, следует отметить, что общие положения и подходы указанной системы задания требований на сегодняшний день достаточны и корректировки не требуют.

Надёжность и стойкость образцов ВВСТ напрямую зависит от надёжности и стойкости входящей в них РЭА. Минобороны России в связи с появившимися новыми и перспективными образцами ВВСТ (беспилотные летательные аппараты и наземные робототехнические комплексы), в том числе и зарубежными, изменениями в моделях и тактике их применения, провело актуализацию нормативно-технических регламентов по порядку задания таких требований и методам их подтверждения, подвергнув глубокой переработке комплекс государственных военных стандартов «Мороз». Продолжается работа совместно с Минпромторгом России по переработке положений комплекса государственных военных стандартов «Климат» (по ЭКБ) и его гармонизации с требованиями военных стандартов по РЭА.

Взаимодействие между Минобороны России и Минпромторгом России в вопросах разработки, производства и применения ЭКБ для РЭА ВВСТ регламентируется их совместным приказом, определяющим

комплекс мероприятий военно-технического сопровождения создания ЭКБ военного назначения.

Следует отметить, что Минобороны России на протяжении более 40 лет проводит исследования по оценке динамики качества изготовления ЭКБ военного назначения, анализ причин отказов ЭКБ пониженного уровня качества изготовления и разработку предложений по предотвращению аналогичных отказов. Оценка состояния с качеством ЭКБ осуществляется на основе результатов ее испытаний, проведенных под контролем военных представительств Министерства обороны Российской Федерации на предприятиях-изготовителях ЭКБ, а также информации от предприятий-потребителей по результатам входного контроля, применения и эксплуатации РЭА ВВСТ.

Анализ обобщенных данных о качестве ЭКБ военного назначения, выпускаемых предприятиями Российской Федерации за последние годы, показал планомерный рост их качества с одновременной оптимизацией выпускаемой номенклатуры³.

Таким образом, показатели, характеризующие сложившиеся на сегодняшний день условия развития радиоэлектроники военного назначения, в целом, свидетельствуют о наличии научного, технологического и интеллектуального потенциала Российской Федерации в развитии радиоэлектронной отрасли, а также возможностей осуществления единой военно-технической политики создания перспективного ВВСТ в интересах обеспечения государственной безопасности и технологической независимости.

Список использованных источников

1. Заярнюк В.В., Матюхин Д.В., Соломенин Е.А. Проблемные научно-технические вопросы информационно-аналитического обеспечения разработки, производства и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники электронной компонентной базой в современных условиях // Научно-технический сборник «Военная электроника и электротехника». 2015. Вып. 67.
2. Хохлов С.В. Развитие радиоэлектроники – основа цифровой экономики России // Электроника: наука, технология, бизнес. 2017. Вып. 10 (171).
3. Лобзов Д.А. Возможности САПР для электроники определяют качество всего жизненного цикла современных изделий // Электроника: наука, технология, бизнес. 2019. Вып. 3 (184).

³ ЗНТО о НИР «Принцесса-6», 2020.

4. Макушин М.В., Орлов О.А. Динамика развития технологий и рынка схем памяти // Электроника: наука, технология, бизнес. 2017. Вып. 10 (171).
5. Нагаев Н.Н. Перспективные типы металлокерамических корпусов для электронных компонентов // Электроника: наука, технология, бизнес. 2017. Вып. 10 (171).
6. Громов В.А., Брюшно Н.В., Стрекалова В.К., Паньков Т.А., Алехин С.С. Новая серия биполярных транзисторов производства ЗАО «ГРУППА КРЕМНИЙ ЭЛ» // Электроника: наука, технология, бизнес. 2019. Вып. 3 (184).
7. Макушин М.В., Мартынов В.А. Освоение EUV-литографии в серийном производстве: перспективы и проблемы // Электроника: наука, технология, бизнес. 2019. Вып. 9 (190).
8. Григорьев М.А., Михайлова Т.В., Мясоедова Т.В. Разработка электродов электрохимических конденсаторов на основе кремний-углеродных структур // Электроника: наука, технология, бизнес. 2019. Вып. 9 (190).
9. Пастухов П.В. Синхронное статическое ОЗУ конвейерного типа // Электроника: наука, технология, бизнес. 2019. Вып. 3 (184).

УДК 623

А.И. БУРАВЛЕВ, доктор
технических наук, профессор
Г.А. ЕЛАНЦЕВ

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассматриваются вероятностные модели управления готовностью образцов вооружения и военной техники на различных стадиях жизненного цикла. Для этапов разработки и производства предлагается использовать полумарковские модели с использованием логистических функций распределения вероятности времени выполнения поэтапных работ. Для получения заданного уровня готовности и минимальной стоимости создания образца решается обратная задача динамики с использованием метода динамического программирования. Для этапа эксплуатации используется полумарковская модель обеспечения технической готовности образца с регенерацией за счет проведения восстановительного ремонта. Управление технической готовностью осуществляется по технико-экономическому критерию «стоимость-готовность».

Ключевые слова: вооружение, военная техника; жизненный цикл; вероятность; полумарковская модель; уровень готовности; интенсивность; дельта-функция.

Введение

Развитие современных вооружения и военной техники (ВВТ) связано с их непрерывным усложнением, увеличением сроков и стоимости разработки, производства и эксплуатации. Все это приводит к резкому увеличению военных расходов на закупку и оснащение вооруженных сил ВВТ, поддержание их в исправном и боеготовом состоянии. В ведущих зарубежных странах (США, Великобритания, Франция, Евросоюз, Китай) в целях снижения затрат на закупку военной продукции разрабатываются специальные «программы приобретения» военной продукции [1], учитывающие все аспекты разработки, производства, закупки и поддержки ВВТ на этапе эксплуатации. Эти программы включают в себя нормативно-правовые, финансово-экономические, административно-организационные и технологические механизмы, обеспечивающие управление всеми процессами жизненного цикла военной продукции.

Управление жизненным циклом (ЖЦ) ВВТ в отечественной теории и практике военного планирования также рассматривается как перспективное направление военно-технической политики и механизмов ее реализации на современном этапе [1-4].

В научных работах как зарубежных, так и отечественных авторов, посвященных данной проблематике, широко освещены методология, теоретические и прикладные методы моделирования процессов разработки и эксплуатации ВВТ, а также необходимые для их реализации программные средства [5-9]. Однако до широкого и полного их применения в практике проектирования, производства и эксплуатации ВВТ время еще не пришло. Причинами этому являются различные методологические, экономические и организационные аспекты реализации этой сложной проблемы.

В качестве одного из методических аспектов можно указать сложность выбора математического аппарата для моделирования процессов ЖЦ ВВТ, который, с одной стороны, был бы достаточно адекватным реальным процессам, а с другой, – обеспечивал бы возможность его программно-технической реализации доступными средствами.

В данной статье рассматривается модель полумарковских процессов, в наибольшей степени пригодная, с точки зрения авторов, к описанию процессов разработки, производства и эксплуатации ВВТ, а также ее практической реализации современными программными средствами.

1. Анализ процессов, составляющих жизненный цикл ВВТ

Типовой ЖЦ ВВТ состоит из последовательности стадий (рисунок 1): исследование и обоснование разработки, разработка, производство (ПР), эксплуатация (Э), капитальный ремонт (КР), утилизация (У). Каждой стадии ЖЦ в свою очередь соответствует типовое содержание (этап) выполняемых работ¹.

На стадии исследования и обоснования разработки прорабатываются заказчик и исполнители работ, выполняются научно-исследовательская работа (НИР) по созданию изделия, аванпроект.

Стадия характеризуется эволюционным изменением процессов создания изделия от возникновения замысла до обоснования возможности и целесообразности его создания.

¹ ГОСТ В 15.004-2004. Военная техника. Стадии жизненного цикла изделий и материалов.

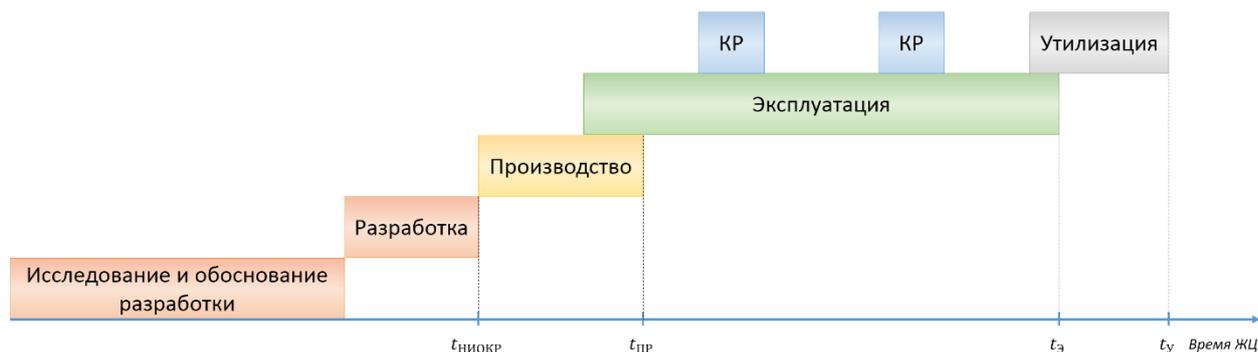


Рисунок 1 – Типовой ЖЦ ВВТ

Результатом работ на данной стадии является научно-техническое обоснование возможности и целесообразности создания изделий, проект тактико-технического (технического) задания на выполнение опытно-конструкторской работы (ОКР) по созданию (модернизации) изделия.

На стадии разработки выполняется ОКР по созданию (модернизации) изделия.

На этапе ОКР разрабатываются эскизный и технический проекты, реализующие конструктивно и технологически обоснованный в техническом задании облик будущего образца. Результатом ОКР является рабочая конструкторская и технологическая документация, изготовление опытных образцов, их предварительные и государственные испытания на соответствие требованиям технического задания.

Стадия производства включает в себя этапы технологической подготовки производства, организацию серийного производства и поставку образцов ВВТ заказчику. В процессе серийного производства отрабатывается вся необходимая эксплуатационно-техническая документация (формуляры и паспорта на изделия, руководства по техническому обслуживанию и ремонту, ведомости запасного имущества и принадлежностей (ЗИП), технологические карты выполнения работ и др.), изготавливаются комплекты необходимых средств технического обслуживания и ремонта ВВТ в войсках.

Стадия эксплуатации ВВТ включает в себя их приемку (ввод) в эксплуатацию, приведение в готовность и ее поддержание, использование по назначению, хранение (кратковременное и длительное) в процессе эксплуатации, техническое обслуживание, текущий и средний ремонт, обеспечение эксплуатации.

В процессе эксплуатации изготовитель осуществляет авторский надзор за эксплуатацией ВВТ в войсках, гарантийный ремонт отказавших изделий, выполнение капитального ремонта изделий, выработавших межремонтный ресурс, проведение доработок по устранению замечаний заказчика, поставку ЗИП в войсковые части.

Мероприятия по прекращению эксплуатации ВВТ проводятся вследствие его морального и физического устаревания, выведения из эксплуатации на основе международных договоров или выработки установленных показателей: надежности, назначенных ресурса, срока службы (хранения) и других.

После прекращения эксплуатации ВВТ подлежит утилизации, которую осуществляет предприятие-изготовитель, или уничтожению.

Стадия капитального ремонта ВВТ охватывает процессы выполнения работ по разработке конструкторской и технологической ремонтной документации, приемки ВВТ в ремонт, их опытного ремонта, проведение предварительных и приемочных испытаний опытных ремонтных образцов, подготовки и освоения ремонтного производства, ведения заданного типа ремонтного производства (единичное, серийное, массовое) и поставки отремонтированных изделий эксплуатирующим организациям заказчика.

Посредством капитального ремонта осуществляется технически возможное и экономически целесообразное восстановление параметров и характеристик изделий, изменяющихся при эксплуатации, для продолжения их использования по прямому назначению.

Продолжительность этапов ЖЦ зависит от типа и характеристик образца ВВТ, условий его разработки, производства и эксплуатации, уровня научно-технических разработок и возможностей оборонной промышленности, уровня финансирования оборонных расходов и других военно-технических и экономических факторов.

Из анализа содержания ЖЦ следует, что он состоит из трех групп процессов: проектно-исследовательский, производственно-технологический и эксплуатационный [3].

Проектно-исследовательский процесс представлен первыми двумя стадиями ЖЦ: «Исследование и обоснование разработки», «Разработка». Его продолжительность составляет примерно 10-15% продолжительности ЖЦ.

Производственно-технологический процесс включает опытное и серийное производство ВВТ, а также средний и капитальный ремонт ВВТ на предприятиях промышленности и сервисных центрах. Продолжительность серийного производства составляет 20-30% продолжительности ЖЦ.

Процесс эксплуатации является самым продолжительным этапом ЖЦ. Он составляет 60-70% продолжительности ЖЦ.

Таким образом, ЖЦ ВВТ представляет собой сложный производственно-технологический процесс, сопровождаемый научно-техническими, финансово-экономическими и административно-правовыми механизмами регулирования.

Каждый из составляющих его процессов протекает во времени, характеризуется наличием различного рода неопределенностей и случайностей, влияющих на динамику и результаты его реализации. В наибольшей степени такой особенностью обладает проектно-исследовательский процесс, представляющий собой интеллектуальный творческий процесс с высокой долей эвристики, основанный на фундаментальных научных знаниях и опыте научно-исследовательской и инженерно-конструкторской деятельности специалистов. Смоделировать такой процесс возможно только на базе искусственного интеллекта, что само по себе является сложной научно-технической проблемой.

Не менее сложным и проблемным представляется моделирование производственно-технологического процесса, на который оказывают влияние технологические, эргономические, правовые, экономические факторы, социальные и психологические аспекты деятельности специалистов в процессе производства.

Именно в силу сложности процессов, составляющих ЖЦ разработки, производства и эксплуатации промышленной продукции, в том числе продукции военного назначения, наши возможности по моделированию не позволяют в полной мере решить задачу создания системы управления ЖЦ ВВТ.

Из анализа характера процессов ЖЦ ВВТ следует, что их основу составляют управляемые дискретно-непрерывные случайные процессы. Именно эти процессы широко используются при моделировании логистических процессов различного назначения. Из этого класса процессов следует выделить подкласс полумарковских процессов как

наиболее простых и в достаточной степени адекватных реальным процессам [6; 7; 10; 11].

Полумарковский процесс представляет собой стохастический процесс изменения дискретных состояний некоторой системы во времени, длительность пребывания в которых является случайной с произвольным законом распределения, а переходы из одного состояния в другие осуществляется мгновенно с определенными вероятностями. Процесс обладает марковским свойством отсутствия последействия по моментам перехода.

Рассмотрим применение полумарковских процессов к моделированию процесса разработки и производства образца ВВТ.

2. Полумарковская модель процесса разработки и производства образца ВВТ

Полумарковский процесс может быть описан графом $G(A, V, P)$, где множество узлов $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ определяют состояния процесса; множество дуг $V = \{V_{ij}\}_{m \times m}$ – направления переходов процесса из одного состояния в другое, где $V_{ij} = 1$, если переход $A_i \rightarrow A_j$ возможен и $V_{ij} = 0$, если данный переход невозможен. Переходы в различные состояния задаются матрицей вероятностей переходов $\Pi(t) = \{\pi_{ij}(t)\}_{m \times m}$, где $\pi_{ij}(t) = P(V_{ij} = 1 \mid \tau_i < t)$ – условная вероятность перехода $A_i \rightarrow A_j$ за время t , τ_i – случайное время пребывания процесса в состоянии A_i с известным законом распределения [10].

Вероятности переходов удовлетворяют условию нормировки:

$$\forall i, \sum_{j=1}^m \pi_{ij}(t) = 1.$$

Переходы из одного состояния в другое происходят с вероятностями $p_{ij}(t)$. Вероятности переходов могут зависеть не только от времени пребывания в данном состоянии, но также от управляющих воздействий $u_i \in U$ внешнего регулятора:

$$\pi_{ij}(t) = P(V_{ij} = 1; u_i \mid \tau_i < t),$$

где $U = \{u_i\}$ – конечное множество управлений.

Длительность ЖЦ образца ВВТ составляет сумму длительностей этапов НИР, ОКР, производства и эксплуатации:

$$T_{\text{ЖЦ}} = \tau_{\text{НИР}} + \tau_{\text{ОКР}} + \tau_{\text{ПР}} + \tau_{\text{Э}}.$$

Длительности этих этапов и ЖЦ в целом являются случайными, поскольку процессы разработки ВВТ связаны, как отмечалось выше, с воздействием целого ряда случайных и неопределенных факторов. Таким образом, готовность образца к его использованию характеризуется некоторой вероятностью.

Рассмотрим пример применения полумарковских процессов к моделированию процесса создания некоторого образца ВВТ.

Представим процесс создания некоторого образца ВВТ в виде последовательности состояний, представленной на рисунке 2.

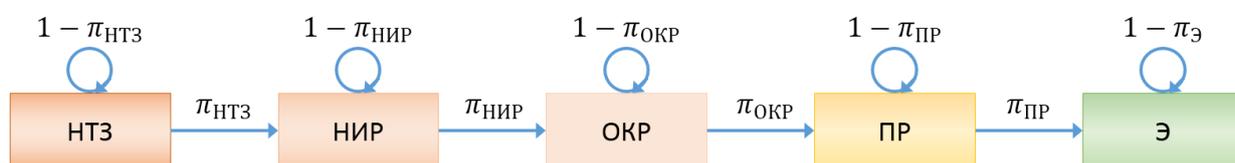


Рисунок 2 – Граф проектного процесса создания образца ВВТ

Начальное состояние проекта определяется научно-техническим заданием (НТЗ), а конечное – началом эксплуатации образца ВВТ. Переходы в различные состояния осуществляются с вероятностями $\pi_{ij}(t)$ в дискретные моменты времени $t = 1, 2, \dots, T$.

Выпишем систему уравнений для вероятностей состояния процесса согласно представленному на рисунке 2 графу:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{НТЗ}}(t + 1) &= (1 - \pi_{\text{НТЗ}})P_{\text{НТЗ}}(t); \\
 P_{\text{НИР}}(t + 1) &= \pi_{\text{НТЗ}}P_{\text{НТЗ}}(t) + (1 - \pi_{\text{НИР}})P_{\text{НИР}}(t); \\
 P_{\text{ОКР}}(t + 1) &= \pi_{\text{НИР}}P_{\text{НИР}}(t) + (1 - \pi_{\text{ОКР}})P_{\text{ОКР}}(t); \\
 P_{\text{ПР}}(t + 1) &= \pi_{\text{ОКР}}P_{\text{ОКР}}(t) + (1 - \pi_{\text{ПР}})P_{\text{ПР}}(t); \\
 P_{\text{Э}}(t + 1) &= \pi_{\text{ПР}}P_{\text{ПР}}(t) + (1 - \pi_{\text{Э}})P_{\text{Э}}(t),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где $P_{\text{НТЗ}}(t) + P_{\text{НИР}}(t) + P_{\text{ОКР}}(t) + P_{\text{ПР}}(t) + P_{\text{Э}}(t) = 1, t = 1, 2, \dots, T$.

Исходными данными модели являются условные вероятности переходов $\pi_{ij}(t)$ с заданными значениями и начальные значения вероятностей состояния процесса.

На рисунке 3 представлены зависимости вероятностей реализации этапов проекта от времени при заданных вероятностях переходов:

$$\pi_{\text{НТЗ}}(t) = 0,8; \pi_{\text{НИР}}(t) = 0,7; \pi_{\text{ОКР}}(t) = 0,65; \pi_{\text{ПР}}(t) = 0,5; \pi_{\text{Э}}(t) = 0$$

и начальных значениях вероятностей переходов:

$$P_{\text{НТЗ}}(0) = 0,5; P_{\text{НИР}}(0) = 0,15; P_{\text{ОКР}}(0) = 0,15; P_{\text{ПР}}(0) = 0,15; P_{\text{Э}}(0) = 0,05.$$

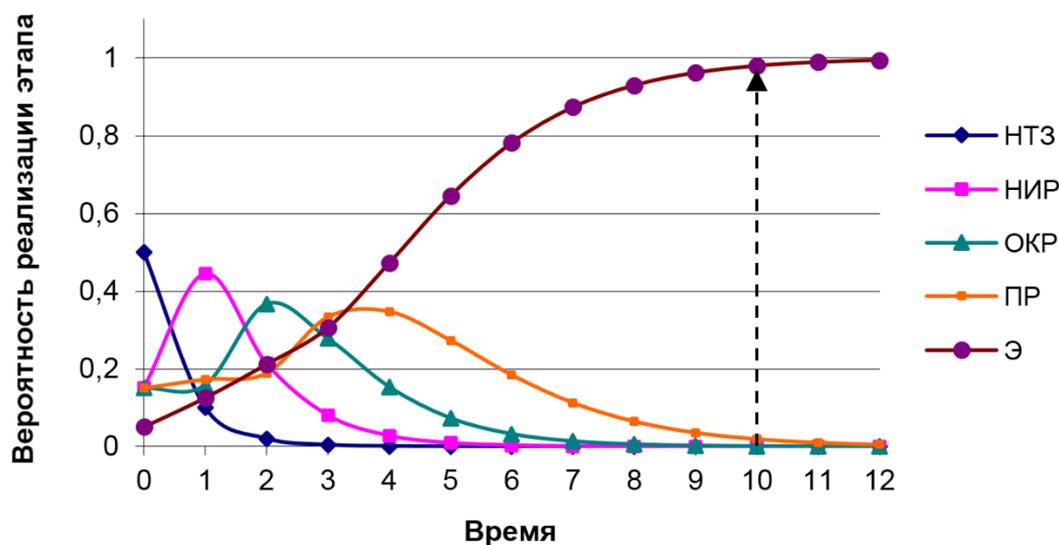


Рисунок 3 – Динамика вероятностей реализации этапов проекта

Эти параметры характеризуют уровень научно-технического задела и производственно-технологических возможностей для реализации проекта.

Итоговая функция $P_{\text{Э}}(t)$ характеризует вероятность реализации проекта к моменту времени t .

Из приведенного рисунка видно, что за время $T = 10$ лет проект реализуется практически достоверно ($P_{\text{Э}}(t) = 0,98$). При этом среднее время реализации проекта составляет $\bar{T} = \sum_{i=1}^{10} [1 - P_{\text{Э}}(t)] \approx 4,7$ года.

Таким образом, для задания полумарковского процесса необходимо задать матрицу вероятностей одношаговых переходов $\Pi(t) = \{\pi_{ij}(t)\}_{m \times m}$ и вектор вероятностей его начальных состояний $P(0) = \{P_i(0)\}_{m \times 1}$.

Дальнейшая эволюция полумарковского процесса описывается матричным уравнением:

$$P(t + 1) = \Pi P(t), t = 0, 1, 2, \dots, T. \tag{2}$$

По своему виду функция $P_3(t)$ напоминает *логистическую* функцию, которая широко используется в качестве моделей рабочих процессов в экономике, производстве, технике [7; 8; 12-14].

Рассмотрим методический подход к описанию динамики ЖЦ образцов ВВТ с использованием логистических функций вместо классической модели полумарковского процесса (1), что позволит в значительной степени упростить моделирование ЖЦ ВВТ.

Типичная логистическая модель описывается следующим дифференциальным уравнением для вероятности готовности продукта [12; 14]:

$$\frac{dp}{dt} = \vartheta p(1 - p); P(0) = p_0, t \geq 0, \quad (3)$$

где $\vartheta(t)$ – интенсивность (темп) создания продукта;
 p_0 – начальный уровень готовности продукта, определяемый уровнем научно-технического и технологического задела.

Решение этого уравнения имеет вид:

$$p(t) = \frac{p_0}{p_0 + (1 - p_0)e^{-\int_0^t \vartheta(\tau) d\tau}}. \quad (4)$$

При постоянном темпе развития продукта ($\vartheta = const$) уравнение (4) принимает более простой вид:

$$p(t) = \frac{p_0}{p_0 + (1 - p_0)e^{-\vartheta t}}. \quad (5)$$

На рисунке 4 представлены графики готовности продукта с постоянным темпом $\vartheta = 0,5$ 1/год, но с разным начальным уровнем готовности $p_0 = 0,2$.

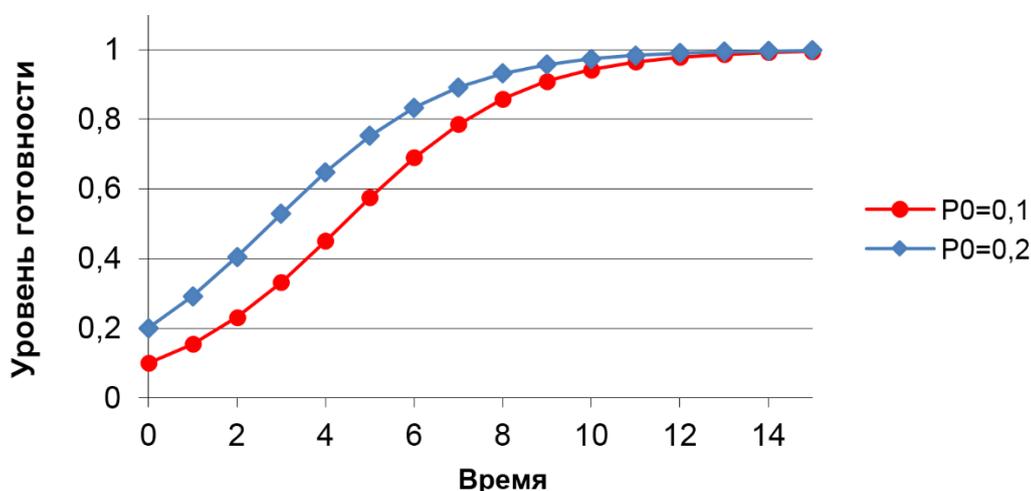


Рисунок 4 – Логистические функции готовности продукта

Задавая гарантированный уровень готовности продукта γ , из уравнения (5) можно определить необходимое время для его создания. Из равенства:

$$p(t) = \frac{p_0}{p_0 + (1 - p_0)e^{-\vartheta t}} = \gamma$$

получаем время готовности продукта с заданным уровнем:

$$t_\gamma = -\frac{\ln\left(\frac{(1-\gamma)p_0}{\gamma(1-p_0)}\right)}{\vartheta}. \quad (6)$$

Можно задать требуемое время готовности продукта t^γ и найти необходимый темп выполнения проектных работ

$$\vartheta = -\frac{\ln\left(\frac{(1-\gamma)p_0}{\gamma(1-p_0)}\right)}{t^\gamma}. \quad (7)$$

Динамика выполнения проектных работ зависит от стратегии их ресурсного обеспечения. В работе [14] исследованы основные стратегии ресурсного обеспечения и связанная с ними динамика готовности продукта к его использованию. В предположении, что темп $\vartheta(t)$ создания продукта пропорционален скорости потока $c(t)$ ресурсов в стоимостном измерении:

$$\vartheta(t) = kc(t), \quad (8)$$

где $c(t) = \frac{dc(t)}{dt}$ – скорость потока ресурсов во времени,

$k > 0$ – коэффициент пропорциональности, получены различные зависимости для вероятности выполнения проектов.

На рисунке 5 показаны графики логистических функций готовности продукта при различных стратегиях ресурсного обеспечения [14].

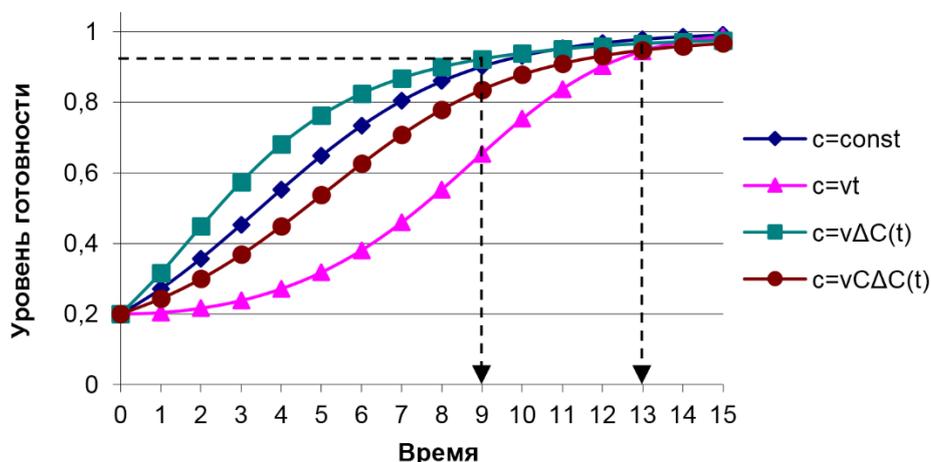


Рисунок 5 – Логистические функции развития продукта при различных стратегиях ресурсного обеспечения

Для каждого этапа реализации проекта при заданном времени его выполнения τ_i и известном ресурсном потоке $c_i(t)$ для его обеспечения по формулам (5), (8) нетрудно рассчитать вероятность готовности проекта $p_i(t_i)$ к моменту окончания этапа i :

$$p_i(t_i) = \frac{p_{i-1}}{p_{i-1} + (1-p_{i-1})e^{-k_i c_i t_i}}, i = \overline{1, m}, \quad (9)$$

где p_{i-1} – уровень готовности проекта, достигнутый на предыдущем этапе, и время его перехода на следующий этап

$$t_i = t_{i-1} + \tau_i.$$

Если принять, что финансирование проекта на каждом этапе осуществляется с постоянным темпом, то из формулы (6) получаем требуемую длительность этапа разработки с заданной надежностью:

$$\tau_i^y = -\frac{\ln\left(\frac{(1-\gamma_i)p_{i-1}}{\gamma_i(1-p_{i-1})}\right)}{k_i c_i}, i = \overline{1, m}.$$

При достижении уровня реализации проекта $p(t_i) \geq p_i^y$ процесс разработки переходит к последующему этапу. Если $p(t_i) < p_i^y$, то процесс разработки на данном этапе продолжается либо возвращается на предшествующий этап проектных работ. Практика проектных работ свидетельствует, что при недостаточной проработке начальных этапов проекта сроки ОКР существенно увеличиваются, а в ряде случаев ОКР приостанавливается для подготовки необходимого научно-технического задела (НТЗ) и корректировки принятых концептуальных решений.

С помощью логистической модели (5), (6) можно для каждого этапа реализации проекта задать продолжительность τ_i , темп ϑ и рассчитать вероятность реализации $p_i(t_i)$.

После закупки образца ВВТ в течение некоторого времени $t_{0Э}$ осуществляется его опытная эксплуатация, в течение которой изготовитель занимается устранением за свой счет выявленных недостатков и гарантийным обслуживанием образца ВВТ. После прохождения этапа опытной эксплуатации начинается этап войсковой эксплуатации образца ВВТ. В этот период изготовитель осуществляет технический надзор за правильностью, полнотой и качеством проведения работ по его техническому обслуживанию. Через определенное время или после определенной наработки образец ВВТ подвергается профилактическому или вос-

становительному ремонту, который выполняется силами изготовителя либо с привлечением войсковых специалистов. Этап войсковой эксплуатации продолжается до момента снятия образца ВВТ со снабжения либо по истечении технического ресурса, либо по другим соображениям.

В процессе эксплуатации происходит постепенное снижение уровня готовности образца ВВТ в силу воздействия различных деструктивных факторов (износа и отказов составных частей, повреждений из-за ошибок личного состава и пр.). Интенсивность таких воздействий со временем увеличивается и наступает момент достижения предельного срока эксплуатации, после чего образец снимается со снабжения и направляется на утилизацию. Предельный срок эксплуатации устанавливается в процессе разработки образца ВВТ и контролируется изготовителем в течение времени его эксплуатации.

С учетом сказанного возникает задача управления продолжительностью этапов ЖЦ образца для обеспечения заданного уровня его готовности при минимальных затратах. Управляющим параметром в этой задаче выступают затраты на реализацию определенного этапа ЖЦ и скорость их потока.

Обозначим $C(t_{ЖЦ}) = \sum_{i=1}^m C_i(\tau_i)$ – суммарные затраты на реализацию m этапов (НИЭР, ОКР, ПР, Э) ЖЦ образца ВВТ; $t_{ЖЦ} = \sum_{i=1}^m \tau_i$ – общую продолжительность ЖЦ.

Готовность образца ВВТ, достигаемая на определенном этапе ЖЦ, помимо его продолжительности зависит от интенсивности выполнения проектных работ, связанной со скоростью поступления ресурсов, и уровня готовности проекта, достигнутого на предыдущем этапе.

Это дает возможность сформулировать обратную задачу динамики для рассматриваемого проектного процесса.

Для заданных уровня готовности проекта на момент закупки $P(t_m) = p_m$ и продолжительностей этапов разработки образца ВВТ τ_i , ($i = \overline{1, m}$) определить дифференциальные затраты c_i , обеспечивающие минимум общих затрат на создание образца ВВТ:

$$C(t_m) = \sum_{i=1}^m c_i \tau_i \rightarrow \min_{c_i, i=\overline{1, m}}; t_m = \sum_{i=1}^m \tau_i; P(t_m) = p_m; P(0) = p_0;$$

$$c_i = - \frac{\ln \left(\frac{p_{i-1}(1-p_i)}{p_i(1-p_{i-1})} \right)}{k_i \tau_i}, i = \overline{m, 1}. \quad (10)$$

Для решения данной задачи используется метод динамического программирования [15]. Уравнение Беллмана для суммарных затрат имеет вид:

$$C(t_n) = \min_{c_i, i=1, n} \sum_{i=1}^n c_i \tau_i = \left[C(t_n - \tau_n) + \min_{c_n} (c_n \tau_n) \right]; \tau_n = -\frac{1}{k_n c_n} \ln \left(\frac{p_{n-1}(1-p_n)}{p_n(1-p_{n-1})} \right),$$

где $n = \overline{m, 1}$ – номер шага.

Алгоритм метода динамического программирования реализуется по шагам.

Шаг 1. На момент закупки t_3 образца ВВТ задается уровень его готовности $P(t_3) = p_3$. Далее рассчитываются потребные затраты ресурсов на производство ВВТ в течение времени $\tau_{\text{ПР}}$:

$$C_{\text{ПР}}(\tau_{\text{ПР}}) = c_{\text{ПР}} \tau_{\text{ПР}} = -\frac{1}{k_{\text{ПР}}} \ln \left(\frac{p_{\text{ОКР}}(1-p_3)}{p_3(1-p_{\text{ОКР}})} \right). \quad (11)$$

Они зависят от коэффициента затрат $k_{\text{ПР}}$ в будущий момент времени. Поскольку момент закупки t_3 является прогнозным, то расчет будущего коэффициента затрат $k_{\text{ПР}}$ необходимо производить с учетом роста цен и изменения рыночной конъюнктуры. Для расчета может быть использована формула роста будущих затрат [16]:

$$k_{\text{ПР}}^*(t_3) = k_{\text{ПР}}(0)(1 + E)^{t_m}, \quad (12)$$

где E – прогнозируемая величина инфляции.

По этим данным с использованием формулы (8) рассчитывается темп производства:

$$\vartheta_{\text{ПР}} = k_{\text{ПР}}^* \frac{c_{\text{ПР}}}{\tau_{\text{ПР}}}.$$

Шаг 2. Из формулы (9) получаем выражение для расчета уровня готовности образца ВВТ на момент завершения ОКР:

$$p_{\text{ОКР}} = \frac{p_{\text{ПР}}}{p_{\text{ПР}} + (1-p_{\text{ПР}})e^{-k_{\text{ПР}}^* c_{\text{ПР}}}}. \quad (13)$$

Далее повторяется расчет по схеме шага 1 для этапов ОКР и НИЭР.

Шаг 3. На этапе НИР готовность образца зависит от уровня готовности НТЗ

$$p_{\text{НИР}} = \frac{p_{\text{НТЗ}}}{p_{\text{НТЗ}} + (1-p_{\text{НТЗ}})e^{-k_{\text{НИР}} c_{\text{НИР}}}}. \quad (14)$$

Поэтому необходимо задать этот уровень готовности и далее последовательно по формулам (9), (11) рассчитать показатели готовности образца ВВТ и затраты на остальных этапах ЖЦ.

В результате для каждого этапа получаем оптимальную последовательность объемов финансирования $\frac{C_{НИР}}{\tau_{НИР}}, \frac{C_{ОКР}}{\tau_{ОКР}}, \frac{C_{ПР}}{\tau_{ПР}}$, обеспечивающую минимальный общий объем затрат для получения заданного уровня готовности образца ВВТ к моменту времени его использования.

На практике не всегда можно точно спланировать продолжительность того или иного этапа создания образца ВВТ. В этом случае можно использовать факт наличия приближенно линейной зависимости между объемами финансирования и продолжительностью разработок продукта:

$$\frac{C_i(\tau_i)}{\tau_i} \approx const.$$

В этом случае из соотношения $\frac{C_i(\tau_i)}{\tau_i} \approx \frac{C_j(\tau_j)}{\tau_j}$ получаем приближенную оценку для продолжительности определенного этапа разработки в зависимости от уровня его финансирования

$$\tau_i \approx \frac{C_i(\tau_i)}{C_{ВВТ}(t_3)} t_3,$$

где $C_{ВВТ}(t_3) = C_{НИР}(\tau_{НИР}) + C_{ОКР}(\tau_{ОКР}) + C_{ПР}(\tau_{ПР})$ – суммарные затраты на изготовление образца ВВТ.

Рассмотрим пример, демонстрирующий работоспособность изложенной выше модели управления разработкой некоторого образца ВВТ.

В таблице 1 представлены данные по продолжительности и темпу этапов разработки, производства и опытной эксплуатации (ОЭ) образца ВВТ, коэффициенты затрат для каждого этапа.

Таблица 1 – Значения показателей этапов ЖЦ

Показатели	Этап					
	НТЗ	НИР	ОКР	ПР	ОЭ	Итого
Продолжительность τ , год	–	2,0	4,0	2,0	2,0	10
Темп разработки ϑ , 1/год	–	0,81	0,65	0,66	0,67	
Готовность образца p	0,05	0,21	0,78	0,93	0,98	0,98
Относительные затраты δ_i на финансирование этапа	5,0	0,9	7,5	11,1	2,0	26,5

По приведенной выше методике произведен расчет показателей готовности образца ВВТ к окончанию каждого из этапов и относительные затраты на их реализацию, которые также приведены в таблице 1.

Относительные затраты δ_i на финансирование этапов рассчитывались из условия пропорциональности:

$$\delta_i = \frac{\vartheta_i \tau_i}{\sum_{i=1}^m \vartheta_i \tau_i}$$

На рисунке 6 представлен график динамики готовности образца ВВТ на различных этапах. Реперные точки, соответствующие завершению этапов, выделены синим цветом.

В рассматриваемом примере образец ВВТ поставляется в эксплуатацию с уровнем готовности 98% с последующей гарантийной технической поддержкой производителя.

На рисунке 7 представлена диаграмма распределения относительных затрат δ_i на финансирование этапов работ.

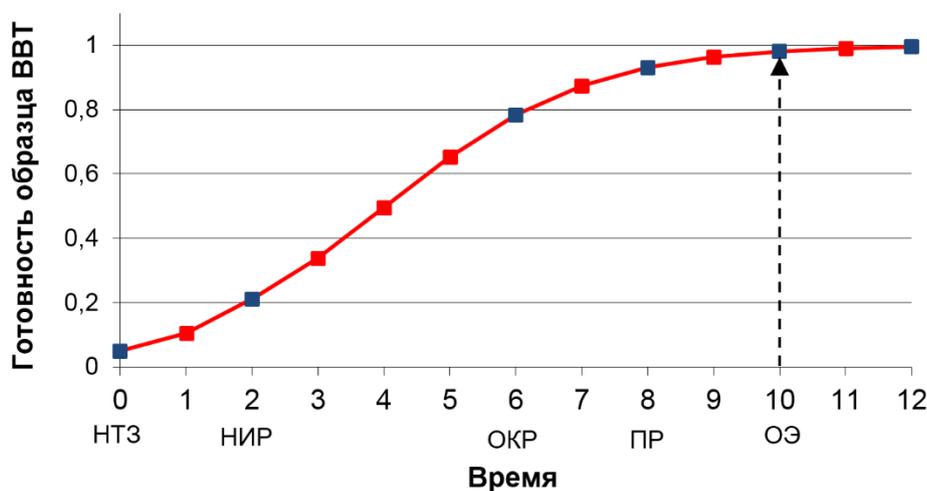


Рисунок 6 – Динамика готовности образца ВВТ

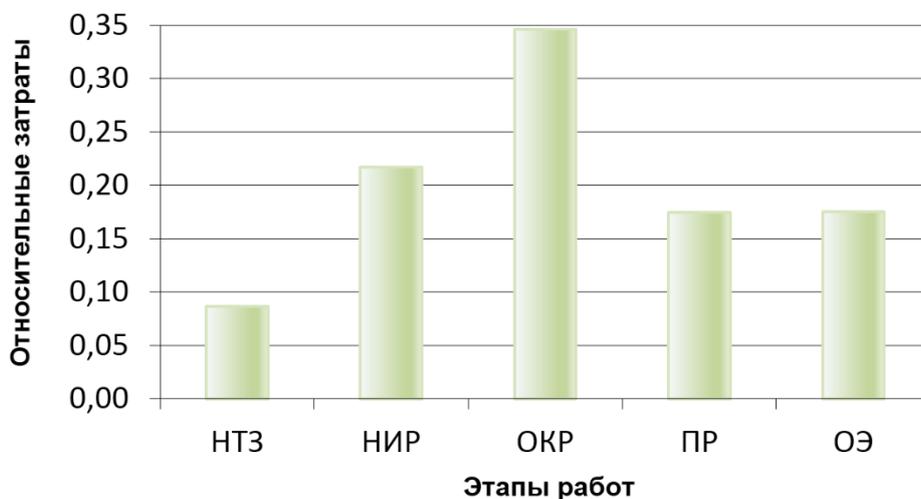


Рисунок 7 – Относительные затраты на финансирование этапов работ

Как отмечалось выше, в процессе эксплуатации образца ВВТ происходит постепенное снижение его готовности (исправности). Для поддержания требуемого уровня готовности периодически производятся техническое обслуживание, текущий и восстановительный ремонт.

3. Полумарковская модель эксплуатации образца ВВТ

Рассмотрим модель изменения уровня готовности образца ВВТ в процессе эксплуатации. Под действием потока отказов с интенсивностью $\lambda(t)$ образец ВВТ с определенной вероятностью $p(t)$ переходит в неисправное состояние и подлежит текущему ремонту. Текущий ремонт выполняется силами специалистов войсковых частей или с привлечением специалистов сервисного центра предприятия-изготовителя. Среднее время текущего ремонта, как правило, значительно меньше интервала наблюдения за техническим состоянием изделия. Поэтому можно считать, что текущий ремонт выполняется мгновенно. При текущем ремонте восстанавливается только работоспособность изделия, т.е. происходит компенсация действия потока внезапных отказов [3; 11].

С течением времени интенсивность отказов непрерывно увеличивается, что связано со старением и износными явлениями. В прикладных задачах часто используется линейная зависимость интенсивности потока отказов от времени [14; 16]:

$$\lambda(t) = \lambda_0 + \alpha t, \quad (15)$$

где λ_0 – интенсивность внезапных отказов изделия;
 α – скорость нарастания интенсивности постепенных отказов.

Составляющие интенсивности отказов λ_0, α зависят от условий и режимов эксплуатации и являются паспортными характеристиками изделия².

В целях профилактики и снижения действия постепенных отказов периодически проводится восстановительный ремонт. Данный ремонт предполагает устранение причин, вызывающих постепенные отказы. Он включает в себя диагностику технического состояния, профилактические замены составных частей, регулировочные и наладочные работы. Восстановительный ремонт осуществляется силами сервисных центров

² В паспорте изделия указываются средние наработки до отказа в различных условиях и режимах эксплуатации, по которым можно рассчитать параметры λ_0, α .

предприятий-изготовителей, при этом восстановление ВВТ осуществляется до максимального уровня его готовности.

Рассмотрим вначале динамику изменения показателя готовности под действием потока отказов без восстановления изделия. Показатель готовности изделия при сохранении им работоспособного состояния имеет вид:

$$p(t) = p_0 e^{-\int_0^t \lambda(x) dx} = p_0 e^{-(\lambda_0 t - \frac{\alpha t^2}{2})}, \quad (16)$$

где $p_0 \leq 1$ – начальный уровень готовности изделия.

Представим показатель готовности изделия как произведение начального уровня готовности p_0 и вероятностей сохранения работоспособного состояния изделия под воздействием внезапных $p_{\text{ВО}}(t) = e^{-\lambda_0 t}$ и постепенных $p_{\text{ПО}}(t) = e^{-\frac{\alpha t^2}{2}}$ отказов:

$$p(t) = p_0 p_{\text{ВО}}(t) p_{\text{ПО}}(t).$$

В практике эксплуатации такое разделение практически невозможно, поскольку отказ изделия проявляется во времени как случайное событие без признаков причинности. Однако для математического описания механизма восстановления работоспособности изделия при отказе такое представление вполне оправдано.

Если текущий ремонт производится сразу же после проявления отказа путем замены отказавшего элемента (составной части) изделия на новый, то в этом случае устраняется последствие, связанное с действием внезапных отказов. В результате после текущего ремонта получаем $p_{\text{ВО}}(t) = 1$ и показатель готовности изделия становится равным $p(t) = p_0 p_{\text{ПО}}(t)$.

При проведении восстановительного ремонта в момент $t_{\text{МР}}$ устраняются последствия как внезапных отказов, так и причины появления и накопления постепенных отказов (износ, старение, разрегулировка). При этом готовность изделия восстанавливается до уровня $p(t) = p_0$. Поскольку текущий и восстановительный ремонты имеют существенно меньшую продолжительность по сравнению с межремонтным интервалом, то восстановление изделия можно считать практически мгновенным.

Окончательное выражение для расчета показателя готовности образца ВВТ в процессе эксплуатации имеет вид:

$$p(t) = \begin{cases} p_0 e^{-\frac{\alpha t^2}{2}}, & t \neq t_{\text{МР}} \\ p_0, & t = t_{\text{МР}} \end{cases}. \quad (17)$$

Таким образом, за счет выполнения ремонтов происходит восстановление (регенерация) технического состояния и готовности образца ВВТ [16].

На рисунке 8 представлена динамика уровня готовности образца ВВТ (абсолютной и средней) с параметрами эксплуатации $p_0 = 1$, $\alpha = 0,031/\text{год}^2$, $t_{MP} = 5$ лет.

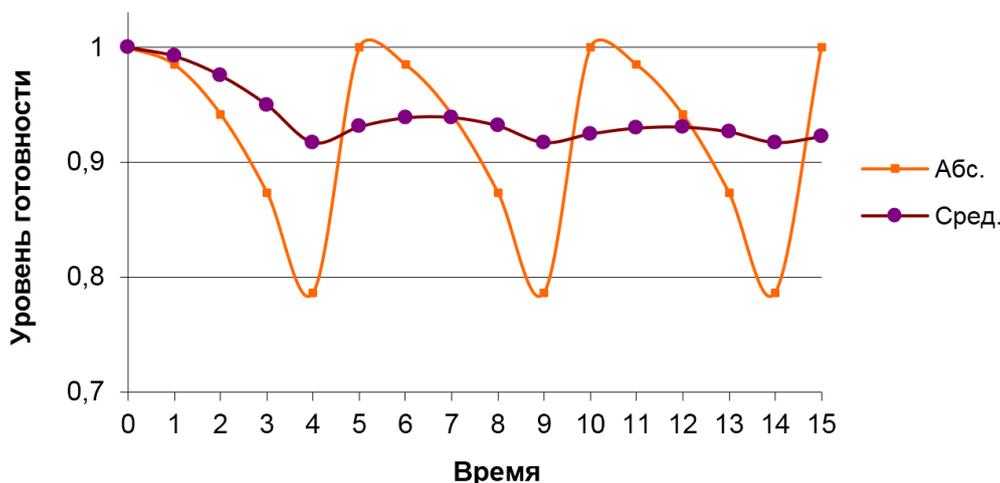


Рисунок 8 – Динамика готовности образца ВВТ в процессе эксплуатации

Восстановление технического состояния и готовности изделия требует соответствующих затрат материальных ресурсов. Эти затраты включают в себя:

- годовые затраты на содержание образцов ВВТ на технических позициях, проведение контрольно-технических смотров и проверок, подготовку к применению C_C ;

- стоимость текущего $C_{ТР}$ и восстановительного $C_{ВР}$ ремонта образцов ВВТ.

Исходя из теории и практики технико-экономического анализа ВВТ, примем следующие допущения относительно методики расчетов технико-экономических параметров ВВТ [4; 14]:

- годовая стоимость эксплуатации и ремонта образца ВВТ пропорциональна первоначальной стоимости закупки и подвержена инфляционным изменениям $C_Э = k_Э C_З$; $C_Р = k_Р C_З$;

- инфляционные изменения цен учитываются дефлятором

$$d(t) = (1 + E)^t,$$

где E – нормативный уровень годовой инфляции.

В этом случае затраты на эксплуатацию образца ВВТ за время t составят:

$$C_3(t) = d(t)(C_C t + C_{ТР} \lambda_0 t + C_{БР} \frac{t}{t_{MP}}) = d(t)(C_C + \frac{C_{ТР}}{T_0} + \frac{C_{БР}}{t_{MP}})t, \quad (18)$$

где $T_0 = \frac{1}{\lambda_0}$ – средняя наработка образца до отказа.

Периодичность восстановительных ремонтов t_{MP} устанавливается из условия обеспечения заданной готовности образца ВВТ:

$$p_0 e^{-\frac{\alpha t^2}{2}} \geq p_{зад},$$

откуда получаем:

$$t_{MP} = \sqrt{-\frac{2}{\alpha} \ln\left(\frac{p_{зад}}{p_0}\right)}. \quad (19)$$

Критерием остановки процесса эксплуатации образца может служить превышение эксплуатационных затрат стоимости закупки C_3 нового образца ВВТ [3; 11; 16]:

$$C_3(t) \geq C_3. \quad (20)$$

Из неравенства (17) определяется предельный срок службы образца ВВТ по экономическому критерию:

$$t_{CC} = \frac{C_3}{dt(C_C + \lambda_0 C_{ТР} + \frac{C_{БР}}{t_{MP}})}. \quad (21)$$

Рассмотрим пример расчета технико-экономических параметров этапа эксплуатации образца ВВТ, исходные данные которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета технико-экономических параметров

Наименование характеристики образца ВВТ	Значение характеристики
Интенсивность внезапных отказов λ_0 , 1/год	0,12
Параметр скорости постепенных отказов α , 1/год ²	0,003
Относительная стоимость годового содержания C_C/C_3	0,01
Относительная стоимость текущего ремонта $C_{ТР}/C_3$	0,05
Относительная стоимость восстановительного ремонта $C_{БР}/C_3$	0,2
Заданный уровень готовности образца ВВТ $p_{зад}$	0,9
Нормативный уровень годовой инфляции E	0,06

На рисунке 9 представлен график изменения относительных эксплуатационных затрат $\frac{C_3(t)}{C_3}$, рассчитанных по изложенной выше методике.

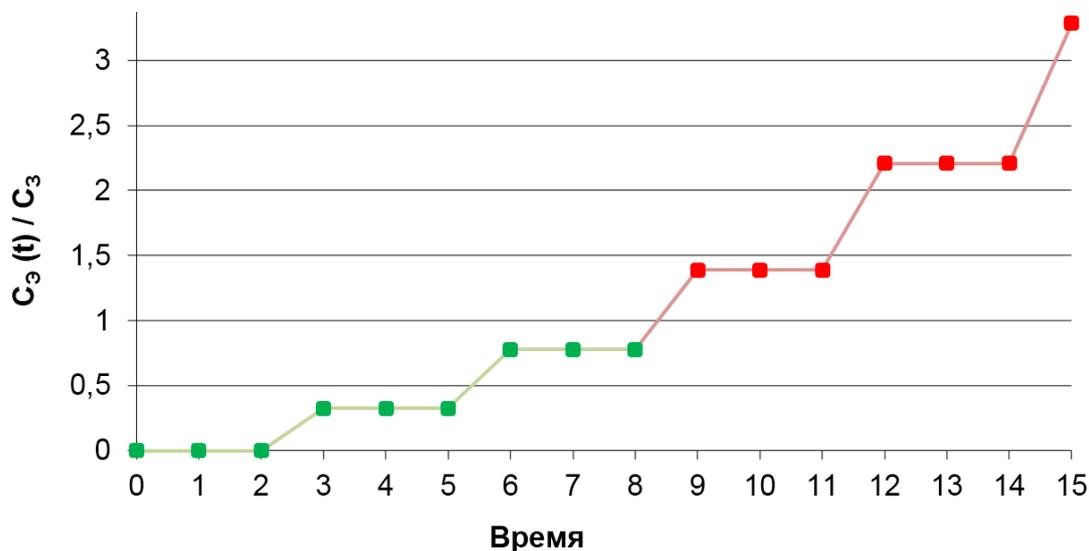


Рисунок 9 – Динамика затрат на эксплуатацию образца ВВТ

Из этого графика видно, что через 9 лет эксплуатационные затраты превысят стоимость закупки образца ВВТ и возникнет вопрос об экономической целесообразности продолжения его эксплуатации.

Заключение

Рассмотренный научно-методический аппарат может быть использован в задачах программно-целевого планирования при обосновании вариантов государственной программы вооружения, мероприятий по техническому оснащению войск ВВТ, организации технической эксплуатации ВВТ в войсках. Достоинством предлагаемых математических моделей является сочетание их простоты и достаточно высокой адекватности реальным процессам, а также наличие исходных данных, используемых в практической деятельности для их реализации.

Список использованных источников

1. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе / Под. ред. В.М. Буренка. М.: Издательская группа «Граница», 2013. 520 с.
2. Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2014. №2(27).
3. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники. М.: Издательская группа «Граница», 2015. 315 с.
4. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Хрусталева Е.Ю. Механизм управления производством продукции военного назначения. М.: Наука, 2006. 303 с.
5. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: Издательский дом «МДМ», 2003.
6. Шаламов А.С. Вероятностные аналитические модели интегрированной логистической поддержки продукции // Качество и ИПИ (CALS) –технологии, 2004. №3.
7. Шаламов А.С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции. М.: Университетская книга, 2008. 464 с.
8. Хрусталева Е.Ю., Хрусталева О.Е. Моделирование жизненного цикла программы создания наукоемкой продукции // Экономический анализ: теория и практика. 2012. №16(271).
9. Ключков В.В., Дутов А.В. Модель управления прикладными исследованиями и разработками в наукоемкой промышленности // Экономический анализ: теория и практика. 2020. № 35(290).
10. Сильверстов А.Н. Полумарковские процессы с дискретным множеством состояний. М.: Советское радио, 1980. 272 с.
11. Буравлев А.И., Доценко Б.И., Казаков И.Е. Управление техническим состоянием динамических систем / Под общ. ред. И.Е. Казакова. М.: Машиностроение, 1995. 240 с.
12. Лебедев В.В., Лебедев К.В. Математическое и компьютерное моделирование экономики. М.: НВТ-Дизайн, 2002. 256 с.
13. Поздняков А.И. Система общих закономерностей развития военной техники как основа определения приоритетов в военно-технической политике // Вооружение и экономика. 2013. №2(22).
14. Буравлев А.И. Модели управления ресурсным обеспечением проектов создания высокотехнологичной продукции // Вооружение и экономика. 2019. №4(50).
15. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления / Пер. с англ.; под ред. Б.С. Разумихина. М.: Наука, 1969.
16. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Пер. с нем.; под ред. И.А. Ушакова. М.: Радио и связь, 1988. 392 с.

УДК 519.876.2

С.И. БЕЗДЕНЕЖНЫХ
С.Г. БРАЙТКРАЙЦ, доктор
технических наук, старший
научный сотрудник

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЯМИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрены адаптивные подходы решения задачи управления требованиями в системах управления жизненным циклом вооружения основанных на эволюционно-технологической модели. Предложен алгоритм структурной эволюционной адаптации требований.

Ключевые слова: инновации; разработка технологий; теория информации; энтропия; эпистемология.

1. Управление требованиями в системе управления жизненным циклом продукции военного назначения

В соответствии с ГОСТ Р 56135-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения» *управление требованиями* осуществляют в целях обоснования, детализации, нормирования и формального описания общих и специальных требований к изделию и его составным частям с учетом их взаимосвязей, а также контроля выполнения требований на этапах и стадиях жизненного цикла.

Управление требованиями осуществляют с использованием информационных технологий, позволяющих представить всю совокупность требований к продукции (или их часть) в виде интегрированной информационной модели, пригодной для решения поставленных выше задач.

Научно-методический аппарат управления требованиями наряду с методами, обеспечивающими управление конфигурацией разрабатываемых комплексов, управление проектами, управление номенклатурой устаревающих комплектующих изделий комплекса и его составных частей, а также информационные технологии поддержки жизненного цикла являются составной частью научно-методического аппарата управления жизненным циклом (ЖЦ) продукции.

Для целей управления ЖЦ используют его общую модель (разновидности этой модели), определяющую последовательность и временные рамки процессов, необходимых для реализации ЖЦ, обеспечения и контроля характеристик задаваемой, проектируемой, изготавливаемой и эксплуатируемой продукции. Указанная модель рассматривает ЖЦ как цикл существования объекта от замысла до утилизации.

В настоящее время распространены и широко применяются каскадная, итерационная и эволюционная модель ЖЦ. В [1] предложена новая эволюционно-технологическая модель ЖЦ развития вооружения, основанная на постепенном многошаговом процессе повышения уровня знаний в определенных научно-технологических областях. Идея, лежащая в основе этой модели, состоит в том, что образец следует разрабатывать по принципу приращений полезных качеств объекта так, чтобы разработчик мог использовать данные и знания, полученные при разработке более ранних версий изделия или подобных систем.

В контексте эволюционно-технологической модели ЖЦ требования рассматриваются как часть полного описания изделия, представляемого в виде структурных функциональной, технологической и физической моделей (рисунок 1). Также как и в системном проектировании [2], изменения, приводящие к эволюции, осуществляются последовательной трансформацией этих моделей, главенствующей из которых является технологическая. Она стремится адаптироваться к условиям окружающей среды на основе доступных в рассматриваемой популяции (сегменте) технологий.

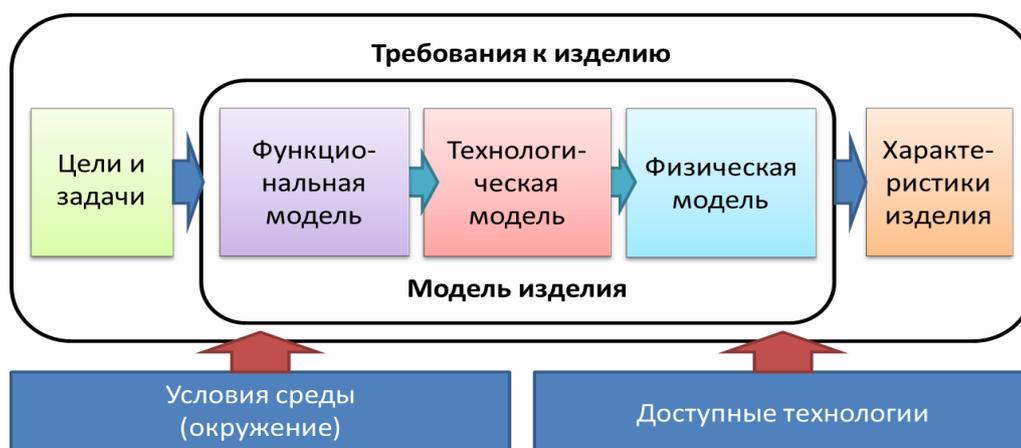


Рисунок 1 – Структурная модель изделия

Требования отражают представления заказчика о назначении, функциях, составе и параметрах изделия, так чтобы оно обладало достаточной эффективностью. При этом учитывается тот факт, что представления могут быть ошибочны и потребуют изменений. То есть весь набор требований не может быть полностью проанализирован и сформулирован заранее, до начала выполнения НИОКР. Поэтому предполагается, что требования устанавливаются частично и в ходе выполнения НИОКР уточняются в каждой последующей конструкции разрабатываемого комплекса.

Из состава требований выделяются требования назначения и задачи, выполняемые изделием. Главным критерием при принятии изделия на вооружение (снабжение) становится способность выполнения изделием своих задач, а не соответствие всем требованиям технического задания.

С использованием структурных функционально-технологических схем происходит мониторинг возможностей популяции (аналогичных комплексов), состояния базовых и критических технологий, а также условий функционирования для каждого типа вооружения.

Управление требованиями происходит не в рамках создания отдельного образца вооружения (программы), а в ретроспективе развития типажа вооружения.

2. Этапы управления созданием сложного технического объекта

Как правило, управление сложным объектом включает следующие этапы [3] (рисунок 2): формулировка целей управления; выделение объекта управления; структурный синтез модели; параметрический синтез модели; синтез управления; реализация управления.

На первом этапе формулируют задачи, которые должно решать изделие (постановка целей управления). Заказчик (субъект управления) формулирует задачи в соответствии со своим пониманием того, как изделие должно применяться. Условия среды, в которой функционирует изделие, представляются как конечный набор параметров $S = (s_1, \dots, s_e)$. Эти параметры составляют фазовое пространство ситуаций $\{S\}$. Каждая точка этого пространства определяет конкретную ситуацию, сложившуюся вокруг изделия.

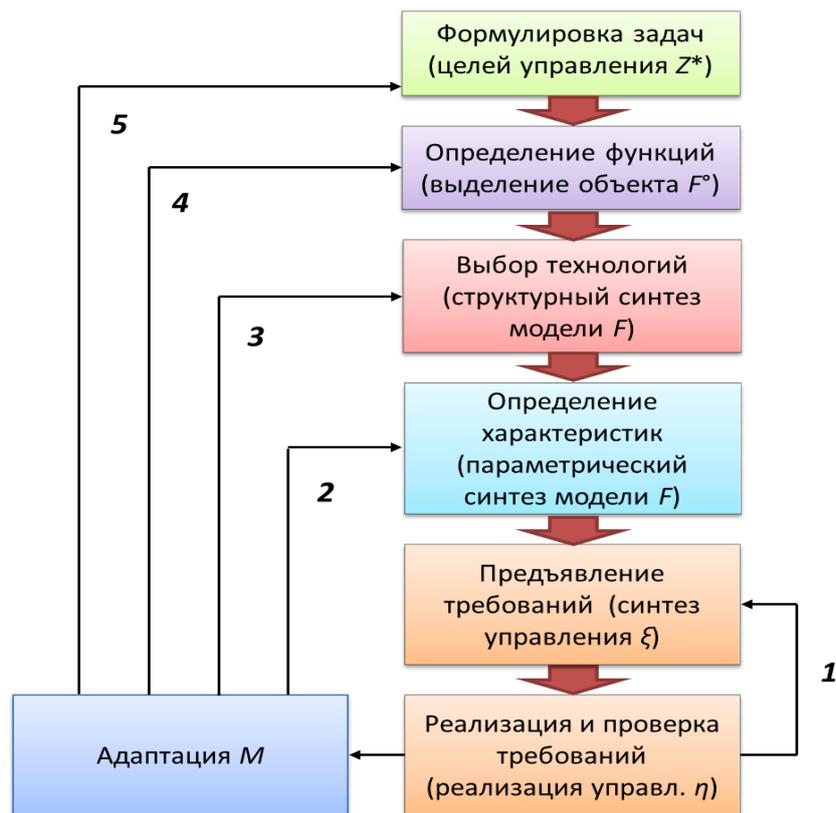


Рисунок 2 – Последовательность этапов управления сложным объектом

Изменения среды приводят к соответствующей эволюции ситуации, что определяет движение точки S вдоль траектории фазового пространства. В экономике эти изменения принято называть «рыночной тягой» (market pull) или «тягой потребностей» [4].

Заказчик формулирует цели управления в виде перечня задач, которые должно решать изделие $Z^* = (z_1, \dots, z_k)$, где каждой целевой параметр z_i однозначно определяется положением точки S . Например, для беспилотного летательного аппарата ближнего действия такими задачами могут являться ведение оптикоэлектронной разведки (z_1), корректировка огня артиллерии (z_2), контроль маскировки войск (z_3). Каждая из задач тесно связана с состояниями среды, которую хочет сформировать командир: осведомленность о действиях противника, поражение объектов противника, обеспечение скрытности действий.

Второй этап управления заключается в выделении объекта управления из среды. Задача заключается в том, чтобы для сформированного множества целей $\{Z^*\}$, исходя из имеющихся ресурсов R , определить такой вариант изделия, который по критерию достижимости этих

целей окажется лучше всех. Другими словами, для каждой цели, определяют способ ее достижения – функции изделия, обеспечивающие решение стоящих перед изделием задач. В результате строится функциональная модель изделия.

Каждая из целей (z_1, z_2, z_3) предполагает выполнение определенного алгоритма: взлет (f_1), полет в район выполнения боевой задачи (f_2), выполнение боевой задачи (f_3), полет из района выполнения боевой задачи (f_2), выполнение посадки (f_4). При этом задачи z_1 и z_3 могут быть решены в режиме автономного полета по предварительной программе (f_{31}), однако решение задачи z_3 связано с получением развединформации в режиме времени, близкому к реальному, и постоянной корректировкой полетной программы. В связи с этим к функциям комплекса необходимо добавить корректировку программы полета (f_{32}), передачу разведданных в ходе полета (f_{33}).

Третий этап включает структурный синтез модели. Под структурой понимают форму зависимости F состояния изделия Y от его неуправляемого (X) и управляемого (U) входов $Y = F(X, U)$. Эта зависимость определяется некоторым алгоритмом, который задает последовательность преобразования входной информации X и U в выходную Y . Другими словами, определяется, каким образом выделенный из среды в функциональную модель объект должен реализовывать эти функции.

Этот порядок обусловлен возможностями доступных технологий. Например, реализация функций полета (f_2) может быть осуществлена выбором одной из технологий построения летательного аппарата – самолетной, мультикоптерной, смешанной схемы (конвертоплана). Функция передачи данных может быть реализована с использованием технологий спутниковой связи, УКВ связи, лазерных систем передачи данных и пр. Выбранная схема задает структуру последующих требований. В результате формируется структурная функционально-технологическая схема (СФТС) изделия.

Следующий *четвертый этап* состоит в параметрическом синтезе модели $Y = F(X, U, C)$, т.е. определении ее параметров $C = (c_1, \dots, c_k)$. Определение параметров зависит не только от сформированной СФТС, но в значительной мере обуславливается реализацией выбранных технологий в конкретной физической модели. Так, технология передачи

данных в УКВ диапазоне позволяет организовать связь с БПЛА на дистанции до 300 км, однако другие ограничения на конструкцию летательного аппарата могут снизить этот параметр, например, до 40 км.

Синтез управления *на пятом этапе* связан с принятием решения о том, каким должно быть управление U , чтобы в точке S пространства ситуаций достигнуть применением изделия заданной цели управления Z^* .

Это решение базируется на сформированной модели изделия F , заданных целях Z^* , полученной информации о состоянии среды X и объекта Y . Решение также учитывает выделенные ресурсы R , которые представляют собой ограничения, накладываемые на управление U . Синтез управления заключается в решении вариационной задачи, которая формируется путем соответствующих преобразований и свертки критериев качества управления.

Принятие решения на создание комплекса с БПЛА заключается в разработке тактико-технического задания (ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу и включении соответствующих работ в Программу вооружения. Акт управления здесь заключается в разработке и предъявлении требований. Требования ТТЗ являются тем управляющим воздействием U , программой, которая должна привести изделие и систему требований в новую точку среды S .

Заключительный *шестой этап* состоит в реализации управления. Реализация управления связана с применением управляющего воздействия, полученного на предыдущем этапе, т.е. с использованием сформированных требований ТТЗ в ходе выполнения опытно-конструкторской работы и проведением последующих государственных и войсковых испытаний.

Если управление реализовано, а на испытаниях выясняется, что его цель не достигнута, приходится возвращаться к одному из предыдущих этапов. Как правило, контур управления, который используется при управлении объектами, замкнут на этап синтеза управления (стрелка 1 на рисунке 2). На нем формируется новое управляющее воздействие, отражающее новую сложившуюся в среде ситуацию.

Известно, что задача формирования требований к сложной системе вооружения может не иметь единственного решения. Однако даже если допустить существование единственных оптимальных требований, то система управления требованиями должна реализовать та-

кое воздействие, чтобы достичь их в условиях высокой динамики развития технологий и существенной продолжительности цикла управления. Это приводит к необходимости расширения приведенного выше цикла управления за счет введения этапа *адаптации*, т.е. коррекции всех этапов управления. Адаптация здесь выступает в роли глубокой обратной связи, улучшающей процесс управления сложной системой.

3. Виды адаптации требований

Адаптация как процесс приспособления системы управления требованиями к специфическим свойствам изделия и технологий имеет несколько иерархических уровней, соответствующих рассмотренным ранее этапам управления сложным объектом.

Параметрическая адаптация связана с коррекцией и подстройкой параметров C модели. Необходимость в такого рода адаптации возникает ввиду изменения характеристик управляемого объекта. Эти изменения связаны с эволюцией возможностей *базовых технологий*. Например, увеличение емкости LiPo батарей на 10% позволят увеличить продолжительность полета БПЛА с 50 до 55 мин.

Структурная адаптация требуется тогда, когда коррекция параметров не позволяет сформировать адекватную модель объекта. Если в процессе эволюции объекта его структура изменяется, то такая ситуация складывается постоянно. Указанное обстоятельство приводит к необходимости адаптации структуры модели и реализуется методами структурной адаптации. Адаптация структуры обычно вызвана созданием новых *критических технологий*, качественно изменяющих состав технологий, которые могут быть использованы при разработке изделия. Так, например, появление технологии графитовых аккумуляторов (в несколько раз более емких и не чувствительных к температуре) структурно заместит технологию повсеместно применяемых в БПЛА LiPo батарей.

Адаптация объекта производится, когда структурная адаптация модели не позволяет повысить эффективность функционирования (например, какие-то цели управления не достигаются). Эта адаптация связана с изменением объекта, т.е. пересмотром границы, разделяющей объект и среду. Скажем, задача целеуказания при корректировке артогна решалась в диалоговом режиме посредством телефонной связи, однако такой разведывательно-ударный контур фактически не позволяет обслу-

живать движущиеся цели. Решением является изменение функциональной модели и реализация либо функции лазерного целеуказателя цели, либо функции автоматической передачи координат на орудие.

При этом следует учитывать, что расширение объекта приводит, как правило, к повышению его управляемости, но требует дополнительных ресурсов для реализации управления (т. е. последующего структурного и параметрического синтеза).

Адаптация целей управления осуществляется, когда все предыдущие меры неэффективны. В этом случае определяется новое множество целей $\{Z * \}'$, достижение которых обеспечивается созданной системой управления. Ввиду того что объект эволюционирует (вместе со средой), изменяется и множество достигаемых им целей. Важно знать, какие именно цели могут быть поставлены перед системой управления.

В результате этого процесса фактически адаптируется субъект, который изменяет свои потребности так, чтобы они удовлетворялись путем реализации нового множества целей, достигаемых системой управления в данный период времени. Поэтому адаптацию целей иногда называют адаптацией потребностей субъекта.

Как видно, все указанные выше четыре уровня адаптации системы управления решают одну и ту же задачу – обеспечение достижения системой поставленных целей.

Параметрическая и структурная адаптация обычно являются результатами эволюции технологий и отражают принятую в экономике модель «технологического толчка» (technology push). Она представляется в виде причинно-следственной цепочки, в начале которой находятся фундаментальные исследования, а в конце – производство и распространение инноваций.

Верхние уровни – адаптация объекта и адаптация целей – отражают модель «рыночной тяги» или «тяги потребностей» (market pull). Толчком для создания инноваций в этой модели считается выявленная потребность, а НИОКР становится последующим этапом, позволяющим удовлетворить запросы заказчика.

Каждый вышестоящий уровень адаптации требует для реализации времени в несколько раз больше, чем предыдущий, т. е. работает значительно медленнее. Верхние уровни адаптации должны включаться лишь в том случае, если нижние не могут эффективно отследить изме-

нения, произошедшие в объекте. В рамках развития системы вооружения это означает, что нет смысла разрабатывать новый образец, пока не исчерпан модернизационный потенциал существующих изделий.

Среди рассмотренных возможных видов адаптации требований выделяется структурная адаптация как наиболее соответствующая параметрам эволюционно-технологической модели жизненного цикла. Методы структурной адаптации подразделяют на альтернативные и эволюционные [5]. Альтернативная адаптация отличается тем, что множество E_W допустимых структур W невелико и содержит две – пять альтернативных структур. Эволюционная адаптация позволяет решать задачи на неограниченном множестве допустимых структур.

4. Алгоритм структурной эволюции требований

Задача адаптации возникает в том случае, если отсутствует информация, необходимая для оптимизации объекта. В целом адаптация является частным случаем управления и заключается в изменении управляемого фактора U таким образом, чтобы поддерживать некие заданные функционалы объекта в требуемом состоянии независимо от действия всякого рода внешних и внутренних воздействий. На его структуру основное влияние оказывают целевые ограничения Z^* и сам объект. Цель адаптации заключается в решении задачи

$$Q(U) \rightarrow \min_{U \in S} \Rightarrow U^*, \quad (1)$$

где $S: \begin{cases} H(U) \geq 0, \\ G(U) = 0, \end{cases}$

$Q(U)$ – минимизируемые критерии;

$H(U)$ – критерии неравенства;

$G(U)$ – критерии равенства.

Задачи такого рода при заданных модели F объекта F° и распределении $p(X)$ называют задачами стохастического программирования, которые отличаются тем, что минимизируемые функционалы и функционалы ограничений являются стохастическими, т.е. математическими ожиданиями [3]. Кроме этого, сложность задачи адаптации обусловлена еще и тем, что нет точной модели объекта F и отсутствует достоверная информация о распределении $p(X)$ состояний среды X . Более того, эти параметры также изменяются во времени непредсказуемым образом.

Одним из методов решения задач такого рода является *эволюционная адаптация*. По сути, эволюционная адаптация моделирует процесс биологической эволюции. Этот алгоритм отличается введением незначительных вариаций структуры δW , моделирующей случайные мутации, которые также незначительно изменяют эффективность Q адаптируемого объекта. При этом выполняется условие Гёльдера-Липшица:

$$|Q(W + \delta W) - Q(W)| \leq \mu \|\delta W\|, \quad (2)$$

где $\mu = const$, а под нормой вариации структуры $\|\delta W\|$ следует понимать число, характеризующее степень изменения структуры этой вариацией δW .

С точки зрения эволюционно-технологической модели жизненного цикла для описания требований к изделию нормой такой вариации может служить количество изменяемых технологий.

«Мутации» структуры δW и правило отбора, позволяющее выявлять ее благоприятные вариации, образуют механизм эволюции, с помощью которого строится последовательность улучшающихся структур

$$W_0 \rightarrow W_1 \rightarrow \dots \rightarrow W_N \rightarrow W_{N+1} \rightarrow \dots, \quad (3)$$

обладающих свойством

$$W_N \succ W_{N+1} (N = 1, \dots), \quad (4)$$

где знак предпочтения имеет смысл:

$$Q(W_{N-1}) > Q(W_N). \quad (5)$$

Рассмотрим один из возможных алгоритмов структурной эволюции требований. Пусть структура требований W в ходе их НИОКР изменяется, причем эти изменения, т. е. вариации (мутации) δW структуры W , принадлежат заданному множеству Ξ возможных изменений:

$$\delta W \in \Xi. \quad (6)$$

Множество Ξ определяется ограничениями H и G так, что при соблюдении (6) выполняются условия

$$S: \begin{cases} H(W + \delta W) \geq 0, \\ G(W + \delta W) = 0, \end{cases} \quad (7)$$

если $H(W) \geq 0$ и $G(W) = 0$, где H и G – заданные функционалы ограничений.

Таким образом, будем считать, что множество S вариаций δW определено и задача состоит в оптимизации заданного функционала задач, определенного на структуре W :

$$Q(W) \rightarrow \min_{W \in S}. \quad (8)$$

Процесс эволюции структуры требований W происходит поэтапно. На первом этапе порождаются измененные (мутировавшие) структуры:

$$W_{0i} = W_0 + \delta W_i (i = 1, \dots, k_0), \quad (9)$$

где δW_i – i -я случайная вариация (мутация) структуры, ограниченная (6), а число новых структур k_0 является параметром, который назначается исходя из конкретных условий эволюции.

Новые требования (9) оцениваются по критерию эффективности

$$Q_{0i} = Q(W_{0i}) (i = 1, \dots, k_0). \quad (10)$$

После этого происходит процедура отбора, в ходе которой структуры с большим значением минимизируемого функционала Q выбывают, в результате чего на следующий этап эволюции остается q_0 лучших структур. Можно воспользоваться алгоритмом вероятностного отбора, при котором требования, имеющие большое значение минимизируемого критерия, выбывают с большей вероятностью, чем требование с меньшим критерием. Например, вероятность выбывания для $Q > 0$ может быть определена так:

$$p_{0i} = \frac{Q_{0i}}{\sum_{i=1}^{k_0} Q_{0i}}, (i = 1, \dots, k_0). \quad (11)$$

При этом процесс выбора выбывающих структур завершается тогда, когда осталось q_0 структур. Может сложиться ситуация, когда лучшая из новых сформированных структур хуже исходной W_0 . В таком случае логично сохранить W_0 на следующий этап эволюции.

На втором этапе эволюции каждая из оставшихся структур изменяется аналогично (9) и дает столько вариаций, что их общее число вместе с предшествующими равно k_1 . Последующий отбор оставляет на следующий этап эволюции q_1 структур. Этот процесс повторяется снова и снова.

В результате такой эволюции алгоритм будет стремиться отбирать структуры с необходимым малым значением критерия качества, среди которых находится и оптимальная структура. Случайность вариации δW обеспечивает сходимость процесса эволюции к оптимальному решению W^* .

Параметры k_i и q_i ($i = 0, 1, \dots$) позволяют изменять численность множества рассматриваемых структур и задают критерий отбора. Так, при $q = 1$ на следующий цикл эволюции оставляется одна лучшая структура. Такая стратегия эффективна при наличии одного экстремума

у задачи (8). Однако, как было отмечено выше, задача управления требованиями многоэкстремальна и требует $q_i > 1$ и тем больше, чем сложнее поиск глобального экстремума. Численность популяции k_i также влияет на эффективность процесса эволюции. При большем k_i эволюция имеет глобальную тенденцию, но идет медленнее, так как требует значительных ресурсов. Значение этих параметров следует подобрать эвристически на экспериментальных данных, учитывая их специфику, цели и результаты.

Подводя итоги, следует отметить, что поскольку задача управления требованиями в системе управления жизненным циклом продукции военного назначения не может быть решена методами стохастического программирования, выход может быть найден в применении адаптационных методов. Среди рассмотренных возможных видов адаптации подходящей выглядит структурная адаптация, как наиболее соответствующая параметрам эволюционно-технологической модели жизненного цикла. При этом предложенный алгоритм эволюционной адаптации рассматривается без параметрической подстройки. Параметрическая адаптация, если она необходима для повышения эффективности моделируемой структуры, может быть введена перед этапом эволюционного отбора и реализована с помощью существующих параметрических методов.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: ООО «Купол», 2009. 624 с.
2. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Проблемы и пути создания высокотехнологичной продукции в условиях диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. М.: ИНФРА-М, 2019. 351 с.
3. Растрингин Л.А. Адаптация сложных систем. Рига: Зинатне, 1981. 375 с.
4. Харгадон Э. Управление инновациями: опыт ведущих компаний / Пер. с англ. А.Н. Свирид; под ред. Н.А. Левинской. М.: Вильямс, 2007. 304 с.
5. Канчавели А.Д. Структурная адаптация организационно-экономической системы в условиях современного предпринимательства // Российское предпринимательство. 2002. Том 3. №4. С. 67-76.

УДК 519.8

В.Ю. ЧУЕВ, кандидат
технических наук, доцент
И.В. ДУБОГРАЙ
Е.Б. МАРКЕЛОВ, кандидат
технических наук

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТАКТИКИ ОТРАЖЕНИЯ АТАКИ РАЗНОТИПНЫХ БОЕВЫХ ЕДИНИЦ

В статье на основе теории непрерывных марковских процессов описана модель отражения боевой единицей атаки двух разнотипных боевых единиц противника при вступлении в бой одной из них с запаздыванием. Получены расчётные формулы для вычисления текущих и окончательных состояний при различной тактике ведения боя обороняющейся единицей. Разработанная модель двухстороннего боя может быть использована для оценки боевой эффективности многоцелевых комплексов вооружения.

Ключевые слова: непрерывный марковский процесс; боевая единица; эффективная скорострельность; тактика ведения боя.

При создании новых образцов технических систем возникает, как правило, необходимость разработки математической модели их функционирования с целью оценки работоспособности [1]. Основой оценки проектируемых образцов вооружения и военной техники являются показатели их боевой эффективности, так как они в конечном итоге определяют степень приспособленности данного образца к решению конкретных боевых задач [2; 3]. В качестве основы такой оценки необходимо использование моделей двухсторонних боевых действий, так как они позволяют более достоверно учесть большее количество факторов, влияющих на эффективность в реальных боевых условиях, чем модели без учёта ответного огня [4; 5]. А поскольку бой является стохастическим процессом, в качестве такой оценки предпочтительно использование вероятностных моделей боевых действий, так как они позволяют описать процесс протекания боя со значительно большей степенью точности и полноты, чем детерминированные модели (модели динамики средних) [6].

Возможным способом построения вероятностных моделей двухсторонних боевых действий является применение теории непрерывных марковских процессов [7; 8]. Процесс, протекающий в системе, называется марковским, если в каждый момент времени вероятности всех состояний системы в будущем зависят только от их состояний в настоящий момент времени и не зависят от того, каким образом система пришла в эти состояния [9].

Последовательность выстрелов, осуществляемых каждой участвующей в бою единицей, представляется в виде пуассоновского потока событий [2]. Используется также приём, заключающийся в переходе от потока выстрелов к потоку успешных выстрелов, который также считается пуассоновским. Выстрел назовём успешным, если он поражает боевую единицу противника [3].

Описание процесса боевых действий. Основные математические зависимости и формулы. Рассмотрим следующую ситуацию. Боевая единица X отражает атаку двух разнотипных единиц стороны Y , причём первая единица менее уязвима и более опасна (в дальнейшем будем называть её первой единицей Y). Ранее [10] был рассмотрен бой, когда все три единицы открывают огонь по противнику одновременно. Рассмотрим теперь ситуацию, когда одна из боевых единиц Y начинает боевые действия одновременно с единицей X , а другая открывает огонь через время t_c после начала боя. Возникает вопрос, какую из единиц Y единица X должна поражать в первую очередь.

Введём следующие обозначения:

p_{x1}, p_{x2} – вероятности поражения первой и второй единиц Y одним выстрелом единицы X ;

p_{y1}, p_{y2} – вероятности поражения единицы X одним выстрелом первой и второй единиц Y соответственно;

$\lambda_{x1}, \lambda_{x2}$ – практические скорострельности единицы X при стрельбе по первой и второй единицам Y ;

$\lambda_{y1}, \lambda_{y2}$ – практические скорострельности первой и второй единиц Y ;

величины $v_1 = p_{x1}\lambda_{x1}$, $v_2 = p_{x2}\lambda_{x2}$, $u_1 = p_{y1}\lambda_{y1}$ и $u_2 = p_{y2}\lambda_{y2}$ назовём эффективными скорострельностями боевых единиц сторон, полагая их в течение боя постоянными.

При этом $v_1 < v_2$, $u_1 > u_2$.

Протекание боя будет характеризоваться системой (i, j, k) , где i характеризует состояние единицы X ; j, k характеризуют состояния первой и второй единиц Y соответственно. Значения i, j, k , равные 1, соответствуют тому, что данная единица продолжает бой, а значения i, j, k , равные 0 – тому, что данная боевая единица уничтожена (поражена). Состояние $(0, 0, 0)$ не является состоянием системы, так как вероятность одновременного поражения двух и более единиц является бесконечно малой величиной.

Если первая единица Y открывает огонь по противнику одновременно с единицей X и при этом единица X в первую очередь ведёт огонь по ней, то до вступления в бой второй единицы Y ($t \in [0; t_c]$) этот бой опишется системой следующих уравнений:

$$\begin{aligned} F'_{100}(t) &= v_2 F_{101}(t), \\ F'_{101}(t) &= -F_{101}(t) + v_1 F_{111}(t), \\ F'_{011}(t) &= u_1 F_{111}(t), \\ F'_{111}(t) &= -(v_1 + u_1) F_{111}(t), \\ F'_{001}(t) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

с начальными условиями:

$$F_{111}(0) = 1; F_{ijk}(0) = 0 \text{ при } i + j + k < 3, \quad (2)$$

где $F_{ijk}(t)$ – вероятности того, что в момент времени t система находится в состоянии (i, j, k) ;

$F'_{ijk}(t)$ – их производные по времени.

В момент времени t_c открытия огня второй единицей стороны Y получаем:

$$\begin{aligned} F_{100}(t_c) &= \frac{v_1}{v_1 + u_1} - \frac{v_1}{v_1 - v_2 + u_1} \cdot e^{-v_2 t_c} + \frac{v_1 v_2}{(v_1 + u_1)(v_1 - v_2 + u_1)} \cdot e^{-(v_1 + u_1)t_c} = c_0, \\ F_{101}(t_c) &= \frac{v_1}{v_1 - v_2 + u_1} \cdot (e^{-v_2 t_c} - e^{-(v_1 + u_1)t_c}) = c_1, \\ F_{011}(t_c) &= \frac{u_1}{v_1 + u_1} \cdot (1 - e^{-(v_1 + u_1)t_c}), \\ F_{111}(t_c) &= e^{-(v_1 + u_1)t_c} = c_2, \\ F_{001}(t_c) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Дальнейшее протекание боя опишется системой уравнений:

$$\begin{aligned} F'_{100}(t) &= v_2 F_{101}(t), \\ F'_{001}(t) &= u_2 F_{101}(t), \\ F'_{011}(t) &= -(u_1 + u_2) F_{111}(t), \\ F'_{101}(t) &= -(v_2 + u_2) F_{101}(t) + v_1 F_{111}(t), \\ F'_{111}(t) &= -(v_1 + u_1 + u_2) F_{111}(t) \end{aligned} \quad (4)$$

с начальными условиями (3).

Вероятности окончательных состояний системы (то есть к концу боя) $F_{ijk}(\infty)$ вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} F_{100}(\infty) &= \frac{v_1}{v_1 + u_1} - \frac{v_1 \cdot u_2}{(v_1 - v_2 + u_1) \cdot (v_2 + u_2)} \cdot e^{-v_2 t_c} + \frac{v_1 v_2 u_2}{(v_1 + u_1)(v_1 - v_2 + u_1)(v_1 + u_1 + u_2)} \cdot e^{-(v_1 + u_1) t_c}, \\ F_{001}(\infty) &= \frac{v_1 \cdot u_2}{(v_1 - v_2 + u_1) \cdot (v_2 + u_2)} \cdot e^{-v_2 t_c} - \frac{v_1 u_2}{(v_1 - v_2 + u_1)(v_1 + u_1 + u_2)} \cdot e^{-(v_1 + u_1) t_c}, \\ F_{011}(\infty) &= \frac{u_1}{v_1 + u_1} + \frac{v_1 u_2}{(v_1 + u_1)(v_1 + u_1 + u_2)} \cdot e^{-(v_1 + u_1) t_c}, \\ F_{101}(\infty) &= F_{111}(\infty) = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Отметим, что в данном случае состояния (1,1,0) и (0,1,0) не являются состояниями рассматриваемой системы, так как единица X начинает вести огонь по второй единице Y после уничтожения первой.

Если в данной ситуации (вторая единица стороны Y вступает в бой позже) единица X в первую очередь ведёт огонь по второй единице стороны Y , то до её вступления в бой ($t \in [0; t_c]$) процесс боевых действий описывается системой уравнений:

$$\begin{aligned} G'_{100}(t) &= v_1 G_{110}(t), \\ G'_{010}(t) &= u_1 G_{110}(t), \\ G'_{011}(t) &= u_1 G_{111}(t), \\ G'_{110}(t) &= -(v_1 + u_1) G_{110}(t) + v_2 G_{111}(t), \\ G'_{111}(t) &= -(v_2 + u_1) G_{111}(t) \end{aligned} \quad (6)$$

с начальными условиями:

$$G_{111}(0) = 1; G_{ijk}(0) = 0 \text{ при } i + j + k < 3, \quad (7)$$

где $G_{ijk}(t)$ – вероятности того, что в момент времени t система находится в состоянии (i, j, k) ,

$G'_{ijk}(t)$ – их производные по времени.

В момент времени t_c открытия огня второй единицей Y получаем:

$$\begin{aligned}
 G_{100}(t_c) &= \frac{v_1 v_2}{(v_1 + u_1)(v_2 + u_1)} - \frac{v_1 v_2}{(v_2 - v_1)(v_1 + u_1)} \cdot e^{-(v_1 + u_1)t_c} + \frac{v_1 v_2}{(v_2 - v_1)(v_2 + u_1)} \cdot e^{-(v_2 + u_1)t_c} = d_0, \\
 G_{010}(t_c) &= \frac{u_1}{v_1} F_{100}(t_c), \\
 G_{011}(t_c) &= \frac{u_1}{v_2 + u_1} \cdot (1 - e^{-(v_2 + u_1)t_c}), \\
 G_{110}(t_c) &= \frac{v_2}{v_2 - v_1} \cdot (e^{-(v_1 + u_1)t_c} - e^{-(v_2 + u_1)t_c}), \\
 G_{111}(t_c) &= e^{-(v_2 + u_1)t_c}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Дальнейшее протекание боя опишется системой уравнений:

$$\begin{aligned}
 G'_{010}(t) &= u_1 G_{110}(t), \\
 G'_{100}(t) &= v_1 G_{110}(t), \\
 G'_{011}(t) &= (u_1 + u_2) G_{111}(t), \\
 G'_{110}(t) &= -(v_1 + u_1) G_{110}(t) + v_2 G_{111}(t), \\
 G'_{111}(t) &= -(v_2 + u_1 + u_2) G_{111}(t)
 \end{aligned} \tag{9}$$

с начальными условиями (6).

Вероятности окончательных состояний (то есть к концу боя) примут следующий вид:

$$\begin{aligned}
 G_{100}(\infty) &= \frac{v_1 v_2}{(v_1 + u_1)(v_2 + u_1)} - \frac{v_1 v_2 u_2}{(v_1 + u_1)(v_2 + u_1)(v_2 + u_1 + u_2)} \cdot e^{-(v_2 + u_1)t_c}, \\
 G_{010}(\infty) &= \frac{u_1}{v_1} G_{100}(\infty), \\
 G_{011}(\infty) &= \frac{u_1}{v_2 + u_1} + \frac{v_2 u_2}{(v_2 + u_1)(v_2 + u_1 + u_2)} \cdot e^{-(v_2 + u_1)t_c}, \\
 G_{110}(\infty) &= G_{111}(\infty) = 0.
 \end{aligned} \tag{10}$$

В данном случае не являются состояниями системы состояния (1,0,1) и (0,0,1).

В качестве оптимальной тактики ведения боя единицей X примем максимум вероятности её победы, которая равна $P_{ox} = F_{100}(\infty)$ или $P_{ox} = G_{100}(\infty)$.

Как показали результаты расчётов, единице X выгодно в первую очередь вести обстрел второй единицы Y , если она намного уязвимей первой единицы ($v_2 > 100v_1$) и при этом $u_2 > 0,5u_1$, что в реальных боевых условиях практически не бывает. Поэтому основной интерес представляет случай, когда первая единица Y начинает боевые действия спустя время t_c после начала боя.

Если при этом единица X начинает боевые действия с ведения огня по первой единице Y , то до вступления в бой её второй единицы ($t \in [0; t_c]$) протекание боя опишется системой уравнений:

$$\begin{aligned} F'_{100}(t) &= v_2 F_{101}(t), \\ F'_{001}(t) &= u_2 F_{101}(t), \\ F'_{011}(t) &= u_2 F_{111}(t), \\ F'_{101}(t) &= -(v_2 + u_2) F_{101}(t) + v_1 F_{111}(t), \\ F'_{111}(t) &= -(v_1 + u_2) F_{111}(t) \end{aligned} \quad (11)$$

с начальными условиями (2).

В момент времени t_c получаем:

$$\begin{aligned} F_{100}(t_c) &= \frac{v_1 v_2}{(v_1 + u_2)(v_2 + u_2)} + \frac{v_1 v_2}{(v_2 - v_1)(v_2 + u_2)} e^{-(v_2 + u_2)t_c} - \frac{v_1 v_2}{(v_2 - v_1)(v_1 + u_2)} e^{-(v_1 + u_2)t_c}, \\ F_{001}(t_c) &= \frac{u_2}{v_2} F_{100}(t_c), \\ F_{011}(t_c) &= \frac{u_2}{v_1 + u_2} (1 - e^{-(v_1 + u_2)t_c}), \\ F_{101}(t_c) &= \frac{v_1}{v_2 - v_1} (e^{-(v_1 + u_2)t_c} - e^{-(v_2 + u_2)t_c}), \\ F_{111}(t_c) &= e^{-(v_1 + u_2)t_c}. \end{aligned} \quad (12)$$

Дальнейшее протекание боя опишется системой уравнений (4) с начальными условиями (12).

Вероятности окончательных состояний $F_{ijk}(\infty)$ вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} F_{100}(\infty) &= \frac{v_1 v_2}{(v_1 + u_2)(v_2 + u_2)} - \frac{v_1 v_2 u_1}{(v_1 + u_2)(v_2 + u_2)(v_1 + u_1 + u_2)} e^{-(v_1 + u_2)t_c}, \\ F_{001}(\infty) &= \frac{u_2}{v_2} F_{100}(\infty), \\ F_{011}(\infty) &= \frac{u_2}{v_1 + u_2} + \frac{v_1 u_1}{(v_1 + u_1 + u_2)} e^{-(v_1 + u_2)t_c}. \end{aligned} \quad (13)$$

Состояния (1,1,0) и (0,1,0) в данном случае состояниями системы не являются.

Если же вторая единица Y приступает к боевым действиям одновременно с единицей X , а первая единица Y открывает огонь по противнику спустя время t_c после начала боя, при этом единица X в первую очередь ведёт огонь по второй единице Y , то до вступления в бой первой единицы Y ($t \in [0; t_c]$) он опишется системой уравнений:

$$\begin{aligned} G'_{100}(t) &= v_1 G_{110}(t), \\ G'_{011}(t) &= u_2 G_{111}(t), \\ G'_{110}(t) &= -v_1 G_{110}(t) + v_2 G_{111}(t), \\ G'_{111}(t) &= -(v_2 + u_2) G_{111}(t), \\ G'_{010}(t) &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

с начальными условиями (7).

В момент времени t_c вступления в бой первой единицы Y получаем:

$$\begin{aligned} G_{100}(t_c) &= \frac{v_2}{v_2+u_2} - \frac{v_2}{v_2-v_1+u_2} e^{-v_1 t_c} + \frac{v_1 v_2}{(v_2-v_1+u_2)(v_2+u_2)} e^{-(v_2+u_2)t_c}, \\ G_{010}(t_c) &= 0, \\ G_{011}(t_c) &= \frac{v_2}{v_2+u_2} (1 - e^{-(v_2+u_2)t_c}), \\ G_{110}(t_c) &= \frac{v_2}{v_2-v_1+u_2} (e^{-v_1 t_c} - e^{-(v_2+u_2)t_c}), \\ G_{111}(t_c) &= e^{-(v_2+u_2)t_c}. \end{aligned} \quad (15)$$

Дальнейшее протекание боя опишется системой уравнений (9) с начальными условиями (15).

Вероятности окончательных состояний вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} G_{100}(\infty) &= \frac{v_2}{v_2+u_2} - \frac{v_2 u_1}{(v_2-v_1+u_2)(v_1+u_1)} e^{-v_1 t_c} + \frac{v_1 v_2 u_1}{(v_2-v_1+u_2)(v_2+u_2)(v_2+u_1+u_2)} e^{-(v_2+u_2)t_c}, \\ G_{010}(\infty) &= \frac{v_2 u_1}{(v_2-v_1+u_2)(v_1+u_1)} e^{-v_1 t_c} - \frac{v_2 u_1}{(v_2-v_1+u_2)(v_2+u_1+u_2)} e^{-(v_2+u_2)t_c}, \\ G_{011}(\infty) &= \frac{u_2}{v_2+u_2} + \frac{v_2 u_1}{(v_2+u_2)(v_2+u_1+u_2)} e^{-(v_2+u_2)t_c}. \end{aligned} \quad (16)$$

Состояния (1,0,1) и (0,0,1) состояниями системы также не являются.

Для выяснения оптимальной тактики единицы X вычислим разность:

$$\begin{aligned} \Delta &= F_{100}(\infty) - G_{100}(\infty) = \\ &= \frac{-v_2 u_2}{(v_1+u_2)(v_2+u_2)} + \frac{v_2 u_1}{(v_1+u_1)(v_2-v_1+u_2)} e^{-v_1 t_c} - \frac{v_1 v_2 u_1}{(v_1+u_2)(v_2+u_2)(v_1+u_1+u_2)} e^{-(v_1+u_2)t_c} - \\ &= \frac{v_1 v_2 u_1}{(v_2-v_1+u_2)(v_2+u_2)(v_2+u_1+u_2)} e^{-(v_2+u_2)t_c} \end{aligned} \quad (17)$$

Введём обозначения: $a = \frac{v_1}{u_1}$; $b = \frac{v_2}{u_1}$; $c = \frac{u_2}{u_1}$; $d = u_1 t_c$.

Величину d назовём приведённым временем запаздывания.

Тогда:

$$\Delta = F_{100}(\infty) - G_{100}(\infty) = \frac{-bc}{(a+c)(b+c)} + \frac{b}{(a+1)(b-a+c)} e^{-ad} - \frac{ab}{(a+c)(b+c)(a+c+1)} e^{-(a+c)d} - \frac{ab}{(b-a+c)(b+c)(b+c+1)} e^{-(b+c)d}, \quad (18)$$

при этом $b > 0$, $a \in (0, b)$, $c \in (0, 1)$, $d > 0$.

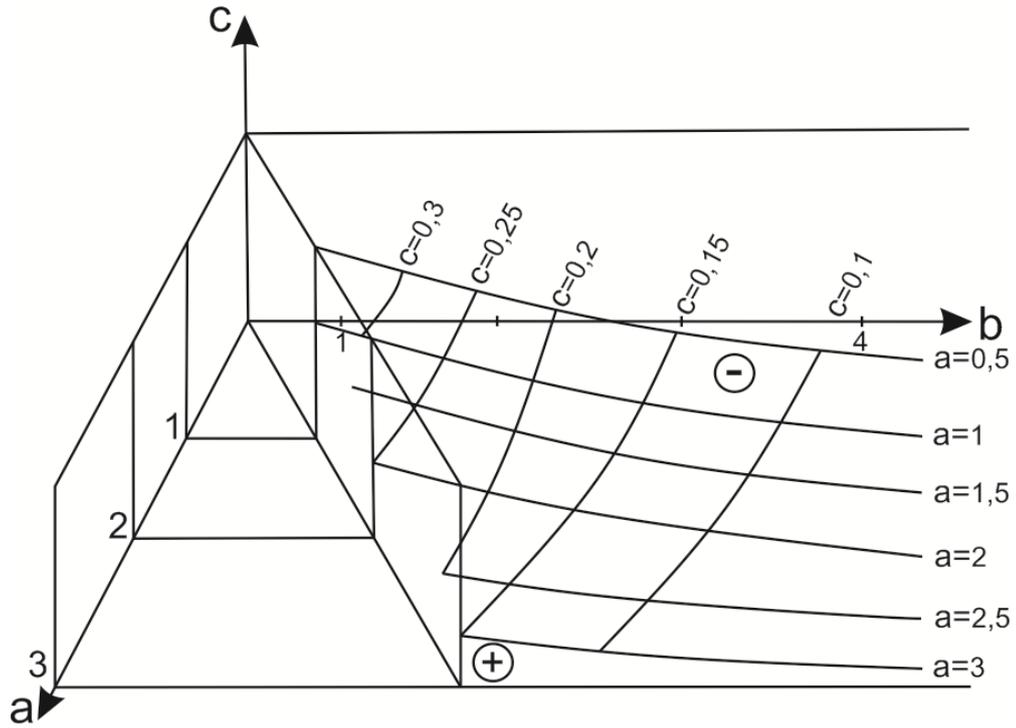


Рисунок 1 – Области выгоды различных тактик ведения боя единицей X при $d=1$

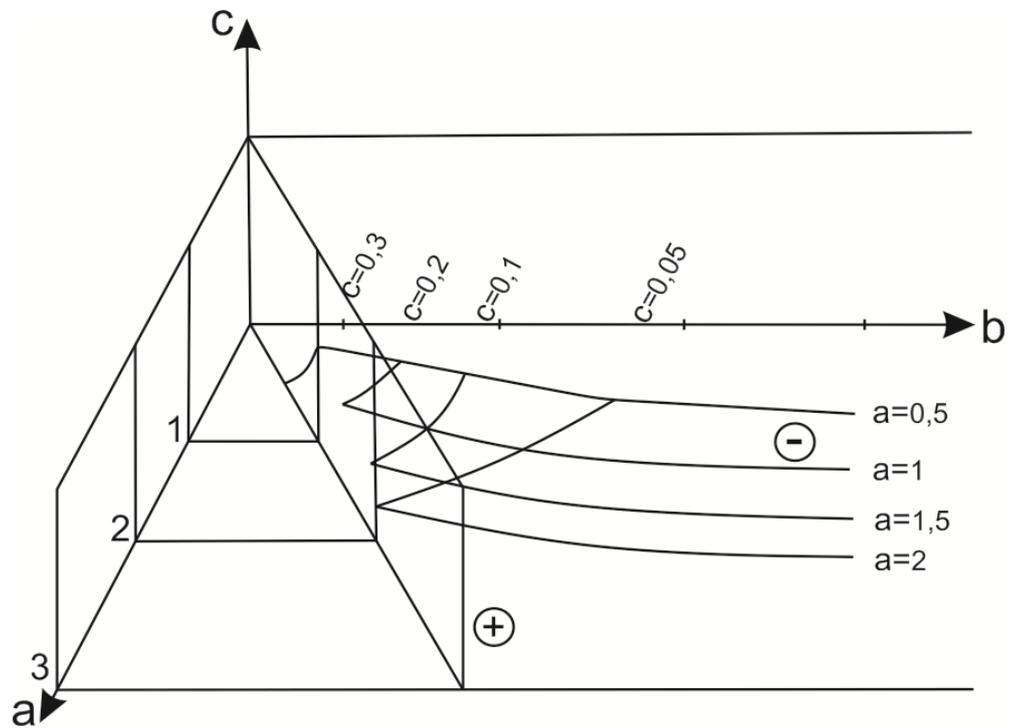


Рисунок 2 – Области выгоды различных тактик ведения боя единицей X при $d=2$

Анализ результатов расчётов. На основе формул (1) – (18) проведены расчёты основных показателей боя. Области выгоды различных тактик ведения огня единицей X представлены на рисунках 1 и 2. Рисунок 1 соответствует значению приведённого времени запаздывания $d=1$. Рисунок 2 – значению $d=2$. Знаком (+) на рисунках отмечена область, в которой единице X следует в первую очередь вести огонь по первой единице Y (менее уязвимой и более опасной). Как видно из рисунков, эта область уменьшается при увеличении времени запаздывания t_c . Область, в которой единице X следует в первую очередь вести огонь по второй единице Y , отмечена на рисунках знаком (-).

Результаты расчётов показали, что правильный выбор тактики ведения боя единицей X может существенно увеличить вероятность её победы. Так при $v_1=0,05$; $v_2=0,06$; $u_1=0,04$; $u_2=0,008$; $t_c=12,5$ (при этом $a=1,25$; $b=1,5$; $c=0,2$; $d=0,5$) получаем $F_{100(\infty)}=0,610$; $G_{100(\infty)}=0,478$; $\Delta=0,132$. А при $v_1=0,03$; $v_2=0,0325$; $u_1=0,025$; $u_2=0,005$; $t_c=10$ (при этом $a=1,2$; $b=1,3$; $c=0,2$; $d=0,25$) получаем $F_{100(\infty)}=0,525$; $G_{100(\infty)}=0,361$; $\Delta=0,164$. То есть в этих ситуациях единице X необходимо в первую очередь вести огонь по первой единице противника. Правильный выбор единицей X тактики ведения боя может более чем на 15% увеличить вероятность её победы.

Но при $v_1=0,03$; $v_2=0,14$; $u_1=0,02$; $u_2=0,018$; $t_c=12,5$ (при этом $a=1,5$; $b=7$; $c=0,9$; $d=0,25$) имеем $F_{100(\infty)}=0,465$; $G_{100(\infty)}=0,589$; $\Delta=-0,144$. А при $v_1=0,02$; $v_2=0,09$; $u_1=0,02$; $u_2=0,019$; $t_c=25$ (при этом $a=1$; $b=4,5$; $c=0,95$; $d=0,25$) получаем $F_{100(\infty)}=0,369$; $G_{100(\infty)}=0,521$; $\Delta=-0,148$. То есть в этих случаях единице стороны X целесообразно начинать обстрел со второй единицы стороны Y и в этих случаях оптимальный выбор единицей X тактики ведения боя значительно увеличивает вероятность её победы.

Выводы:

1) На основе теории непрерывных марковских процессов разработаны модели отражения одной боевой единицей X атаки двух разнотипных единиц противника при вступлении в бой одной из них с запаздыванием.

2) Показаны области выгоды применения различных тактик ведения боя единицей X , которые изменяются с увеличением времени запаздывания.

3) Установлено, что выбор единицей X правильной тактики ведения боя может значительно увеличить вероятность её победы.

4) Разработанная модель двухстороннего боя может быть использована для оценки боевой эффективности многоцелевых комплексов вооружения.

Список использованных источников

1. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н. Особенности математического моделирования технических устройств // Математическое моделирование и численные методы. 2014. №1. С. 5-17.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы и методология. М.: УРСС, 2007. 208 с.
3. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Воениздат, 1970. 270 с.
4. Ткаченко П.Н. Математические модели боевых действий. М.: Советское радио, 1969. 240 с.
5. Hillier F.S., Lieberman G.J. Introduction to Operations Research. New York: McGraw-Hill, 2005. 998 p.
6. Jaiswal N.K. Military Operations Research: Quantitative Decision Making. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997. 388 p.
7. Алексеев О.Г., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Марковские модели боя. М.: Министерство обороны СССР, 1985. 85 с.
8. Чуев В.Ю., Дубограй И.В., Модели двухсторонних боевых действий многочисленных группировок. // Математическое моделирование и численные методы. 2016. №1. С. 89-104.
9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. М.: КноРус, 2015. 448 с.
10. Чуев В.Ю., Дубограй И.В., Анисова Т.Л. Вероятностная модель атаки разнотипных средств // Математическое моделирование и численные методы. 2018. №1. С. 90-97.

УДК 621.371.39:53.08-028.77

Г.М. КЛЕЩЕВНИКОВ
А.А. МАКАРЕНКО, кандидат
технических наук

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КРИТЕРИАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТОЙКОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

В статье представлена экспериментальная методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений, разработанная в ходе выполнения НИОКР, направленных на совершенствование изделий радиоэлектронной аппаратуры в мобильном (носимом) исполнении, предназначенных для применения в современных вооруженных силах. Методика обеспечивает возможность оперативного проведения испытаний радиоэлектронной аппаратуры в полевых условиях с учетом адаптации под конкретные условия ее дальнейшего использования.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, вооружение и военная техника, стойкость радиоэлектронной аппаратуры, критериальные параметры стойкости, мощные электромагнитные излучения, испытания стойкости.

Введение

Анализ действий Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) в современных условиях показывает существенное возрастание значимости создания и применения межвидовых группировок, формируемых для решения конкретных задач из разнородных сил, оснащенных различными видами вооружения. Такая ситуация, например, характерна для проведения специальных операций ВС РФ на территории иностранных государств¹. Особенностью применения межвидовых группировок в таких условиях является возможность сосредоточения на ограниченной территории (аэродромы, морские порты) воинского контингента, сформированного из разнородных сил и средств (авиации,

¹ Вооруженные Силы в Сирии. Научно-популярный труд. Специальная операция. Вооружение и военная техника. АО «Красная Звезда», 2019. 384 с.

флота, противовоздушной обороны, инженерных войск, подразделений сил специальных операций, охраны и обеспечения).

Для современного вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) характерно наличие различных радиоэлектронных компонентов и устройств, в том числе излучающих, часть из которых по своему целевому предназначению формирует мощные электромагнитные поля (например, системы и средства противовоздушной обороны, авиационные радиолокационные станции, системы связи, формирующие направленные радиолинии). Эти факторы обуславливают необходимость обеспечения требований электромагнитной совместимости (ЭМС) различных систем вооружения, которые могут быть сконцентрированы на ограниченной территории для решения задач межвидовой группировки войск (сил). Кроме того, не исключается возможность попадания радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из состава ВВСТ не только под непреднамеренное мощное электромагнитное излучение своих средств, но и под преднамеренное излучение соответствующих средств вооружения противника. Особенно критично вопросы ЭМС могут стоять для ВВСТ в мобильном (носимом) исполнении (например, навигационная аппаратура потребителя, портативные средства связи и компьютеры, элементы управления современной боевой экипировки военнослужащего («Ратник»), защищенность РЭА которого в силу объективных причин может оказаться слабее, чем у РЭА в составе стационарных или мобильных (возимых) средств ВВСТ. При разработке и испытаниях такой РЭА на предприятиях-изготовителях не всегда предусматривалась возможность его попадания в описанные условия, когда случайное непредусмотренное воздействие может вывести из строя или существенно нарушить работоспособность таких ВВСТ, что может привести к срыву задач, поставленных перед оснащенными им подразделениями.

Наиболее достоверным способом подтверждения способности технических средств одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам является проведение натурных испытаний [1; 2].

В силу изложенных выше обстоятельств представляется актуальной разработка такой методики оценки критериальных параметров

стойкости РЭА в составе носимого ВВСТ к воздействию мощных электромагнитных излучений (МЭМИ), применение которой возможно не только в стационарных условиях испытательной лаборатории предприятия-изготовителя, но и в полевых условиях для дополнительного контрольного тестирования стойкости РЭА образцов ВВСТ с учетом описанных специфических условий их дальнейшего применения.

Понятие стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений

Интенсивные исследования стойкости ВВСТ к воздействию мощных электромагнитных излучений в нашей стране начались на рубеже 60-х и 70-х годов прошлого века и вызваны они были, в первую очередь, необходимостью разработки ВВСТ, способных функционировать в условиях возможного применения ядерного оружия, одним из поражающих факторов которого является импульс МЭМИ [3; 4]. Основные усилия и финансовые затраты при этом были направлены на создание имитаторов электромагнитного импульса ядерного взрыва. Что же касается методологии экспериментальной оценки стойкости к воздействию МЭМИ, то она, в основном, тоже была достаточно узко ориентирована на исследование указанного поражающего фактора ядерного оружия, что делает разработанные методы и полученные оценки малоприменимыми для рассматриваемого нами случая.

Следует отметить, что в гражданской сфере данная проблема тоже исследовалась, особенно с ростом компьютеризации и оснащенности портативными средствами связи и другими устройствами в промышленности и в быту, что нашло соответствующее отражение в нормативных документах, в частности, в соответствующих ГОСТах (ГОСТ 30372-95, ГОСТ Р 50397-92, ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95), ГОСТ Р 51317.4.4-2007 (МЭК 61000-4-4: 2004), ГОСТ Р 51317.1.5-2009 (МЭК 61000-1-5:2004)). В указанных документах вводится ряд понятий, которые значимы в рамках рассматриваемой проблемы: *устойчивость к электромагнитной помехе* – способность устройства, оборудования или системы функционировать без ухудшения качества при наличии электромагнитной помехи; *уровень устойчивости к электромагнитной помехе* – максимальный уровень электромагнитной помехи, воздей-

ствующей на конкретное устройство, оборудование или систему, при котором оно сохраняет требуемое качество функционирования; *ненамеренно созданный путь электромагнитного проникновения* – отверстие в электромагнитном экране, не являющееся намеренно созданным, которое может обеспечить путь для проникновения электромагнитной энергии через электромагнитный экран (ненамеренно созданный путь электромагнитного проникновения, как правило, является нежелательным). Анализ указанных источников позволил определить понятие стойкости ВВСТ.

Под *стойкостью ВВСТ* будем понимать свойство ВВСТ выполнять свои функции и сохранять заданные параметры в пределах норм во время и после действия внешнего воздействующего фактора. Тогда понятие *стойкости РЭА к воздействию МЭМИ* можно трактовать как свойство выполнять свои функции и сохранять заданные параметры в пределах норм во время и после воздействия на него МЭМИ². Понятие стойкости РЭА к воздействию МЭМИ в данной трактовке можно распространить на электромагнитные воздействия естественного происхождения (электростатические и грозовые разряды) и искусственного происхождения. Последние целесообразно разделить на боевые воздействия (воздействия средств поражения), реализующиеся только в боевой обстановке, и эксплуатационные воздействия (ЭМВ техногенного происхождения), возникающие в результате работы своего электро- и радиооборудования (например: магнитные поля станций безобмоточного размагничивания кораблей, электромагнитные поля линий электропередачи, контактной сети железных дорог, радиопередающих и радиолокационных средств, а также электромагнитные поля авиационных и корабельных носителей оружия).

В данной классификации объединяются мощные электромагнитные помехи и электромагнитные воздействия средств поражения, которые до настоящего времени рассматривались отдельно. Но такое объединение по мнению специалистов, занимающихся этой проблемой, оправдано единством физической природы рассматриваемых воздействий, что обеспечивает единство методологии электромагнитной стойкости и открывает стратегическую возможность оптимизации не только

² Электромагнитная стойкость оружия // Армейский сборник. URL: <http://army.milportal.ru/elektromagnitnaya-stojkost-oruzhiya/> (дата опубликования 19.04.2018).

системы испытаний, но и всей системы создания оружия, включающей формирование требований, теоретические исследования, расчеты, содержание и порядок отработки, построение экспериментальной базы, методы и средства имитации МЭМИ, метрологическое обеспечение испытаний и так далее [5-10].

Установлено [4], что электромагнитные воздействия большой мощности могут привести к следующим результатам (в порядке убывания жесткости воздействия): постоянному физическому повреждению системы; постоянному прекращению выполнения установленной функции; временному прекращению выполнения установленной функции; ухудшению характеристик функционирования; временному нарушению функционирования, которое может быть устранено действиями оператора.

С учетом изложенных положений была разработана методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений.

Методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений

Цель испытаний – экспериментальное определение уровней стойкости исследуемых образцов радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений.

Задачи испытаний: формирование МЭМИ с заданным временем продолжительности; проведение измерений параметров форм МЭМИ; сборка объектов испытаний и проверка функционирования; проведение воздействия на объекты испытаний (ОИ) МЭМИ с последующей проверкой их функционирования; анализ результатов испытаний и подготовка отчетной документации.

В качестве критерия стойкости выбрано минимальное значение плотности потока мощности в точке нахождения ОИ, при воздействии которой происходят сбои в работе аппаратуры и нарушения работоспособности ОИ.

В качестве проверяемой характеристики выбрана работоспособность испытываемых ОИ после воздействия на них источниками МЭМИ.

Испытания проводятся на образцах РЭА, ранее не подвергавшихся воздействиям МЭМИ.

По результатам испытаний оформляется протокол испытаний.

Обобщенная схема проведения испытаний приведена на рисунке 1.

Перед началом испытаний осуществляется проверка работоспособности ОИ. Для этого проводится их штатное включение. Автономная проверка функционирования ОИ осуществляется при каждом включении. Визуально фиксируется бесперебойное качественное отображение информации, выводимой на экраны измерительных приборов.

Последовательность проведения испытаний.

Объекты испытаний, функционирующие в штатном режиме, располагаются на высоте 1 м от поверхности земли в зоне прямого воздействия источника МЭМИ на фиксированных расстояниях, отградуированных в соответствующие значения электромагнитных полей при заданной мощности излучения моделирующей установки (МУ).

Принцип градуировки значений электромагнитных полей при заданной мощности излучения МУ схематически представлен на рисунке 2.

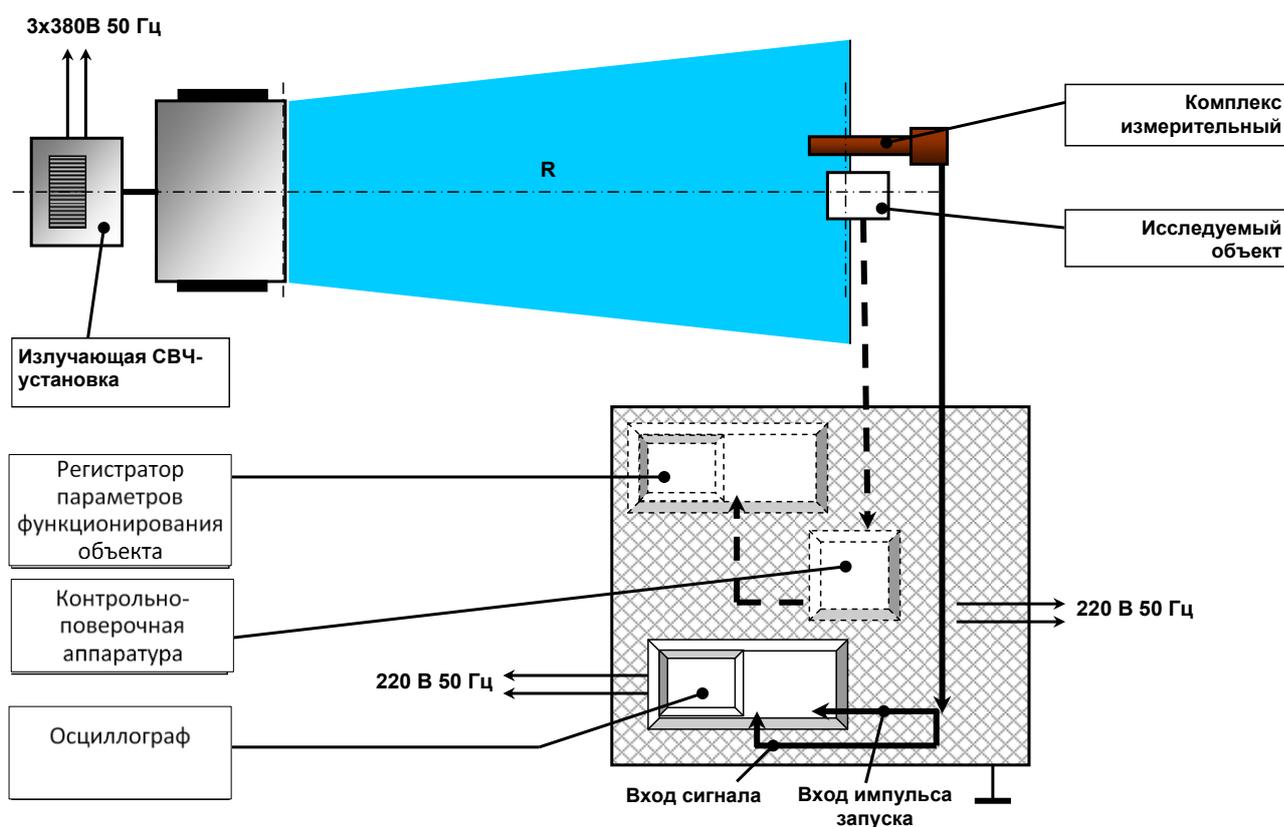


Рисунок 1 – Обобщенная схема проведения испытаний

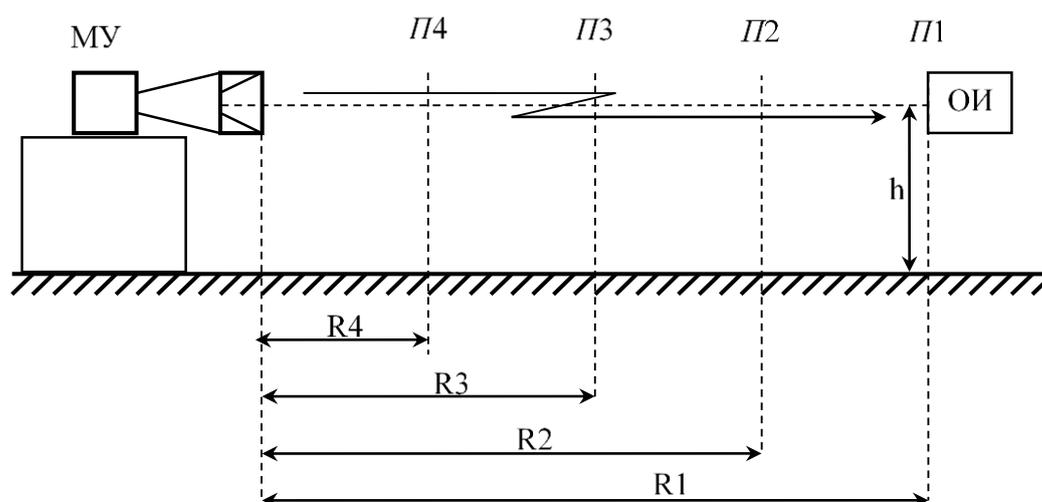


Рисунок 2 – Принцип градуировки значений электромагнитных полей при заданной мощности излучения МУ

Для выборочного измерения плотности потока мощности в зоне расположения объектов испытаний используется комплекс измерения энергетических характеристик МЭМИ в составе измерительной антенны системы рупорного типа (модель П6-68) и измерителя пиковой и средней мощности Е4416А с измерительной головкой Е9327А.

Для регистрации параметров функционирования средств нагружения применяется осциллограф.

Средства отображения и обработки со штатным программным обеспечением помещаются в экранированную камеру, обеспечивающую уровень ослабления отражений 100 дБ.

Общий порядок испытаний.

Задаются параметры электромагнитного излучения: f (несущая частота), F (частота следования импульсов), t_u (длительность импульса), а также t (продолжительность воздействия), расстояние между излучающей антенной и ОИ, ориентация ОИ.

Во время одного включения моделирующей установки одновременно облучаются 2-3 образца объекта испытаний, одинаково сориентированных относительно потока МЭМИ.

Для учёта поляризационных характеристик ОИ изменяется их ориентация относительно направления потока МЭМИ.

При проведении испытаний используются три варианта ориентации объектов относительно потока МЭМИ (А, Б, В):

Вариант А: ОИ расположен прямо напротив источника МЭМИ, поток МЭМИ направлен на переднюю панель прибора (для приёмной антенны ОИ – поток излучения направлен по нормали к её поверхности).

Вариант Б: ОИ лежит на задней стенке, поток излучения направлен на боковую панель прибора (для приёмной антенны ОИ – поток излучения направлен в её боковую проекцию).

Вариант В: ОИ расположен как в варианте А, но прибор повернут в сторону на 90 градусов, поток излучения направлен на переднюю панель прибора.

Расстояния от излучающей антенны до ОИ выбирается в зависимости от характеристик конкретной моделирующей установки. При первом облучении на каждой МУ объекты испытаний выставляются на максимальное расстояние от излучающей антенны. С целью увеличения падающей на объекты испытаний плотности потока мощности расстояние уменьшается на очередную отградуированную отметку. При достижении критического результата или же одного и того же результата на разных расстояниях испытания на данной МУ прекращаются.

Время воздействия выбирается с расчётом, чтобы не допустить выход из строя объектов испытаний при первых облучениях.

После каждого облучения визуально фиксируется проверяемая характеристика, описывается полученный эффект, протоколируются результаты, полученные при облучении. После этого изменяются параметры создаваемого мощного электромагнитного поля, а затем, после очередного облучения, – расстояние от излучающей антенны до объекта испытаний.

В случае возникновения эффектов, ОИ не подвергается очередному облучению до тех пор, пока автономная проверка функциональных узлов прибора не фиксирует устойчивую штатную работу прибора.

При испытаниях используется прямой метод облучения (воздействие на ОИ МЭМИ), при котором объект испытаний в режиме штатного функционирования подвергается электромагнитному воздействию полем в течение заданного времени с заданными параметрами.

Испытания проводятся циклически, в трёх испытательных режимах.

Варианты изменения критериальных параметров при проведении экспериментальных исследований представлены в таблице 1. Обозначения критериальных параметров представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Варианты изменения критериальных параметров при проведении экспериментальных исследований

Испытательный режим	Критериальные параметры						Эффект от воздействия
	1	2	3	4	5	6	
1	c	c	c	v	c	v	
2	c	c	c	v	v	c	
3	v	c	c	c	c	c	
	c	v	c	c	c	c	
	c	c	v	c	c	c	

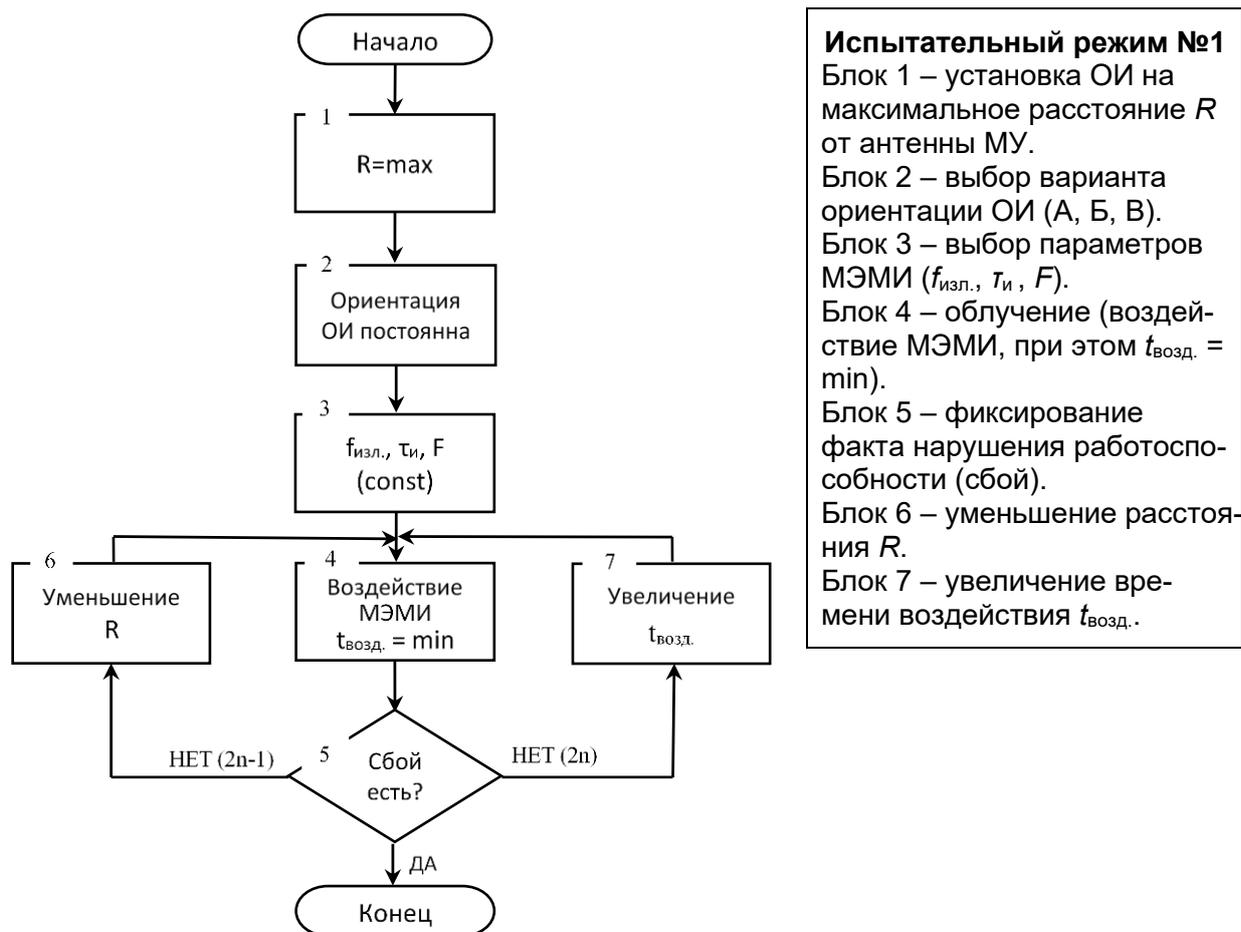
c – const, v – var.

Таблица 2 – Обозначения критериальных параметров

Номер параметра	Обозначение	Название
1	f	несущая частота
2	F	частота следования импульсов
3	τ_u	длительность импульса
4	t	продолжительность воздействия
5		тип ориентации ОИ
6	R	расстояние между излучающей антенной и ОИ

Блок-схемы испытательных режимов представлены на рисунках 3-5. Результаты испытаний фиксируются в формах, представленных в таблицах 3-5. По окончании испытаний полученные результаты обобщаются и анализируются.

Описанная экспериментальная методика определения критериальных значений стойкости РЭА к воздействию МЭМИ была разработана в ВКА имени А.Ф. Можайского и апробирована в полевых условиях на базе полигона 12 ЦНИИ МО РФ в ходе экспериментов по многократному облучению образцов малогабаритной носимой РЭА различными моделирующими установками, генерирующими электромагнитные излучения различной мощности. Установлено, что в результате воздействий происходили как обратимые, так и необратимые отказы, причём после проведения нескольких экспериментов наблюдались случаи снижения уровней воздействий, приводящих к отказам, что свидетельствует о деградации внутренней структуры элементов РЭА под воздействием МЭМИ и потенциальном снижении достоверности декларируемых производителем значений показателей стойкости после такого воздействия.

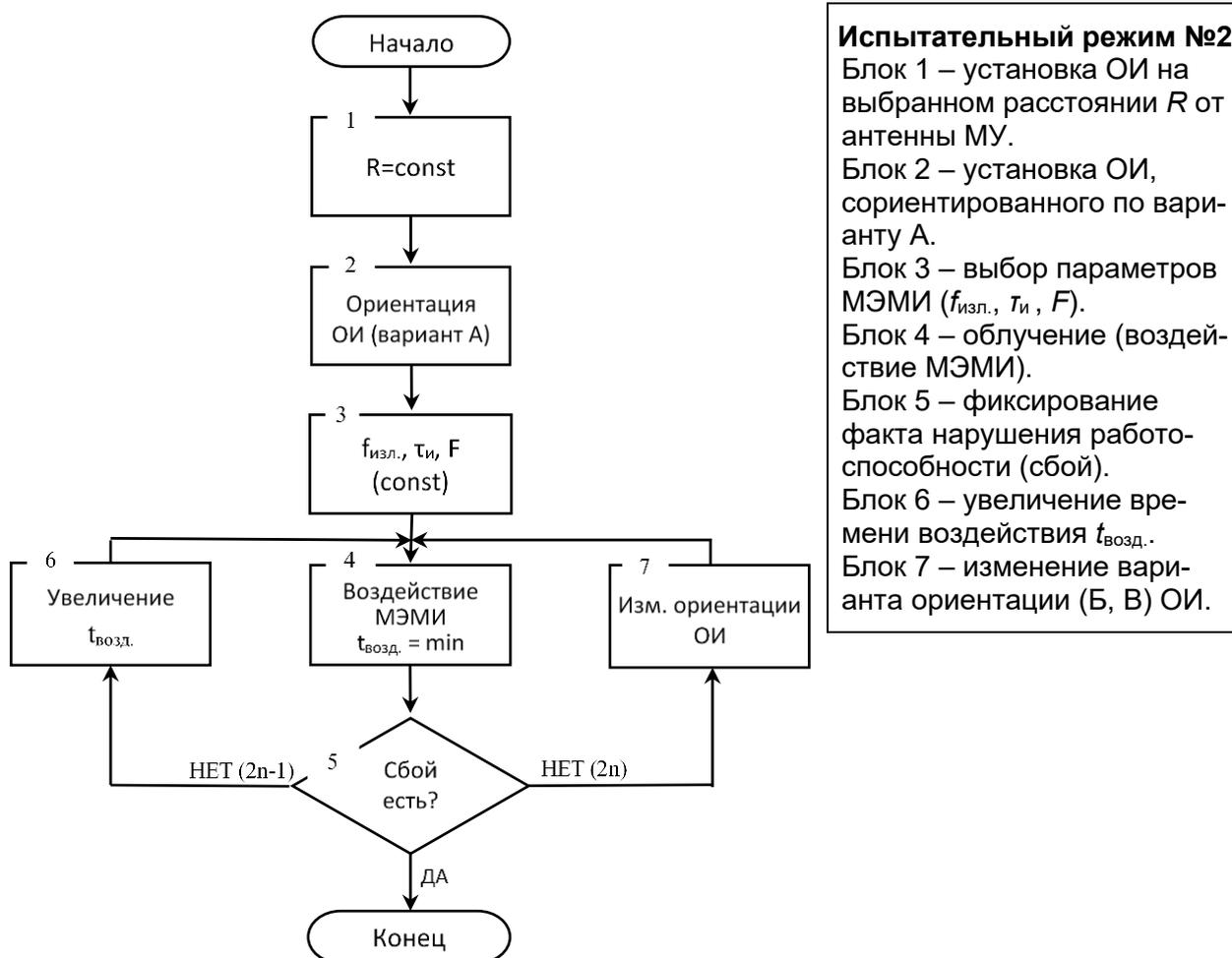


Испытательный режим №1
 Блок 1 – установка ОИ на максимальное расстояние R от антенны МУ.
 Блок 2 – выбор варианта ориентации ОИ (А, Б, В).
 Блок 3 – выбор параметров МЭМИ ($f_{изл.}$, $\tau_{и}$, F).
 Блок 4 – облучение (воздействие МЭМИ, при этом $t_{возд.} = \min$).
 Блок 5 – фиксирование факта нарушения работоспособности (сбой).
 Блок 6 – уменьшение расстояния R .
 Блок 7 – увеличение времени воздействия $t_{возд.}$.

Рисунок 3 – Блок-схема испытательного режима №1

Таблица 3 – Результаты испытаний в режиме №1

Параметры МЭМИ		$f_{изл.} = \text{const} = \underline{\hspace{2cm}}$; $\tau_{и.} = \text{const} = \underline{\hspace{2cm}}$; $F = \text{const} = \underline{\hspace{2cm}}$	
Ориентации ОИ		Const, тип: <u> </u>	
№ исп.	Расстояние (м)	Время воздействия (с)	Эффект от воздействия МЭМИ
1	$R_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$	$t_{\text{возд.}}(\min) =$	
...		...	
n		$t_{\text{возд.}}(\max) =$	
1	$R = \underline{\hspace{2cm}}$	$t_{\text{возд.}}(\min) =$	
...		...	
n		$t_{\text{возд.}}(\max) =$	
	
1	$R_{\min} = \underline{\hspace{2cm}}$	$t_{\text{возд.}}(\min) =$	
...		...	
n		$t_{\text{возд.}}(\max) =$	

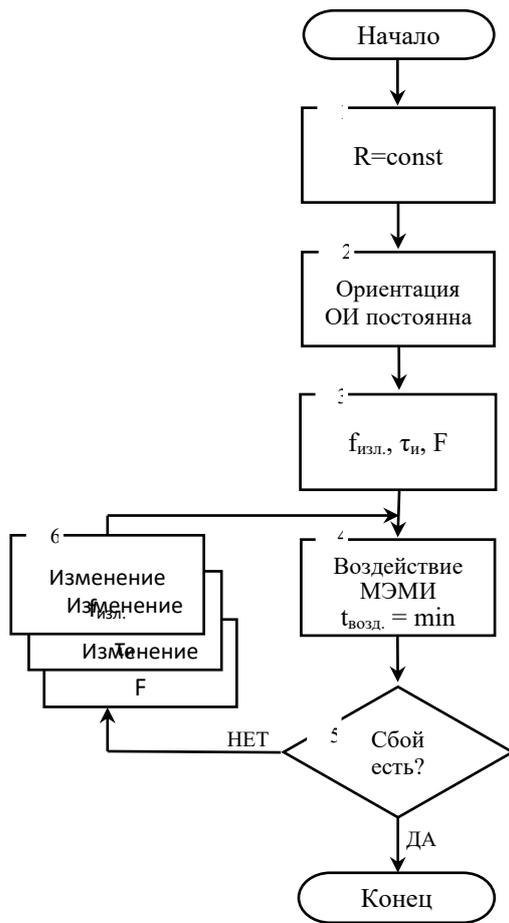


Испытательный режим №2
 Блок 1 – установка ОИ на выбранном расстоянии R от антенны МУ.
 Блок 2 – установка ОИ, сориентированного по варианту А.
 Блок 3 – выбор параметров МЭМИ ($f_{изл.}$, $\tau_{и}$, F).
 Блок 4 – облучение (воздействие МЭМИ).
 Блок 5 – фиксирование факта нарушения работоспособности (сбой).
 Блок 6 – увеличение времени воздействия $t_{возд.}$.
 Блок 7 – изменение варианта ориентации (Б, В) ОИ.

Рисунок 4 – Блок-схема испытательного режима №2

Таблица 4 – Результаты испытаний в режиме №2

Параметры ЭМИ		$f_{изл.} = const = \underline{\hspace{2cm}}$; $\tau_{и.} = const = \underline{\hspace{2cm}}$; $F = const = \underline{\hspace{2cm}}$	
Расстояние (м)		$R = const = \underline{\hspace{2cm}}$	
№ исп.	Ориентация ОИ (тип)	Время воздействия (с)	Эффект от воздействия
1	А	$t_{возд.(min)} =$	
2		...	
3		$t_{возд.(max)} =$	
1	Б	$t_{возд.(min)} =$	
2		...	
3		$t_{возд.(max)} =$	
1	В	$t_{возд.(min)} =$	
2		...	
3		$t_{возд.(max)} =$	



Испытательный режим №3
 Блок 1 – установка ОИ на выбранном расстоянии R от антенны МУ.
 Блок 2 – выбор варианта ориентации ОИ (А, Б, В).
 Блок 3 – выбор параметров МЭМИ ($\tau_{и}$, $f_{изл.}$, F).
 Блок 4 – облучение (воздействие МЭМИ).
 Блок 5 – фиксирование факта нарушения работоспособности (сбой).
 Блок 6 – последовательное изменение параметров МЭМИ:
 – изменяется $f_{изл.}$ при неизменных $\tau_{и}$, F ;
 – изменяется $\tau_{и}$ при неизменных $f_{изл.}$, F ;
 – изменяется F при неизменных $\tau_{и}$, $f_{изл.}$.

Рисунок 5 – Блок-схема испытательного режима №3

Таблица 5 – Результаты испытаний в режиме №3

Ориентация ОИ		Const, тип: _____			
Расстояние (м)		$R = \text{const} = \text{_____}$			
Время воздействия (с)		$t_{\text{возд.}} = \text{const} = \text{_____}$			
№ исп.	Параметры ЭМИ			Эффект от воздействия	
	$f_{изл.}$	$\tau_{и}$	F		
1	$f_{изл.} = \text{const} = \text{_____}$	$\tau_{и} = \text{const} = \text{_____}$	$F = \text{_____}$		
...			...		
n			$F = \text{_____}$		
1	$f_{изл.} = \text{const} = \text{_____}$	$\tau_{и} = \text{_____}$	$F = \text{const} = \text{_____}$		
...		...			
n		$\tau_{и} = \text{_____}$			
1	$f_{изл.} = \text{_____}$	$\tau_{и} = \text{const} = \text{_____}$	$F = \text{const} = \text{_____}$		
...					
n					

Заключение

Предложенная методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений может применяться для определения электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры, а также для оценивания характеристик её работоспособности в условиях неблагоприятной электромагнитной обстановки. Отличительной особенностью методики является возможность оперативного проведения испытаний РЭА в полевых условиях с учетом адаптации под конкретные условия ее дальнейшего использования, в том числе для дополнительного контрольного тестирования стойкости РЭА образцов ВВСТ с учетом специфических условий их дальнейшего применения.

Список использованных источников

1. Зажигаев Л.С., Кишьян А.А. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. М.: Атомиздат, 1978. 232 с.
2. Хартман К. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / Пер. с нем. Г.А. Фомина и Н.С. Лецкой; под ред. Э. Лецкого. М.: Мир, 1977. 552 с.
3. Мырова Л.О., Чепиженко А.З. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. М.: Радио и связь, 1988. 296 с.
4. Мырова Л.О., Попов В.Д., Верхотуров В.И. Анализ стойкости систем связи к воздействию излучений / Под ред. К.И. Кукка. М.: Радио и связь, 1993. 268 с.
5. Разумов А.В., Радаев Н.Н. Об одном подходе к вопросу повышения стойкости вычислительных сетей к воздействию электромагнитных импульсов // Измерительная техника. 2002. №11.
6. Разумов А.В. Методология обеспечения защищенности цифровых вычислительных средств АСУ реального времени от воздействия мощных электромагнитных излучений: Монография. Пушкин: ПВИРЭ, 2002. 198 с.
7. Какаев В.В. Результаты испытаний вычислительного комплекса «ЭЛЬБРУС-90 МИКРО» на стойкость к воздействию мощных электромагнитных излучений // Сборник научных трудов ученых ПВИРЭ КВ. Пушкин: ПВИРЭ КВ, 2005.
8. Козлов Л.Н. Анализ деградиационного воздействия СВЧ излучения на элементы и устройства вычислительной техники и систем управления объектами авиационно-космической техники // Вестник РГРТУ. 2007. Вып. 21.
9. Радаев Н.Н. Методы оценки соответствия технических систем предъявляемым требованиям при малом объеме испытаний: Монография. М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 1997. 390 с.
10. Разумов А.В. Экспериментальные исследования стойкости вычислительных средств к воздействию ЭМИ // Региональная информатика – 2000 (РИ-2000): Труды VII Санкт-Петербургской международной конференции, 5-8 декабря 2000 г. СПб.: СПОИСУ, 2000.

УДК 629.7.07

А.А. АЧЕКИН, кандидат
технических наук
Г.Н. ЧЕРНЫШЕВА, кандидат
экономических наук, доцент
А.В. ЕЛИЗАРОВ

СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ АВИАЦИОННЫХ ПОЛКОВ

Раскрываются проблемы управления эффективностью деятельности инженерно-авиационной службы. С учетом специфики функционирования инженерно-авиационной службы определены четыре направления, которые определяют эффективность ее деятельности. По каждому из выделенных направления были сформированы подсистемы частных показателей для оценки эффективности деятельности инженерно-авиационной службы. На основе частных показателях по направлениям деятельности формируются комплексные показатели, которая является основой для определения интегрального показателя эффективности. Изложена методика сравнительной рейтинговой оценки деятельности инженерно-авиационных служб, различных авиационных частей авиационных полков. Практическая ценность разработанной системы показателей заключается в том, что она исключается фактор субъективизма в сравнительной оценке эффективности деятельности инженерно-авиационной службы авиационных полков.

Ключевые слова: система показателей; инженерно-авиационная служба; эффективность деятельности; резервы эффективности; интегральный, комплексный, частный показатели; рейтинговая оценка.

Эффективность деятельности можно рассматривать как результативность, степень достижения целей при минимальных затратах всех видов ресурсов. Чтобы провести анализ и дать оценку эффективности или результативности деятельности любой организации необходимо сформировать систему количественных показателей, которые выступают критериями объективных выводов о достоинствах и недостатках функционирования исследуемой организации.

Количественная оценка деятельности дает возможность выявить недостатки, оценить резервы повышения эффективности, провести сравнительную оценку функционирования инженерно-авиационных служб (ИАС) различных авиационных полков.

В гражданской экономике система показателей оценки эффективности деятельности формируется в соответствии с факторами достижения коммерческих результатов [1].

Основная цель функционирования ИАС заключается в обеспечении боеспособности авиационной техники, результаты ее работы не связаны с извлечением прибыли, поэтому коммерческие показатели не могут быть использованы в оценке эффективности деятельности.

В связи с этим возникает методическая проблема, связанная с формированием системы показателей для оценки эффективности деятельности ИАС с учётом специфики её функционирования.

Цель статьи – изложить авторский подход к формированию системы показателей для оценки эффективности деятельности ИАС авиационных полков.

Особенность деятельности ИАС заключается в осуществлении всех технологических процессов подготовки авиационной техники к эксплуатации, в обеспечении безопасности полётов¹ [2]. Данные процессы строго регламентированы и осуществляются в соответствии с совокупностью нормативно-технической документации, определяющей действия управленческого и технического персонала по отношению к техническим объектам. В настоящий момент времени оценка результативности деятельности ИАС авиационных полков проводится в ходе итоговых и инспекторских проверок.

В отношении боевой авиационной техники данные проверки проводятся в соответствии с Федеральными авиационными правилами инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации, приказами и директивами главнокомандующего военно-космическими силами².

Оценка проводится по следующим составляющим:

- наличие и правильность ведения документации и учёта авиационной техники и материальных ресурсов;

¹ Чинючин Ю.М., Полякова И.Ф. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: учебное пособие. Ч. I. М.: МГТУ ГА, 2004. 83 с.

² Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации. Приложение к приказу Министра обороны РФ от 24 сентября 2004 г. №275.

- экспертные оценки состояния авиационной техники;
- хронометраж выполнения мероприятий при приведении в высшие степени боевой готовности авиационных подразделений.

Информация формируется в бальной системе оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» по составляющим элементам проверок.

Такой подход формирования информации о функционировании ИАС, на взгляд авторов, не является достаточным для оценки эффективности деятельности. Сформированная таким образом система показателей не даёт возможности оценить, как влияют на эффективность работы инженерно-технического состава такие факторы, как степень напряжённости труда, уровень материально-технического оснащения, степень изношенности материальной базы и т.п.

Кроме того, полученные в ходе проверки оценки не всегда объективны. Так, «низкие» оценки деятельности ИАС могут быть связаны с высоким уровнем износа авиационной техники, отсутствием в достаточном количестве современных технических средств, устаревшей материальной базой.

И наоборот, «отличные» оценки не всегда будут свидетельствовать об эффективности работы личного состава, если авиационная часть оснащена новой авиационной техникой и современной материально-технической базой.

Существующий подход оценки эффективности деятельности ИАС исключает анализ вклада личного состава в обеспечение боеготовности, вследствие чего затруднена сравнительная оценка работы инженерно-технического состава ИАС подразделений внутри части и частей между собой.

Для устранения указанных недостатков авторами была смоделирована иерархическая система показателей для оценки и анализа эффективности деятельности ИАС, в достаточной мере характеризующая основные направления и специфику работы ИАС, не изменяя, а дополняя при этом существующую «Единую систему основных показателей», изложенную в Федеральных авиационных правилах инженерно-авиационного обеспечения³.

³ Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации. Кн. 1, 3. Зарегистрированы в Министерстве юстиции РФ 18 февраля 2005 г. №6340.

Методом экспертных оценок [3] приоритетности факторов [4-6], влияющих на эффективность функционирования ИАС, с высокой степенью согласованности мнений экспертов (Коэффициент конкордации 0,899) были определены четыре направления деятельности ИАС, по которым должны формироваться подсистемы показателей:

1. Качество подготовки авиационной техники к применению, содержания её в постоянной исправности.
2. Уровень обеспеченности безопасности полётов.
3. Уровень инженерно-технической подготовки личного состава.
4. Уровень боеготовности авиационной части.

При формировании конкретных показателей для оценки эффективности деятельности ИАС по вышеуказанным направлениям были положены следующие принципы:

- достоверность показателей должна быть легко проверена;
- показатели должны быть приведены к единому масштабу измерения, например, путём перехода к безразмерным (относительным) величинам для обеспечения их сопоставимости;
- система показателей должна быть адаптирована к проведению факторного анализа, то есть должен быть обеспечен учёт степени влияния конкретного показателя на общие результаты деятельности инженерно-авиационной службы;
- должна быть обеспечена иерархическая взаимосвязь между показателями выделенных направлений деятельности ИАС.

В соответствии с вышеизложенными принципами предлагается иерархическая система показателей для оценки эффективности деятельности ИАС, представленная на рисунке 1.

В соответствии со структурой показателей (рисунок 1) интегральный показатель оценки эффективности деятельности ИАС рассчитывается как среднее взвешенное значение комплексных показателей 2-го уровня иерархии (указанных ранее 4-х направлений оценки деятельности ИАС):

$$K_k = \sum_{i=1}^4 \frac{K_i \delta_i}{K_i^{эм}} \quad (1)$$

где K_i – значение i -го комплексного показателя оценки на втором уровне иерархии ($i=1,2,3,4$);

$K_i^{эм}$ – эталонное значение i -го обобщающего показателя;

δ_i – значение весового коэффициента i -го комплексного показателя.

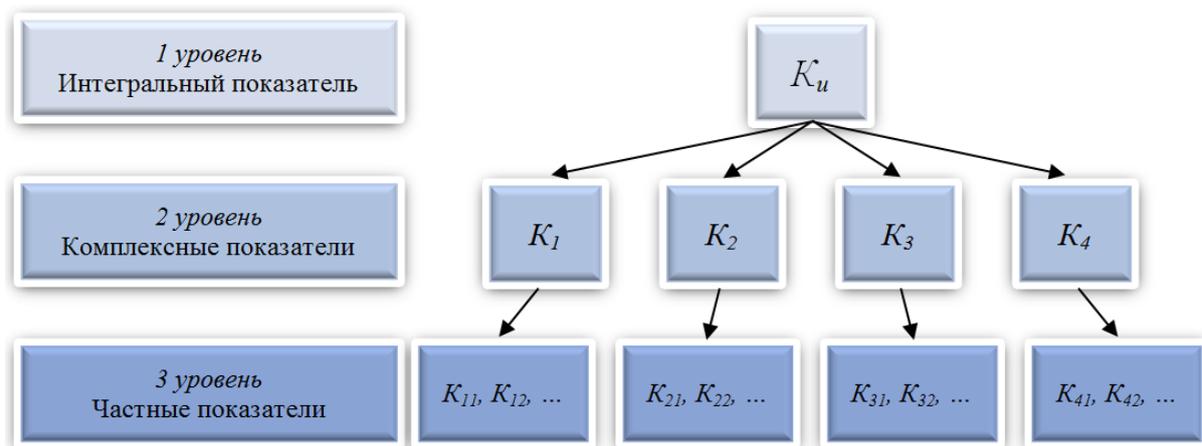


Рисунок 1 – Иерархическая структура системы показателей оценки эффективности деятельности ИАС

Комплексные показатели рассчитываются аналогично, как среднее арифметическое из частных показателей 3 уровня иерархии по формуле:

$$\bar{K}_i = \sum_{j=1}^k K_{ij} \delta_{ij}, \quad (2)$$

где K_{ij} – значение j -го частного показателя, по каждому из оцениваемых i -х направлений деятельности ИАС $j = (1, 2, 3, \dots, k)$;

δ_{ij} – значение весового коэффициента j -го частного показателя по i -му направлению оценки.

Комплексные показатели включают в себя:

K_1 – качество подготовки авиационной техники к применению, содержания её в постоянной исправности, к выполнению войскового ремонта;

K_2 – уровень обеспечения безопасности полётов;

K_3 – качество обучения лётного состава правилам эксплуатации авиационной техники и инженерно-технической подготовки инженерно-технического состава;

K_4 – уровень боеготовности авиационной части.

Определение весовых коэффициентов для всех показателей, осуществлялось методом экспертных оценок (балловый метод).

Эталонные (нормативные) значения для каждого показателя определялись на основе:

- оптимального значения, достигнутого при идеальных условиях;
- на основе требований руководящих документов;

• математического моделирования технологических процессов подготовки летательных аппаратов к полёту.

Итоговая оценка эффективности деятельности производится на высшем уровне иерархии показателей, после получения частных оценок по выявленным направлениям работы инженерно-авиационной службы [7-9].

Разработанный состав частных показателей, в соответствии с их иерархической структурой для анализа и оценки эффективности деятельности ИАС, показан в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Частные показатели качества подготовки авиационной техники к применению

Наименование показателя	Методика расчета
1.1. Эффективность рекламационной работы	$K_{11} = \frac{M_{PЗ}}{M_{НГ}}$ <p>где $M_{PЗ}$ – количество поданных рекламаций заводам-изготовителям; $M_{НГ}$ – количество неисправностей гарантийной техники, всего.</p>
1.2. Эффективность выполнения регламентных работ	$K_{12} = \frac{M_{РР}}{M_{НРР}} (1 - \bar{K}_{ИЗН}),$ $\bar{K}_{ИЗН} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{вс}} \frac{T_{Нвс_i} - T_{мрвс_i} \cdot N_{р_i}}{T_{Нвс_i}}}{N_{вс}}$ <p>где $M_{РР}$ – количество выполненных пунктов регламента технического обслуживания; $M_{НРР}$ – количество неисправностей, выявленных при облете воздушных судов после выполнения регламентных работ; $\bar{K}_{ИЗН}$ – средний коэффициент износа воздушных судов; $N_{вс}$ – списочное количество воздушных судов; $T_{Нвс_i}$ – Назначенный ресурс i-го воздушного судна; $T_{мрвс_i}$ – межремонтный ресурс i-го воздушного судна; $N_{р_i}$ – количество выполненных капитальных ремонтов i-го воздушного судна.</p>
1.3. Эффективность мероприятий по предупреждению преждевременного снятия двигателя	$K_{13} = \frac{N_{Псдтс}}{N_{вс} \cdot N_{дв}} (1 - \bar{K}_{ИЗНдв}),$ $\bar{K}_{ИЗНдв} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{дв}} \left(\frac{T_{Ндв_i} - T_{мрдв_i} \cdot N_{рдв_i}}{T_{Нвс_i}} \right)}{N_{дв}}$ <p>где $N_{Псдтс}$ – количество преждевременно снятых двигателей по вине инженерно-технического состава; $N_{дв}$ – количество двигателей на воздушном судне; $\bar{K}_{ИЗНдв}$ – средний коэффициент износа двигателей воздушных судов; $N_{дв}$ – списочное количество авиационных двигателей; $T_{Ндв_i}$ – Назначенный ресурс i-го авиационного двигателя; $T_{мрдв_i}$ – межремонтный ресурс i-го авиационного двигателя; $N_{рдв_i}$ – количество выполненных капитальных ремонтов i-го авиационного двигателя.</p>

Таблица 2 – Частные показатели уровня обеспечения безопасности полётов

Наименование показателя	Методика расчета
1	2
2.1. Эффективность мероприятий по обеспечению безопасности полетов	$K_{21} = \frac{M_{НТС}}{M_{ПВС}} K_u \cdot (1 - \bar{K}_{изн}),$ <p>где $M_{ПВС}$ – общее количество полетов авиационной техники; $M_{НТС}$ – количество отказов авиационной техники по вине инженерно-технического состава, выявленных в полете; K_u – коэффициент уровня авиационного инцидента [5]. Значение показателя может изменяться от 1 до 5: $K_u = 1$ при отсутствии инцидента (авиационного происшествия); при наличии хотя бы одного инцидента в зависимости от его тяжести происходит увеличение коэффициента.</p>
2.2. Уровень обеспеченности техническими средствами (средствами войскового ремонта).	$K_{22} = 1 / (0,5 \cdot \frac{Ч_{СТО(СВР)С}}{Ч_{СТО(СВР)Ш}} + 0,5 \cdot \frac{Ч_{СТО(СВР)П}}{Ч_{СТО(СВР)С}}),$ <p>где $Ч_{СТО(СВР)Ш}$ – штатное количество средств технического обеспечения (средств войскового ремонта); $Ч_{СТО(СВР)С}$ – списочное количество средств технического обеспечения (средств войскового ремонта); $Ч_{СТО(СВР)П}$ – количество пригодных к применению средств технического обеспечения (средств войскового ремонта).</p>

Таблица 3 – Частные показатели качества обучения лётного состава правилам эксплуатации авиационной техники и инженерно-технической подготовки инженерно-технического состава

Наименование показателя	Методика расчета
1	2
3.1. Показатель, характеризующий качественный состав инженерно-технического персонала	$K_{31} = 1 / (0,15 \cdot \frac{Ч_{ИТС3}}{Ч_{ИТСК3}} + 0,25 \cdot \frac{Ч_{ИТС2}}{Ч_{ИТСК2}} + 0,30 \cdot \frac{Ч_{ИТС1}}{Ч_{ИТСК1}} + 0,35 \cdot \frac{Ч_{ИТСМ}}{Ч_{ИТСКМ}}),$ <p>где $Ч_{ИТСМ}$ – количество присвоений в части классной квалификации «мастер»; $Ч_{ИТСКМ}$ – количество специалистов, имеющих право на получение мастеров; $Ч_{ИТС1}$ – количество присвоений в части классной квалификации «специалист 1 класса»; $Ч_{ИТСК1}$ – количество специалистов, имеющих право на получение 1 класса; $Ч_{ИТС2}$ – количество присвоений в части классной квалификации «специалист 2 класса»; $Ч_{ИТСК2}$ – количество специалистов, имеющих право на получение 2 класса; $Ч_{ИТС3}$ – количество присвоений в части классной квалификации «специалист 3 класса»; $Ч_{ИТСК3}$ – количество специалистов, имеющих право на получение 3 класса.</p>
3.2. Показатель качества обучения летного состава правилам эксплуатации авиационной техники	$K_{32} = \frac{M_{НЛС}}{M_{ПВС}} / \bar{b},$ <p>где $M_{НЛС}$ – количество неисправностей по вине летного состава; \bar{b} – средний балл, полученный летным составом при получении аттестации по правилам эксплуатации авиационной техники.</p>

Таблица 4 – Частные показатели уровня боеготовности авиационной части

Наименование показателя	Методика расчета
4.1. Эффективность подготовки воздушного судна к полетам	$K_{41}^{ИАС} = \frac{M_{НЗВТС}}{M_{ПВС}} (1 - \bar{K}_{изн}),$ <p>где $M_{НЗВТС}$ – количество неисправностей, приведших к задержке вылета или невыходу в полет по вине инженерно-технического состава.</p>
4.2. Эффективность подготовки по тревоге воздушного судна авиационной части в основном варианте вооружения	$K_{42}^{ИАС} = \frac{t_{ДППП}}{t_{ДирППП}},$ <p>где $t_{ДирППП}$ – директивное время подготовки по тревоге ВС авиационной части в основном варианте вооружения; $t_{ДППП}$ – достигнутое время подготовки по тревоге ВС авиационной части в основном варианте вооружения.</p>
4.3. Уровень подготовки к боевому вылету со сменой варианта вооружения воздушного судна авиационной части	$K_{43}^{ИАС} = \frac{t_{ДСВП}}{t_{ДирСВП}},$ <p>где $t_{ДирСВП}$ – директивное время подготовки к боевому вылету со сменой варианта вооружения воздушного судна авиационной части; $t_{ДСВП}$ – достигнутое время подготовки к боевому вылету со сменой варианта вооружения воздушного судна авиационной части.</p>
4.4. Уровень готовности к перебазированию технико-эксплуатационной части (тэч):	$K_{44}^{ИАС} = \frac{t_{ДСТ}}{t_{ДирСТ}} \cdot \delta_{СТ} + \frac{t_{ДРТ}}{t_{ДирРТ}} \cdot \delta_{РТ},$ <p>где $t_{ДирСТ}$ – директивная продолжительность свёртывания тэч части; $t_{ДСТ}$ – достигнутая продолжительность свёртывания тэч части; $t_{ДирРТ}$ – директивная продолжительность развёртывания тэч части; $t_{ДРТ}$ – достигнутая продолжительность развёртывания тэч части; $\delta_{СТ}, \delta_{РТ}$ – весовые коэффициенты значимости достигнутых показателей свёртывания и развёртывания тэч части, соответственно.</p>
4.5. Уровень готовности к перебазированию технической позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения	$K_{45}^{ИАС} = \frac{t_{ДСП}}{t_{ДирСП}} \cdot \delta_{СП} + \frac{t_{ДРП}}{t_{ДирРП}} \cdot \delta_{РП},$ <p>где $t_{ДирСП}$ – директивная продолжительность свёртывания технической позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения; $t_{ДСП}$ – достигнутая продолжительность свёртывания технической позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения; $t_{ДирРП}$ – директивная продолжительность развёртывания технической позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения; $t_{ДРП}$ – достигнутая продолжительность развёртывания технической позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения; $\delta_{СП}, \delta_{РП}$ – весовые коэффициенты значимости достигнутых показателей свёртывания и развёртывания технической позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения части соответственно.</p>
4.6. Уровень готовности к перебазированию передовой команды ИАС	$K_{46}^{ИАС} = \frac{t_{ДСК}}{t_{ДирСК}} \cdot \delta_{СК} + \frac{t_{ДРК}}{t_{ДирРК}} \cdot \delta_{РК},$ <p>где $t_{ДирСК}$ – директивная продолжительность свёртывания передовой команды ИАС; $t_{ДСК}$ – достигнутая продолжительность свёртывания передовой команды ИАС; $t_{ДирРК}$ – директивная продолжительность развёртывания передовой команды ИАС; $t_{ДРК}$ – достигнутая продолжительность развёртывания передовой команды ИАС; $\delta_{СК}, \delta_{РК}$ – весовые коэффициенты значимости достигнутых показателей свёртывания и развёртывания передовой команды ИАС соответственно.</p>

Предлагаемая авторами система показателей даёт возможность получения рейтинговых оценок деятельности ИАС различных авиационных частей авиационных полков.

Построение рейтинга эффективности деятельности ИАС различных авиационных частей авиационных полков предлагается проводить с использованием метода евклидовых расстояний [10].

В общем виде алгоритм получения сравнительной рейтинговой оценки может быть представлен в виде последовательности следующих действий. Исходные данные представляются в виде матрицы $A = \{a_{ij}\}$, где по строкам записаны оцениваемые частные показатели ($i = 1, 2, \dots, n$), а по столбцам – номера подразделений (частей) ($j = 1, 2, \dots, m$).

Исходные показатели матрицы $\{a_{ij}\}$ стандартизируются в отношении соответствующего показателя «эталонной части» по формуле:

$$X_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max_j a_{ij}}, \quad (3)$$

где X_{ij} – стандартизированные показатели.

Для каждой анализируемой части значение его рейтинговой оценки определяется по формуле:

$$P_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n k_i (1 - X_{ij})^2} \rightarrow \min, \quad (4)$$

где k_i – весовые коэффициенты, определяемые в соответствии со значимостью соответствующих показателей.

Сравниваемые объекты выстраиваются в порядке возрастания рейтинговой оценки.

По данным такого рейтинга можно выявить резервы повышения эффективности деятельности ИАС, внедрить систему материального стимулирования персонала.

Выводы. Представленный в статье подход к формированию системы показателей позволяет повысить качество оценки эффективности деятельности ИАС. Иерархическая система показателей, лежащая в основе информационной базы, всесторонне характеризует специфику деятельности ИАС по всем направлениям. К преимуществам системы показателей можно отнести учет таких факторов, как степень напряжённости труда, уровень материально-технического оснащения, степень изношенности материальной базы и т.п. Это позволяет повысить объективность оценивания

ИАС конкретной воинской части с учётом условий её деятельности, оценить вклад личного состава в обеспечение боеготовности, провести сравнительную (рейтинговую) оценку работы инженерно-технического состава ИАС подразделений внутри части и частей между собой. Данные рейтинга эффективности деятельности ИАС различных авиационных частей могут быть использованы в системе мотивирования деятельности.

Список использованных источников

1. Кравченко В.Н., Лысенко А.Д. Диагностика и оценка эффективности основной деятельности предприятия // Экономика промышленности. 2010. №4. С.145-152.
2. Сафин Р.М. Основные проблемы и пути совершенствования инженерно-авиационного обеспечения в современных условиях // Современные наукоемкие технологии. 2011. №1. С. 136-137.
3. Кузьмин В.Б., Орлов А.И. Статистические методы анализа экспертных оценок. Наука, 2017. С.220-227.
4. Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 2002. 240 с.
5. Герасимова Е.Д., Найда В.А., Полякова И.Ф. Повышение эффективности ПТЭ ЛА за счет сокращения простоев при подготовке ВС к полету. М.: МГТУ ГА, 2004. 46 с.
6. Богомоллов Д.В. Оценка некоторых мероприятий инженерно-авиационной службы авиации вооруженных сил // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. 2015. №1(5). С. 117-125.
7. Чернышева Г.Н., Ачекин А.А., Воронцев В.А. Система показателей для анализа и оценки уровня организации инженерно-авиационного обеспечения // Организатор производства. 2018, №1. С. 34-44.
8. Платонов А.А., Господ А.А., Гетман А.В. Методика оценки организаторской деятельности должностных лиц авиационной части по предотвращению авиационных происшествий // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2020. №13. С. 70-80.
9. Сафин Р.М. Исследование возможностей инженерно-авиационного обеспечения полетов в авиационных базах // Современные наукоемкие технологии. 2010. №12. С. 112-113.
10. Тынчеров К.Т., Исханова В.Ф., Селиванова М.В. Ранжирование объектов методом главных компонент и выделение наиболее информативных параметров объекта // Радиотехника. 2018. №9. С.185-192.

ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 351.864.253

Н.Г. БУРОМЕНСКИЙ, кандидат
технических наук, доцент
С.Ю. ГОНЧАРОВ
О.Р. МГЕБРЯН

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ – ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Статья посвящена разработке методического подхода для оценки степени технологической обеспеченности предприятий изготовителей изделий электронной техники военного назначения. Предложены критерии, установлены их количественные значения и даны рекомендации для Заказчика по степени предпочтительности размещения оборонного заказа на предприятиях – изготовителях изделий электронной техники военного назначения.

Ключевые слова: государственный оборонный заказ; технологическая обеспеченность предприятия; качество изделий электронной техники военного назначения; критерии.

Технологическая обеспеченность (ТО) предприятия – изготовителя является важнейшей характеристикой, определяющей его возможности по изготовлению изделий электронной техники военного назначения (ИЭТ ВН) требуемого уровня качества при заданных объемах и сроках поставки, а также затратах на изготовление.

В последние годы НИУ Министерства обороны Российской Федерации совместно с предприятиями оборонно-промышленного комплекса проводятся исследования по оценке качества ИЭТ ВН, поставляемой для комплектации радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники.

Качество в такого рода исследованиях рассматривается как некоторая иерархическая совокупность свойств ИЭТ ВН, причем таких, которые представляют интерес для потребителя. В теории измерения качества продукции [1; 2] такой подход относится к первому принципу квалиметрии.

Однако такого рода исследования характеризуют только результат производства и не исследуется само производство, как сложная технологическая система, состоящая из совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (СТО), материала, документации и исполнителей, выполняющих заданные технологические операции. Можно, конечно, сослаться на то, что при оценке пригодности производства для изготовления ИЭТ ВН в соответствии с [3] выполняется его аттестация. Однако в упомянутом выше документе дан только перечень оцениваемых элементов производства, но нет методических материалов, позволяющих дать их оценку.

Материалы настоящей статьи позволят в определенной мере восполнить этот пробел. Основу методического подхода составляют модель и критерии оценки степени ТО производства. При этом для оценки критериев используются математико-статистические методы экспертных оценок [4].

Модель степени ТО представляет собой механизм преобразования требований контракта заказчика продукции в требования технологии ее изготовления и включает два блока объектов оценки:

1-ый блок объектов оценки ТО включает элементы внутреннего функционирования технологического процесса (ТП) изготовления;

2-ой блок характеризует восприятие потребителем (заказчиком) полученных результатов функционирования ТП.

Структура модели оценки степени ТО предприятия изготовителя и ее достаточности для выполнения Государственного оборонного заказа (ГОЗ) приведена на рисунке 1.

Модель включает в себя две группы критериев:

- первая группа критериев применяется для оценки первого (внутреннего) блока элементов ТП изготовления продукции и характеризует, как организация добивается результатов (далее – группа критериев «возможности»);

- вторая группа критериев применяется для оценки второго (внешнего) блока элементов ТП и характеризует степень удовлетворенности потребителя (заказчика) достигнутыми результатами (далее – группа критериев «удовлетворенность»).

В таблице 1 дана содержательная характеристика критериев.

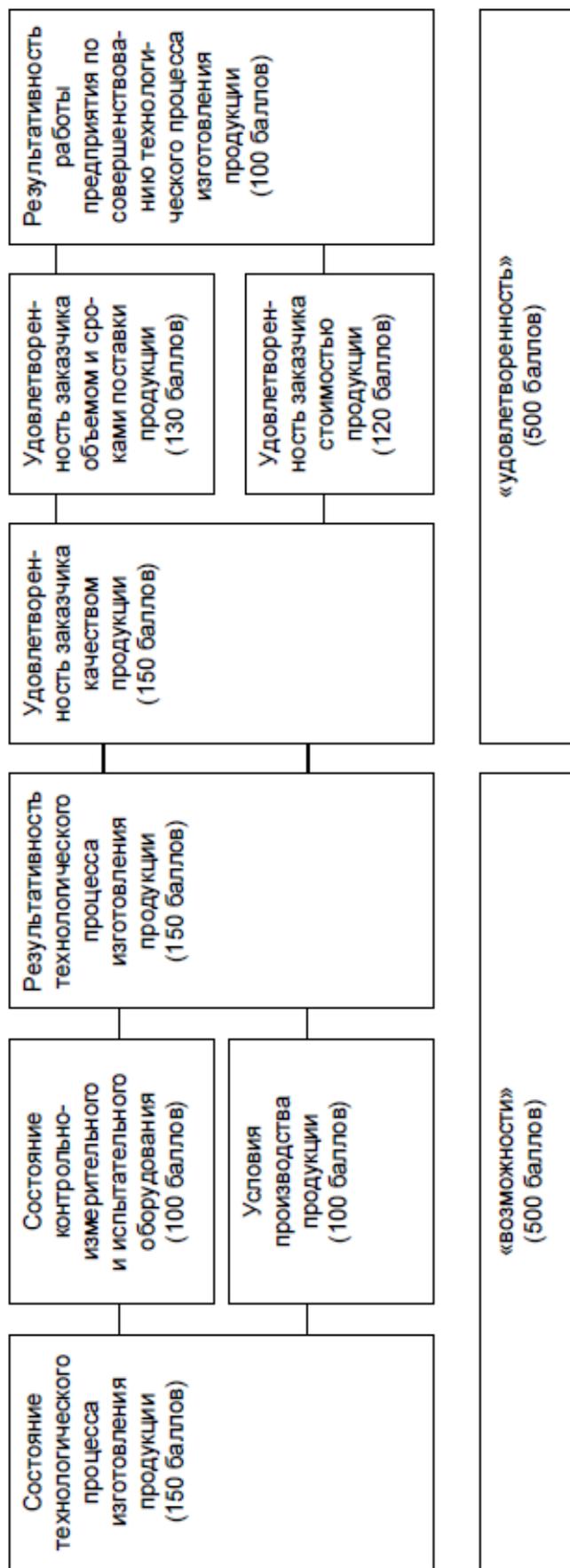


Рисунок 1 – Структура модели оценки степени ТО предприятия при изготовлении ИЭТ ВН

Таблица 1 – Содержательная характеристика критериев

Наименование критерия	Характеристика критерия	Составляющие критерия и их характеристика
Группа критериев «возможности»		
Критерий 1 Состояние ТП изготовления продукции	Способность СТО обеспечить организацию и функционирование ТП по производству продукции в соответствии с технологическими нормами	1а) Полнота охвата ТП Характеризует достаточность имеющихся СТО для организации ритмичного производства и выполнения технологических операций с учетом проектных норм и электрических характеристик на изготавливаемую продукцию. 1б) Надежность ТП Определяет свойство безотказности ТП и сохранения технологических (технических) характеристик процесса в установленных НД нормах в заданных условиях в течение требуемого времени. 1в) Степень износа средств технологического оснащения, применяемого предприятием – изготовителем Показывает годность СТО для дальнейшего применения предприятием-изготовителем.
Критерий 2 Состояние контрольно-измерительного и испытательного оборудования	Наличие и технические возможности КИ и ИО обеспечить пооперационный контроль ТП изготовления продукции, включая измерение и оценку характеристик при окончательном контроле и испытаниях	2а) Показатели технических возможностей КИ и ИО Характеризуют технические (в том числе и метрологические) возможности средств измерений, контрольного и испытательного оборудования, используемого изготовителем для пооперационного контроля ТП и при окончательном контроле и испытаниях готовой продукции. 2б) Износ контрольно-измерительного и испытательного оборудования Показывает годность СТО для дальнейшего применения предприятием-изготовителем.
Критерий 3 Условия производства продукции	Наличие производственных помещений, обеспеченность технологическими средами и степень их соответствия требованиям НД	3а) Наличие производственных помещений для осуществления соответствующего ТП Характеризует наличие, достаточность, конструкцию, планировки, состояние производственных помещений и их соответствие требованиям НД. 3б) Обеспечение технологического режима Характеризует условия для обеспечения технологических норм ТП, возможности по производству технологических сред в требуемом количестве и качестве.
Критерий 4 Результативность ТП изготовления продукции	Степень реализации действующего ТП и достижения запланированных результатов	4а) Качество изготовления продукции Характеризует степень соответствия присущих характеристик изготавливаемой продукции требованиям. 4б) Затраты на качество изготовления продукции Характеризует суммарные затраты на качество изготовления продукции при управлении технологическими процессами и их соотношение с общими затратами изготовления единицы продукции.

продолжение таблицы 1

Наименование критерия	Характеристика критерия	Составляющие критерия и их характеристика
Группа критериев «удовлетворенность»		
<u>Критерий 5</u> Удовлетворенность заказчика качеством продукции	Результаты, которых добилась организация в отношении запланированных целей в работе по выполнению требований обеспечения качества продукции	5а) Процент сдачи продукции с первого предъявления Характеризует уровень качества изготавливаемой продукции в виде доли (в %) продукции, сданной заказчику с первого предъявления. 5б) Стабильность выхода годных изделий Характеризует стабильность производства продукции с учетом предъявляемых к нему требований. 5в) Результаты признанных рекламаций за отчетный период Характеризует уровень качества изготавливаемых изделий по доле брака в общем объеме выпускаемых изделий по признанным рекламациям.
<u>Критерий 6</u> Удовлетворенность заказчика объемом и сроками поставки продукции	Как организация обеспечивает требования заказчика по объему и срокам поставки продукции	6а) Своевременность поставок продукции Характеризует удовлетворенность потребителя поставками продукции с учетом объемов и сроков, предусмотренных контрактом с заказчиком. 6б) Средний коэффициент своевременности поставок продукции Является усредненной характеристикой показателя 6а), полученного за более длительный срок (например, полгода, год).
<u>Критерий 7</u> Удовлетворенность заказчика стоимостью продукции	Отношение заказчика к результатам, которых добилась организация в отношении стоимости поставляемой или предлагаемой для поставок продукции	7а) Изменение стоимости поставляемой продукции Характеризует динамику изменения фактической стоимости единицы продукции, оплачиваемой заказчиком по контракту. 7б) Соотношение со стоимостью аналогичной продукции других организаций Дает характеристику изготавливаемой продукции в сравнении с достижениями «статистически средних» организаций по этому виду продукции и «лучших в классе» по стоимости и/или установлении тенденции в изменении стоимости единицы продукции.
<u>Критерий 8</u> Результативность работы предприятия по совершенствованию ТП изготовления продукции	Степень реализации запланированной деятельности в отношении обновления средств технологического оснащения, внедрения новых процессов и технологий	8а) Планирование и управление работой по обновлению парка СТО Характеризует понимание и предвидение потребностей и ожиданий заказчика по совершенствованию ТП изготовления продукции. 8б) Обновление парка СТО Характеризует оснащение ТП новыми СТО за планируемый период.

При разработке методических рекомендаций по оценке критериев технологического процесса производства использованы методические подходы оценки технических характеристик и технологического уровня отечественных предприятий при проведении ими работ в области раз-

работки и изготовления импортозамещающей номенклатуры электронной компонентной базы, изложенные в работе [5].

Каждый критерий имеет свой вес в общей оценке, выраженной в баллах. Максимальная суммарная оценка по модели составляет 1000 баллов, а максимальные оценки в баллах по группе критериев, характеризующих «возможности», и группе критериев, характеризующих «удовлетворенность», распределены соответственно по 500 баллов каждая.

Распределение весов критериев по группам «возможности» и «удовлетворенность» и их составляющих приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные значения весов критериев и их составляющих

Критерии	Составляющие критериев	Максимальный вес критериев (в баллах)	Максимальный вес составляющих критериев (в баллах)	Относительный вес критериев	Относительный вес составляющих критериев
Критерии группы «возможности»					
Критерий 1	1а)	150	60	0,3	0,4
	1б)		30		0,2
	1в)		60		0,4
Критерий 2	2а)	100	50	0,2	0,5
	2б)		50		0,5
Критерий 3	3а)	100	50	0,2	0,5
	3б)		50		0,5
Критерий 4	4а)	150	90	0,3	0,6
	4б)		60		0,4
Критерии группы «удовлетворенность»					
Критерий 5	5а)	150	75	0,3	0,5
	5б)		75		0,5
Критерий 6	6а)	130	70	0,26	0,55
	6б)		60		0,45
Критерий 7	7а)	120	60	0,24	0,5
	7б)		60		0,5
Критерий 8	8а)	100	40	0,2	0,4
	8б)		60		0,6

В таблице 2 приведено также значение относительного веса критериев и их составляющих. Показатель «относительный вес» предназначен для перераспределения весов между критериями или составляющими весов, если оценка по какому-либо критерию или составляющей невозможна или нецелесообразна.

Приведенные веса критериев, в общем случае, являются экспертными оценками и определяются экспертами с учетом опыта работы на производстве.

Конкретные числовые значения критериев и их составляющих устанавливаются:

числовые значения критериев – по результатам оценки числовых значений составляющих;

числовые значения составляющих – по результатам оценки состояния показателей состояния объекта оценки.

Показатели состояния объекта оценки имеют либо аналитическую, либо логическую форму, в том числе и альтернативную вида «да» – «нет».

В таблице 3 приведены показатели состояния объекта оценки и числовые значения составляющих критериев.

Общая оценка критериев дается в баллах с учетом результатов, полученных по каждой составляющей.

Таблица 3 – Показатели состояния объекта оценки и числовые значения составляющих критериев

Составляющие критериев	Состояние объекта оценки		Числовые значения составляющих критерия
	показатель	значение показателя	
1а) Полнота охвата ТП средствами техн. оснащ.	степень соответствия требованиям КД и ТД	полностью соответ.	60
		в основном соответ.	40
		частичное соответ.	20
1б) Надежность ТП	вероятность безотказной работы	более 0,95	30
		0,85-0,95	20
		менее 0,85	10
1в) Износ СТО	средний коэффициент износа, %	более 90	30
		80-90	40
		менее 80	60
2а) Технические возможности СИ и ИО	степень соответствия	полностью соответ.	50
		в основном соответ.	40
		частичное соответ.	10
2б) Износ СИ и ИО	средний коэффициент износа, %	более 90	20
		80-90	40
		менее 80	50
3а) Наличие производст. помещен. для осуществ. соответствующего ТП	степень соответствия требованиям КД и ТД	полностью соответ.	50
		в основном соответ.	40
		частичное соответ.	20
3б) Обеспечение технологического режима изготовления продукции	степень соответствия требованиям КД и ТД	соответствует	50
		не соответствует	0
4а) Качество изготовления продукции	процент выхода годной продукции	более 85	90
		80-85	50
		70-80	30
		менее 70	0
4б) Затраты на качество изготовления продукции	тенденция изменения	положит. тенденция	60
		отрицат. тенденция	0
		изменения не отмеч.	30
		данные отсутствуют	0

продолжение таблицы 3

Составляющие критериев	Состояние объекта оценки		Числовые значения составляющих критерия
	показатель	значение показателя	
5а) Результат сдачи продукции с первого предъявления	доля продукции, сданной с первого предъявления, %	95 и более	75
		90-95	50
		менее 90	25
5б) Результаты рекламационной работы	% признанных рекламаций за отчетный период	95 и более	10
		90-95	30
		менее 90	75
6а) Стабильность объема поставок продукции	средний коэффициент своевременных поставок продукции	0,95 и более	70
		0,9-0,95	50
		менее 0,9	10
6б) Временная стабильность поставок продукции	коэффициент временной стабильности поставок	0,95 и более	60
		0,9-0,95	30
		менее 0,9	10
7а) Изменение стоимости закупаемой продукции	динамика стоимости закупаемой продукции	уменьшается	60
		повышается	10
		изменен. не отмечен.	30
7б) Соотношение со стоимостью аналогичной продукции других организаций	Отношение стоимости ед. прод., изготовлив. данным предприятием, к сред. стоимости ед. прод., изготовлив. др. орг.	ниже	60
		выше	0
		одинаковая	50
		данные отсутствуют	20
8а) Планирование и управление работой по обновлению парка СТО	наличие планов и их обеспеченность ресурсами	имеются достаточные свидетельства планирования и обеспеченности ресурсами	40
		имеются свидетельства планирования, но свидетельства обеспеч. ресурсами не достаточное	20
		свидетельств планирования, управления и обеспечения работой не отмечено	0
8б) Обновление парка СТО за планируемый период (2 года)	% обновления СТО (за 1 год)	20 и более	60
		5-10	30
		менее 5	5

Составляющие критериев оцениваются в баллах с учетом следующих положений:

1а) Полнота охвата ТП средствами технологического оснащения. Объектом оценки являются СТО, используемые для организации ТП, как части производственного процесса изготовления продукции.

Достаточность СТО оценивается на основании изучения операционного описания ТП или группового технологического процесса.

При отсутствии последнего можно использовать маршрутное описание технологического процесса.

Если предприятие имеет не один (единичный) технологический процесс, а несколько технологий, используемых или планируемых для использования при выполнении ГОЗ, то оценка дается по каждой технологии отдельно.

По результатам анализа определяется одна из характеристик степени соответствия в логической форме (полное соответствие, соответствие в основном, частичное соответствие) и дается соответствующая ей сумма баллов по таблице 3.

1б) Надежность ТП изготовления продукции.

Объектом изучения является информация о надежности СТО (включая резервные средства) и информация о качестве изготовления продукции, обусловленное стабильностью, настроенностью и точностью ТП. По результатам обобщения информации дается оценка вероятности безотказности ТП за определенное время t по формуле:

$$P(t) = P_{\text{СТО}}(t) \cdot P_{\text{ИЭТ}}(t), \quad (1)$$

где $P_{\text{СТО}}(t)$ – вероятность безотказной работы СТО за время t ;
 $P_{\text{ИЭТ}}(t)$ – вероятность изготовления ИЭТ ВН в строгом соответствии с требованиями ТУ за время t .

Расчетный период времени t выбирается одинаковым при оценке вероятностей $P_{\text{СТО}}(t)$ и $P_{\text{ИЭТ}}(t)$ с учетом достаточности имеющейся на предприятии статистики.

Расчет величины $P_{\text{СТО}}(t)$ производится по формуле:

$$P_{\text{СТО}}(t) = 1 - F_{\text{СТО}} = 1 - \frac{k}{n}, \quad (2)$$

где $F_{\text{СТО}} = \frac{k}{n}$ – вероятность отказа ТП;

n – общее число СТО, включенных в ТП;

k – количество отказов СТО за анализируемый период времени.

Принято допущение, что величина $P_{\text{ИЭТ}}(t)$ характеризует сохранение во времени точности, настроенности и стабильности ТП и принимается равной коэффициенту стабильности выхода годных $K_{\text{СТ}}$ за анализируемый период времени t , определяемый по соотношению:

$$K_{\text{СТ}} = \frac{K_{\text{ВГ.мин}}}{K_{\text{ВГ.ср}}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{ВГ.мин}}$ – минимальное значение процента выхода годных за определенное время;

$K_{\text{ВГ.ср}}$ – среднее значение процента выхода годных за определенное время.

По полученным значениям $P_{сто}(t)$ и $P_{уэм}(t)$ по таблице 4 определяется значение вероятности безотказности ТП $P(t)$, а по таблице 3 устанавливается вес составляющей 1б в баллах для соответствующей вероятности.

Таблица 4 – Вероятность безотказности технологического процесса

$P_{стo}(t)$ \ $P_{изт}(t)$	0,7	0,9	0,99	0,999	0,9999	0,99999
0,8	0,56	0,72	0,792	0,7992	0,79992	0,799992
0,9	0,63	0,81	0,891	0,8991	0,89991	0,899991
0,99	0,693	0,891	0,9801	0,9890	0,98990	0,989990
0,999	0,6993	0,8991	0,98901	0,9980	0,99880	0,998990
0,9999	0,6999	0,8999	0,98990	0,9980	0,99980	0,999890

По результатам оценки составляющих определяется комплексная оценка каждого критерия D_k ($k = 1-8$), обеих групп по формуле:

$$D_{kM_k} = \sum_{i=1}^{M_k} D_i, \quad (4)$$

где k – номер критерия;

M_k – число составляющих в k -м критерии;

D_i – оценка в баллах i -й составляющей k -го критерия.

По данным оценочного листа определяется суммарная оценка по группе критериев «возможности» – $D_{возм.}$ и суммарная оценка по группе критериев «удовлетворенность» – $D_{удов.}$, а также общая сумма баллов по обеим группам критериев – $D_{дост.}$, по формулам:

$$D_{возм.} = D_1 + D_2 + D_3 + D_4, \quad (5)$$

$$D_{удов.} = D_5 + D_6 + D_7 + D_8, \quad (6)$$

$$D_{дост.} = D_{возм.} + D_{удов.} \quad (7)$$

Отношение суммы баллов, полученных по группе критериев «возможности», к установленному по модели максимальному весу по этой группе критериев, является характеристикой технологической обеспеченности $G_{возм.}$ предприятия:

$$G_{возм.} = \frac{D_{возм.}}{500}. \quad (8)$$

Отношение суммы баллов, полученных по группе критериев «удовлетворенность», к установленному по модели максимальному весу по этой группе критериев, является характеристикой удовлетворенности $G_{удов.}$ заказчика:

$$G_{удов.} = \frac{D_{удов.}}{500}. \quad (9)$$

Возможности предприятия и удовлетворенность заказчика являются частными характеристиками достаточности.

Отношение общей суммы баллов, полученных по обеим группам критериев, к общей сумме максимальных весов по обеим группам критериев является оценкой достаточности ТО предприятия-изготовителя $G_{дост.}$ для выполнения ГОЗ:

$$G_{дост.} = \frac{D_{возм.} + D_{удов.}}{1000}. \quad (10)$$

По результатам количественной оценки степени достаточности ТО заполняется оценочный лист и устанавливаются характеристики достаточности (таблица 5).

В зависимости от полученной характеристики достаточности возможно принятие следующих решений по изготовлению ИЭТ ВН (таблица 6).

Таблица 5 – Количественное значение степени достаточности и характеристика достаточности

№ п/п	Характеристика достаточности	Количественное значение критерия достаточности
1	Полные свидетельства достаточности	0,95 и более
2	Свидетельства достаточности обеспечиваются в основном	0,9 – 0,95
3	Некоторые свидетельства достаточности	0,8 – 0,9
4	Нет свидетельств достаточности или свидетельства достаточности являются случайными	менее 0,8

Таблица 6 – Характеристика достаточности и принятие решений по изготовлению ИЭТ ВН

Характеристика достаточности	Решение по соответствию технологической достаточности требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН
Полные свидетельства достаточности	ТО предприятия соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН и размещение ГОЗ на данном предприятии <i>предпочтительно</i>
Свидетельства достаточности обеспечиваются в основном	ТО предприятия в основном соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН, однако уровень выполнения этих требований недостаточен для обеспечения надежных гарантий стабильного их выполнения. Размещение ГОЗ на данном предприятии <i>возможно</i>
Некоторые свидетельства достаточности	ТО предприятия частично соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН, но обнаружены несоответствия в технологическом обеспечении по критериям (указываются критерии), которые рекомендуется предприятию <i>устранить в течение не продолжительного времени</i>
Нет свидетельств достаточности или свидетельства достаточности являются случайными	ТО не соответствует требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН. Размещение ГОЗ на данном предприятии <i>нецелесообразно</i>

Выводы:

1. Производство является важным элементом обеспечения качества изготавливаемой продукции любого вида, в том числе и ИЭТ ВН.

Существующие подходы оценки качества ИЭТ ВН учитывают только результат производства и не исследуется само производство как сложная технологическая система, состоящая из совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, материала, документации и исполнителей, выполняющих соответствующие технологические операции.

2. Основу методического подхода составляют модель и критерии оценки степени достаточности технологической обеспеченности предприятия-изготовителя для выполнения государственного оборонного заказа.

Для принятия решения о соответствии технологической достаточности требованиям Заказчика разработаны характеристики достаточности, включающие: полные свидетельства достаточности, свидетельства достаточности обеспечиваются в основном, некоторые свидетельства достаточности, нет свидетельств достаточности или свидетельства являются случайными.

Для каждой характеристики предложено решение о соответствии технологической достаточности требованиям заказчика по изготовлению ИЭТ ВН.

Список использованных источников

1. Азгальдов Г.Г. и др. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции // Стандарты и качество. 1968. №1.
2. Измерение качества продукции. Вопросы квалиметрии. М.: Издательство стандартов, 1971.
3. Вейцман Э.В., Венбрин В.Д. Технологическая подготовка производства радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1989. 128 с.
4. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1974. 160 с.
5. Буроменский Н.Г., Подъяпольский С.Б. Методика оценки технических характеристик и технологического уровня отечественных предприятий при проведении ими работ в области разработки и изготовления импортозамещающей номенклатуры ЭКБ. М.: ФГУП «МНИИРИП», 2013.

Аннотации и ключевые слова

Abstracts and key words

В.М. Буренок

Межведомственные комплексные целевые программы как механизм управления развитием системы вооружения

В статье рассматривается проблема формирования межведомственных целевых программ. Показано ее место и роль при формировании и реализации государственных программ в области обороны и безопасности. Обосновываются предложения по объекту МКЦП, порядку разработки и управления разработкой и реализацией.

Ключевые слова: межведомственная комплексная целевая программа; государственная программа; система вооружения.

V.M. Burenok

Interdepartmental Complex Targeted Programs as a Mechanism for the Weapon System Development Management

The article discusses a problem of the interdepartmental complex target program (IDCTP) formation. It is shown its place and role in the government program formation and implementation in the field of defense and security. Proposals for the interdepartmental target program object, development and management order, and implementation are justified.

Key words: interdepartmental complex target program; government program; weapon system.

Р.А. Дурнев,
Е.В. Свиридок

Система стратегического неядерного сдерживания: экспертный подход к обоснованию

Предложен экспертный подход к обоснованию системы стратегического неядерного сдерживания, основанный на теории нечетких множеств (ТНМ) и искусственных нейросетях. ТНМ позволит сформировать базу знаний экспертов на основе формальной информации предметной области, их опыта, интуиции, здравого смысла. Нейросети необходимы для уточнения функции принадлежности и импликаций (правил) ТНМ.

Ключевые слова: стратегическое сдерживание; неядерное сдерживание; средства воздействия; объекты воздействия; ущерб и потери.

R.A. Durnev,
E.V. Sviridok

The System of Strategic Non-Nuclear Deterrence: an Expert Approach to the Justification

An expert approach to the justification of a system of strategic non-nuclear deterrence based on the theory of fuzzy sets and artificial neural networks is proposed. The theory of fuzzy sets will allow to create a experts' knowledge on the formal information base of the subject area, their experience, intuition, common sense. Neural networks are needed to clarify the theory of fuzzy sets function and implications (rules).

Key words: strategic deterrence; non-nuclear deterrence; means of influence; objects of influence; damage and losses.

Р.В. Реулов,
С.В. Стукалин,
А.Ю. Пронин

R.V. Reulov,
S.V. Stukalin,
A.Y. Pronin

Организационно-методический подход к формированию Перечня приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2033 года

Organizational and Methodical Approach to the Formation of the List of Priority Areas of Fundamental, Predictive and Exploratory Research in the Interests of the National Defense and State Security Ensuring for the Period up to 2033

В статье рассмотрены организационные и методические аспекты формирования Перечня приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2033 года, учтены требования нормативных документов по формированию проекта государственной программы вооружения на 2024-2033 годы, отражены особенности формирования Перечня на предстоящий программный период.

The article discusses the organizational and methodical aspects of the formation of the List of priority areas of fundamental, predictive and exploratory research in the interests of the national defense and state security ensuring for the period up to 2033. It takes into account the regulation requirements on the draft formation of the state armament program for 2024-2033, reflects the features of the List formation for the forthcoming programming period.

Ключевые слова: перечень, фундаментальные, прогнозные, поисковые исследования, государственная программа вооружения, оборона страны, безопасность государства.

Key words: list, fundamental, predictive, exploratory research, state armament program, national defense, state security.

А.С. Афанасьев,
Д.В. Матюхин

A.S. Afanasyev,
D.V. Matyukhin

Реалии современного пути развития военной радиоэлектроники

Reality of the Actual Way of Military Radio Electronics Development

В статье показана роль военной радиоэлектроники в обеспечении технологической независимости и безопасности государства в современных условиях, рассматриваются основные направления и тенденции развития отечественной электроники для современных образцов вооружения, особенности планирования их разработки и повышения качества в условиях снижения зависимости от продукции иностранного производства.

The article considers the role of military radio electronics in the course of the technological independence support and state security ensuring in modern conditions, and the basic directions and tendencies of domestic electronics development for modern arms samples, aspects of their development and quality improvement planning in conditions of dependence decline on foreign production.

Ключевые слова: вооружение и военная техника; радиоэлектронная аппаратура; радиоэлектроника военного назначения; военно-научное сопровождение; военно-техническое сопровождение; качество изделий военного назначения; продукция иностранного производства; комплектующие изделия.

Key words: arms and military equipment; the radio-electronic equipment; military radio electronics; military scientific maintenance; military-technical maintenance; military products quality; foreign production; componentry.

А.И. Буравлёв,
Г.А. Еланцев

Вероятностные модели управления жизненным циклом вооружения и военной техники

В статье рассматриваются вероятностные модели управления готовностью образцов вооружения и военной техники на различных стадиях жизненного цикла. Для этапов разработки и производства предлагается использовать полумарковские модели с использованием логистических функции распределения вероятности времени выполнения поэтапных работ. Для получения заданного уровня готовности и минимальной стоимости создания образца решается обратная задача динамики с использованием метода динамического программирования. Для этапа эксплуатации используется полумарковская модель обеспечения технической готовности образца с регенерацией за счет проведения восстановительного ремонта. Управление технической готовностью осуществляется по технико-экономическому критерию «стоимость-готовность».

Ключевые слова: вооружение; военная техника; жизненный цикл; вероятность; полумарковская модель; уровень готовности; интенсивность; дельта-функция.

С.И. Безденежных,
С.Г. Брайткрайтц

Адаптивное управление требованиями в системе управления жизненным циклом продукции военного назначения

Рассмотрены адаптивные подходы решения задачи управления требованиями в системах управления жизненным циклом вооружения основанных на эволюционно-технологической модели. Предложен алгоритм структурной эволюционной адаптации требований.

Ключевые слова: инновации; разработка технологий; теория информации; энтропия; эпистемология.

A.I. Buravlev,
G.A. Elantsev

Probabilistic Life Cycle Management Models of Weapon and Military Equipment

The article considers probabilistic models of the weapon and military equipment availability management at various stages of the life cycle. For the development and production stages, it is proposed semi-Markov models application with the use of the logistic probability distribution time function for stage-by-stage work performance. To obtain an availability given level and the minimum sample cost, the inverse dynamic problem is solved with the use of the dynamic programming method. For the operation stage, a semi-Markov model is applied to ensure the sample technical availability with the regeneration by means of restorative maintenance. The technical availability management is carried out according to the technical and "cost-availability economic criterion".

Key words: armament; military equipment; life cycle; probability; semi-Markov model; availability level; intensity; delta function.

S.I. Bezdenezhnykh,
S.G. Braytkrayts

Requirements Adaptive Management in Military Product Lifecycle Management

Adaptive approaches to the requirements management problem solving in life cycle management based on an evolutionary-technological model are considered. A structural evolutionary requirements adaptive algorithm is proposed.

Key words: innovation; technology development; information theory; entropy; epistemology.

В.Ю. Чуев,
И.В. Дубограй,
Е.Б. Маркелов

V.Yu. Chuev,
I.V. Dubograi,
E.B. Markelov

Выбор оптимальной тактики отражения атаки разнотипных боевых единиц

На основе теории непрерывных марковских процессов разработана модель отражения боевой единицей атаки двух разнотипных боевых единиц противника при вступлении в бой одной из них с запаздыванием. Получены расчётные формулы для вычисления текущих и окончательных состояний при различных тактиках ведения боя обороняющейся единицей. Установлены области целесообразности применения ею различных тактик ведения боя. Показано, что применение обороняющейся единицей правильной тактики может существенно увеличить вероятность её победы.

Ключевые слова: непрерывный марковский процесс; боевая единица; эффективная скорострельность; тактика ведения боя.

An Optimal Tactics Selection of Different-Type Combat Units Attack Repellency

Based on the theory of continuous Markov processes it is developed a model of a combat unit repellency of two different enemy combat units types attack in a case when one of them enters the battle with delay. Calculation formulas for the current and final states estimation on various fighting tactics application of defending unit are obtained. The areas of expediency of its various combat tactics application are established. It is shown that correct tactics application by a defending unit can significantly increase the probability of its victory. The developed model of two-way combat can be used for the combat multi-purpose weapons systems effectiveness estimation.

Key words: continuous Markov process; combat unit; effective rating of firing; combat tactics.

Г.М. Клещевников,
А.А. Макаренко

G.M. Kleshchevnikov,
A.A. Makarenko

Экспериментальная методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений

В статье представлена экспериментальная методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) к воздействию мощных электромагнитных излучений (МЭМИ), разработанная в ходе выполнения НИОКР, направленных на совершенствование изделий радиоэлектронной аппаратуры в мобильном (носимом) исполнении, предназначенных для применения в действиях современных вооруженных сил.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура; вооружение и военная техника; стойкость радиоэлектронной аппаратуры; критериальные параметры стойкости; мощные электромагнитные излучения; испытания стойкости.

An Experimental Method of the Criterion Parameters Estimation of the Electronic Equipment Resistance to the Powerful Electromagnetic Radiation Effects

The article presents an experimental method of the criterion parameters estimation of electronic equipment resistance to the powerful electromagnetic radiation effects. The method is developed in the course of research and development intended for the improvement of the mobile (wearable) radio electronic equipment that is used in of modern warfare.

Key words: electronic equipment; weapons and military equipment; electronic equipment resistance; resistance criterion parameters; powerful electromagnetic radiation; resistance tests.

А.А. Ачекин,
Г.Н. Чернышева,
А.В. Елизаров

**Система показателей для оценки
эффективности деятельности
инженерно авиационной службы
авиационных полков**

Раскрываются проблемы управления эффективностью деятельности инженерно-авиационной службы. С учетом специфики функционирования инженерно-авиационной службы определены четыре направления, которые определяют эффективность ее деятельности. По каждому из выделенных направления были сформированы подсистемы частных показателей для оценки эффективности деятельности инженерно-авиационной службы. На основе частных показателей по направлениям деятельности формируются комплексные показатели, которая является основой для определения интегрального показателя эффективности. Изложена методика сравнительной рейтинговой оценки деятельности инженерно-авиационных служб, различных авиационных частей авиационных полков. Практическая ценность разработанной системы показателей заключается в том, что она исключается фактор субъективизма в сравнительной оценке эффективности деятельности инженерно-авиационной службы авиационных полков.

Ключевые слова: система показателей; инженерно-авиационная служба; эффективность деятельности; резервы эффективности; интегральный, комплексный, частный показатели; рейтинговая оценка.

A.A. Achekin,
G.N. Chernysheva,
A.V. Elizarov

**The Indicators System of the Aviation
Regiment Engineering Service
Effectiveness Evaluation**

The article reveals the problems of the effectiveness of the engineering and aviation service management. Taking into account the specifics of the aviation engineering service functioning, four areas are identified to determine its activity effectiveness. For each of the selected areas, subsystems of private indicators are formed in order to evaluate the aviation engineering service effectiveness. Based on the particular indicators of the activity areas versatility indicators are formed that become the basis of the integral indicator of the effectiveness determination. The technique of comparative rating evaluation of the engineering and aviation services activity, various units of aviation regiments are presented. The practical value of the developed indicator system is that it excludes the factor of subjectivity in the comparative evaluation of the aviation regiments engineering service effectiveness.

Key words: ratio system; engineering and aviation service; activity effectiveness; effectiveness reserves; integral, versatility, private indicators; rating evaluation.

Н.Г. Буроменский,
С.Ю. Гончаров,
О.Р. Мгебрян

Методический подход к оценке степени технологической обеспеченности предприятий – изготовителей изделий электронной техники военного назначения

Статья посвящена разработке методического подхода для оценки степени технологической обеспеченности предприятий изготовителей изделий электронной техники военного назначения. Предложены критерии, установлены их количественные значения и даны рекомендации для Заказчика по степени предпочтительности размещения оборонного заказа на предприятиях – изготовителях изделий электронной техники военного назначения.

Ключевые слова: государственный оборонный заказ; технологическая обеспеченность предприятия; качество изделий электронной техники военного назначения; критерии.

N.G. Buromenskiy,
S.Y. Goncharov,
O.R. Mgebryan

A Methodical Approach to the Technological Supply Degree Estimation of Military Electronic Equipment Manufacturer Enterprises

The article is devoted to the development of a methodical approach to the technological supply degree estimation of military electronic equipment manufacturers. Criteria are proposed, their quantitative values are established, and certain recommendations are given for the Customer with a glance of the preference degree for the defense order placement at of military electronic equipment manufacturers enterprises.

Key words: state defense order; enterprise technological supply; military electronics quality; criteria.

***Дополнительные
материалы***

Правила предоставления авторами рукописей

1. Для опубликования в журнале «Вооружение и экономика» (далее – Журнал) принимаются научные статьи и рецензии преимущественно по тематике военно-технической политики, экономики военного строительства, программно-целевого планирования вооружения, военной и специальной техники и государственного оборонного заказа, экономической и военно-экономической безопасности, военных финансов, военно-социальной политики, правовых основ экономики военного строительства, подготовки научных кадров.

Статья, как правило, должна соответствовать одной из следующих научных специальностей:

20.01.07 – Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал;

20.02.01 – Теория вооружения, военно-техническая политика, система вооружения;

20.02.14 – Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения.

2. Файл статьи и сканы (файлы) прилагаемых документов (материалов) направляются авторами по электронной почте на адрес редакции – rk@viek.ru. Одновременно экземпляр рукописи, подписанный авторами, и оригиналы прилагаемых документов и материалов высылаются на почтовый адрес: 129327, г. Москва, Чукотский проезд, д. 10, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России (в редакцию журнала «Вооружение и экономика»).

Рассмотрение статьи начинается с момента получения полного комплекта материалов в электронном виде. Принятие окончательного решения об опубликовании возможно не ранее получения (бумажных) оригиналов рукописи статьи и всех требуемых документов и материалов.

3. Текст статьи должен быть набран на русском языке в файле одного из следующих форматов – docx (предпочтительно), doc, rtf, odt, tex (по согласованию). Параметры оформления:

- размер листа – А4,
- поля – верхнее и нижнее по 30 мм, левое и правое по 20 мм,
- ориентация страницы – книжная,
- Arial (предпочтительно), Times New Roman, Helvetica, Pt Sans (выбранный шрифт должен быть единственным в рукописи статьи);
- размер шрифта – 14 pt;
- межстрочный интервал – 1,15 (предпочтительно) или полупетельный;
- расстановка переносов – автоматическая (не рекомендуется использовать символы «мягкого переноса»);
- выравнивание текста – по ширине;
- отступ первой строки абзаца – 1,25 см.

Не рекомендуется использовать списки (нумерованные или маркированные), кернинг (разреженный или уплотненный шрифт). Подстрочные и надстрочные символы не следует применять вне формул.

Структура файла статьи:

- код научной специальности статьи (20.01.07, или 20.02.01, или 20.02.14);
- индекс УДК темы статьи;
- сведения об авторах (всего не более трёх авторов), включающие инициалы и фамилию, ученую степень и ученое звание каждого автора;

- тему и текст статьи;
- список использованных источников.

В тексте статьи допускается наличие математических формул, рисунков и таблиц.

Математические формулы, в т.ч. их элементы, должны быть вставлены в файл статьи, как объекты «уравнение» (не «рисунок»!) Microsoft Word или MathType, или Math OpenOffice.org (LibreOffice.org).

Рисунки (иллюстрации, схемы, графики, диаграммы и т.п.) должны быть вставлены в файл статьи отдельными объектами «изображение» (или «рисунок») в одном из следующих форматов – PNG, JPEG, GIF, TIFF, BMP, SVG. При этом для каждого вставленного в статью рисунка дополнительно прилагается его исходный файл в формате той программы, где данный рисунок был создан, например, VSDX, DOCX, XLSX, PPTX, XCF и др., с именем файла, соответствующим порядковому номеру рисунка в рукописи, например, «рисунок1.vsdх».

Таблицы должны быть набраны средствами того же текстового редактора, которой использовался для создания файла статьи. Например, «вставка таблицы» в Microsoft Word.

Обозначения математических формул, подписи рисунков, заголовки таблиц, а также сноски и ссылки на литературу оформляются в текстовом виде в соответствии с ГОСТом.

4. Статья должна оканчиваться списком использованных источников (как правило не менее 5 наименований), в котором указываются только авторские научные произведения (опубликованные статьи, монографии, материалы очных конференций, а также патенты), подлежащие включению в систему Российского индекса научного цитирования (более подробную информацию о данной системе см. на сайте Электронной научной библиотеки: <http://www.elibrary.ru>).

Список составляется в том порядке, в котором источники упоминаются в тексте статьи (не по алфавиту!), и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Ссылки на другие источники (любые электронные ресурсы, нормативные документы, статистические сборники, учебная литература, любые справочники, авторефераты и диссертации, ненаучные статьи и т.п.) оформляются только в виде подстрочных библиографических ссылок – сносок внизу страницы.

Объем самоцитирования, если авторы ссылаются на собственные работы, не должен превышать 20% от общего количества источников в списке.

5. К файлу статьи (рукописи статьи) должны быть приложены:

- [карточка статьи](#), включающая её аннотацию и ключевые слова, в т.ч. на английском языке;
- [карточки авторов](#) (заполняются на каждого автора), в т.ч. на английском языке;
- заключение о возможности открытого опубликования статьи, подготовленное в соответствии с требованиями приложения № 2 к приказу Министра обороны Российской Федерации от 05 июня 2015 г. № 320дсп (для воинских частей и организаций Минобороны России) или в соответствии с требованиями решения Межведомственной комиссии по защите государственной тайны от 30 октября 2014 г. № 293;

- рецензия на статью, подписанная, как правило, доктором наук, подпись которого заверена установленным порядком;
- исходные файлы всех рисунков статьи согласно п. 3 настоящих Правил (только в электронном виде);
- файлы фотографий каждого автора в одном из общепринятых графических форматов: портретная, без посторонних людей в кадре, размер фотографии не менее 300 пикселей по горизонтали и 400 пикселей по вертикали (предоставляется по желанию, только в электронном виде).

Порядок рецензирования рукописей

1. Рукописи, поступающие в редакцию журнала «Вооружение и экономика» (далее – Журнал), подлежат обязательному рецензированию (экспертной оценке).

2. Перечень специалистов, привлекаемых к рецензированию, утверждается главным редактором журнала. В рецензировании рукописей вправе участвовать члены редакционной коллегии и научно-редакционного совета Журнала. По решению редакционной коллегии для рецензирования могут привлекаться также иные специалисты, если среди перечисленных лиц отсутствуют эксперты по проблематике данной статьи.

3. В течение десяти рабочих дней с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил предоставления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирование одному или нескольким экспертам, указанным в пункте 2 настоящего положения. При направлении статьи на рецензирование из нее удаляется информация об авторе.

4. Рецензент проводит рецензирование работы в течение одного месяца с момента поступления к нему рукописи. Если по каким-либо причинам рецензент не в состоянии провести экспертную оценку рукописи в установленный срок, он должен сообщить об этом главному редактору (заместителю главного редактора). Главный редактор (заместитель главного редактора) в этом случае вправе продлить срок рецензирования работы либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

5. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (вследствие конфликта интересов или по иным причинам), он в течение пяти рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

6. После получения рецензии главный редактор (заместитель главного редактора) вправе направить рукопись на дополнительное рецензирование другому рецензенту.

7. Основные положения отрицательной рецензии доводятся авторам рукописи без указания лица, проводившего рецензирование, вместе с решением редакционной коллегии об отклонении статьи, как правило, на указанные в карточках авторов адреса электронной почты.

При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

8. Рецензии представляются редакцией по запросам Минобрнауки России.

9. Авторы отклонённой статьи вправе в тридцатидневный срок с момента доведения им основных положений отрицательной рецензии сообщить свои возражения по данному поводу либо уведомить редакцию о намерении переработки отклонённой статьи, что предполагает подготовку нового комплекта материалов, указанных в п. 5 Правил предоставления авторами рукописей.

10. После получения рецензии рукопись представляется ученым секретарем на ближайшем заседании редакционной коллегии для планирования сроков опубликования статьи. В случае если рецензия не является положительной (содержит замечания, указания на необходимость переработки, вывод о нецелесообразности опубликования в текущем виде и т.п.), представление статьи на заседании редакционной коллегии производится не раньше, чем по истечении срока, указанного в п. 9 настоящего Порядка.

Карточка статьи

	На русском языке	На английском языке
Название статьи		
Инициалы и фамилия автора (авторов)		
Авторская аннотация (не более 1000 знаков, включая пробелы)		
Ключевые слова (разделенные точкой с запятой)		

Карточка автора

	На русском языке	На английском языке
Фамилия		
Имя		
Отчество*)		
Ученая степень*)		
Ученое звание*)		
Место работы		
Должность		
Контактный телефон		
Адрес электронной почты		
SPIN-код*)		
Дополнительная информация**)		

*) При наличии.

**) Указываются сведения, которые автор желает дополнительно сообщить о себе.

Особенности распространения журнала

Доступ ко всем номерам электронного научного журнала «Вооружение и экономика» осуществляется на [сайте Министерства обороны Российской Федерации](#) либо на сайте журнала – <http://www.viek.ru>.

Сведения о членах редакционной коллегии

АЛЕКСАНДРОВ Анатолий Александрович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники, премии Правительства Российской Федерации в области образования

АЧАСОВ Олег Борисович – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РАН

БУРЕНОК Василий Михайлович – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, лауреат премии Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации – *главный редактор*

БЫСТРОВ Андрей Владимирович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН

ВИКУЛОВ Сергей Филиппович – доктор экономических наук, профессор, почётный академик РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации – *заместитель главного редактора*

ГЛАДЫШЕВСКИЙ Владимир Леонидович – кандидат технических наук, доцент, член-корреспондент РАН

ГОРЧИЦА Геннадий Иванович – доктор военных наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации

ГОРШКОВ Владимир Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

КАШИН Валерий Михайлович – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик РАН, Герой Труда Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и технологий, лауреат премий Правительства Российской Федерации в области науки и техники

КОКОШИН Андрей Афанасьевич – доктор исторических наук, профессор, академик РАН, академик РАН

ЛАВРИНОВ Геннадий Алексеевич – доктор экономических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова – *заместитель главного редактора*

ЛЕОНОВ Александр Васильевич – доктор экономических наук, профессор, советник РАН

МИХАЙЛОВ Юрий Михайлович – доктор химических наук, профессор, академик РАН, академик РАН, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, лауреат премии Российской академии наук имени В.Н. Ипатьева в области технической химии

РАХМАНОВ Александр Алексеевич – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии Российской Федерации имени Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, лауреат премии Правительства Российской Федерации, заслуженный деятель науки Российской Федерации

ХУДЯКОВ Дмитрий Владимирович – кандидат экономических наук, доцент – *заместитель главного редактора – ученый секретарь.*

ХРУСТАЛЕВ Евгений Юрьевич – доктор экономических наук, профессор

ЦЕЛЫКОВСКИХ Александр Александрович – доктор военных наук, профессор, советник РАН

2021 №3 (57)

В номере:

ВООРУЖЕНИЕ И ВОЕННАЯ ТЕХНИКА

46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации

Российская академия ракетных и артиллерийских наук

Академия проблем военной экономики и финансов

Издается с 2008 года

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, где должны быть опубликованы результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Св-во о рег. СМИ от 07.12.2012 г. №ФС77-52083

ISSN 2071-0151

Главный редактор
Буренок В.М.

Заместители гл. ред.
Викулов С.Ф.
Лавринов Г.А.

Ученый секретарь
Худяков Д.В.

Редактор
Молчанова Т.М.

Перевод
Криворучко О.В.

Буренок В.М. Межведомственные комплексные целевые программы как механизм управления развитием системы вооружения

Дурнев Р.А., Свиридок Е.В. Система стратегического неядерного сдерживания: экспертный подход к обоснованию

Реулов Р.В., Стукалин С.В., Пронин А.Ю. Организационно-методический подход к формированию Перечня приоритетных направлений фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2033 года

Афанасьев А.С., Матюхин Д.В. Реалии современного пути развития военной радиоэлектроники

Буравлев А.И., Еланцев Г.А. Вероятностные модели управления жизненным циклом вооружения и военной техники

Безденежных С.И., Брайткрайц С.Г. Адаптивное управление требованиями в системе управления жизненным циклом продукции военного назначения

Чув В.Ю., Дубограй И.В., Маркелов Е.Б. Выбор оптимальной тактики отражения атаки разнотипных боевых единиц

Клещевников Г.М., Макаренко А.А. Экспериментальная методика оценки критериальных параметров стойкости радиоэлектронной аппаратуры к воздействию мощных электромагнитных излучений

Ачекин А.А., Чернышева Г.Н., Елизаров А.В. Система показателей для оценки эффективности деятельности инженерно-авиационной службы авиационных полков

ВОЕННАЯ ЭКОНОМИКА

Буроменский Н.Г., Гончаров С.Ю., Мгебрян О.Р. Методический подход к оценке степени технологической обеспеченности предприятий – изготовителей изделий электронной техники военного назначения

Вооружение и экономика

Новый номер журнала доступен на сайтах mil.ru и viek.ru