

2014
№ 2 (27)

Вооружение
и экономика

<p>46 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации</p> <p>Российская академия ракетных и артиллерийских наук</p> <p>Академия проблем военной экономики и финансов</p>	<p>Вооружение и экономика № 2 (27) / 2014</p> <p>Электронный научный журнал</p> <p>http://www.viek.ru</p>	
<p>Издается с 2008 года</p> <p>Электронный научный журнал «Вооружение и экономика» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19 февраля 2010 г. № 6/6)</p> <p>Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-30824 от 25.12.2007 г.</p> <p>ISSN 2071-0151</p>	<p>Содержание</p>	
	<p><u>Военно-техническая политика</u></p>	
	<p>Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники</p>	<p>4</p>
	<p>Ачасов О.Б., Буравлев А.И. Аналитическая модель оценки эффективности воздушно-космической обороны в условиях глобального удара высокоточным оружием</p>	<p>10</p>
	<p>Буравлев А.И., Гладышевский В.Л. Оптимальное распределение ресурсов в задачах программно-целевого планирования развития вооружения и военной техники</p>	<p>21</p>
<p>Осадчиев А.А., Горшков В.А., Крутоверцев А.И. Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Решение задачи</p>	<p>37</p>	
<p>Лукьяница А.А. Трехмерная виртуальная реальность в электронных тренажерах военного назначения</p>	<p>45</p>	

<p>Издатель: Российская академия ракетных и артиллерийских наук 107564, г. Москва, 1-я Мясниковская ул., дом 3, стр. 3 rk@viek.ru</p> <p>Главный редактор дтн проф. Буренок В.М.</p> <p>Редакционная коллегия дтн проф. Анищенко В.Н. ктн доц. Ачасов О.Б. дтн проф. Буравлев А.И. дэн проф. Венедиктов А.А. (отв. редактор) дэн проф. Викулов С.Ф. (зам. гл. редактора) дтн проф. Гальцов Е.М. дтн проф. Горчица Г.И. дтн проф. Горшков В.А. дэн проф. Козин М.Н. ктн снс Косенко А.А. дэн проф. Лавринов Г.А. (зам. гл. редактора) дэн снс Леонов А.В. кэн проф. Савинский П.Ф. дэн проф. Хрусталева Е.Ю. двн проф. Цельковских А.А.</p> <p>Редакционный совет дтн двн проф. Анисимов Е.Г. дтн Архипов Н.Ф. дтн проф. Балыко Ю.П. дтн проф. Василенко В.В. дэн снс Корчак В.Ю. дтн проф. Минаев В.Н. дтн проф. Козирацкий Ю.Л. кэн Пискунов А.А. дтн проф. Рахманов А.А. кэн Сторонин В.В. дэн проф. Чистов И.В. дтн проф. Ягольников С.В.</p>	<p>Пьянков А.А. Математическая модель процесса восстановления вооружения и военной техники в ходе боевых действий тактического воинского формирования 53</p>
	<p align="center"><u>Военная экономика и финансы</u></p>
	<p>Горгола Е.В., Кваша В.А. Развитие военно-экономической науки в эпоху сетевых войн 65</p>
	<p>Короленко В.В., Лазников Н.М. Методика рационального распределения заказов на материальные ресурсы при планировании поставок в системе интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники военного назначения 85</p>
	<p>Шубин М.В., Ермаков Е.А. Методический подход к расчету контрактной цены ремонта авиационной техники военного назначения с учетом результатов оценки ее технического состояния 97</p>
	<p>Иванцов Д.В. Оценка производственных возможностей предприятий оборонно-промышленного комплекса в интересах формирования государственного оборонного заказа в части закупок вооружения, военной и специальной техники 104</p>
	<p>Сведения об авторах 115</p>
	<p>Аннотации и ключевые слова 118</p>
	<p>Правила представления авторами рукописей 123</p>
	<p>Порядок рецензирования рукописей 125</p>

Оформление, верстка Венедиктова М.М. Редактор Молчанова Т.М. Мнение редакции может не совпадать с точкой зрения авторов. Ответственность за достоверность материалов несут авторы.	<i>Карточка статьи</i>	126
	<i>Карточка автора</i>	126
	<i>Условия подписки на полнотекстовую версию в Интернете</i>	126

В.М.Буренок, доктор технических наук,
профессор

Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники

В статье рассмотрены основные научные проблемы, возникающие в процессе определения облика системы управления полным жизненным циклом изделий военного назначения. Показаны пути их преодоления, сформулированы предложения по перечню параметров и способы управления жизненным циклом, критериям оценки достигаемого эффекта, определены направления создания системы.

Жизненный цикл изделия включает совокупность различных этапов, перечень и содержание которых отличается в зависимости от вида продукции (например, гражданская или военная). Что касается вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), то принято различать следующие этапы ее жизненного цикла: создание научно-технического задела (этап выполнения научно-исследовательских работ), разработка образца (опытно-конструкторская работа), производство, эксплуатация и ремонт, утилизация (рисунок 1). Министерствами обороны, промышленности и торговли, другими министерствами и ведомствами Российской Федерации организована и проводится работа по созданию системы управления полным жизненным циклом. Создание такой системы позволит (по опыту иностранных государств) существенно снизить финансовые и материальные затраты на техническое оснащение Вооруженных Сил и силовых структур страны, а также повысить эффективность системы вооружения. Управление жизненным циклом предполагает такое планирование и расходование различного рода ресурсов, выделяемых на реализацию каждого из этапов и всего жизненного цикла в целом, которое обеспечивает достижение максимальных показателей эффективности системы вооружения при минимизации затрат на материально-техническое оснащение Вооруженных Сил страны.

Создание системы управления полным жизненным циклом (СУПЖЦ) предопределяет

необходимость решения многочисленных научных и организационных задач. Предстоит определиться с тем, что собой будут представлять субъекты управления в этой системе: доминирующие органы Минобороны России или предприятия, как будет построен ее «технологический контур»: автоматизированная система, обеспечивающая сбор, циркулирование и обработку информации, нормативная правовая база (включая стандарты в области сбора и представления информации, порядка обмена ей и т.п.), методики обработки информации и поддержки принятия решений и др. Сейчас уже сформировалось понимание, что система управления полным жизненным циклом для различных типов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) будет иметь свою специфику. Однако базовые нормативные документы, специальное программное обеспечение, методики сбора, обработки и представления информации, техническая документация и т.п. должны быть построены на единых принципах и стандартах.

Безусловно, говоря о системе управления, необходимо представлять себе, какими параметрами системы предполагается оперировать в процессе управления, какие способы управления могут быть и какой эффект от управления будет получен, как его необходимо измерять и самое главное, как на основе всего этого и какие принимать решения по управлению состоянием изделий ВВСТ на различных этапах жизненного цикла (рисунок 2). Показанные на рисунке предложения

по их содержанию нельзя считать окончательными, они подлежат дальнейшему осмыслению и корректировке при необходимости, особенно если речь идет о конкретных изделиях ВВСТ. При этом для оценки эффекта от управления необходима разработка соответ-

ствующих методик применительно к каждому показателю, что также представляет собой непростую задачу как применительно к созданию собственно методики, так и сбору требующихся для проведения расчетов исходных данных.

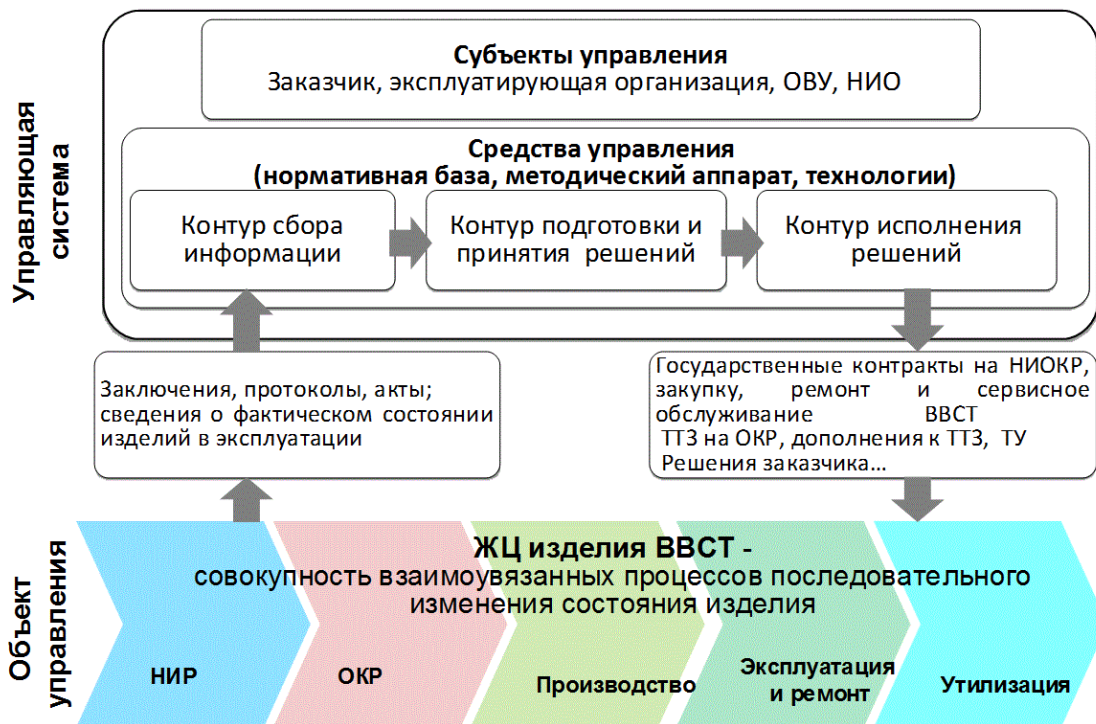


Рисунок 1 – Основные элементы системы управления жизненным циклом ВВСТ

Этапы ПЖЦ	НИР	Разработка	Производство	Эксплуатация и ремонт	Утилизация
Параметры управления	Степень готовности технологий; стоимостные показатели ЖЦ изделия	Степень соответствия ТТХ образца ВВСТ предъявляемым требованиям, в том числе стоимостным показателям	Степень соответствия ТТХ предъявляемым требованиям в процессе производства; соответствие стоимости производства образца заявленной;	Степень готовности ВВСТ; степень деградации ТТХ в процессе эксплуатации	Затраты на утилизацию; степень применимости вторичных продуктов
Способы управления	Оценка готовности технологий; технико-экономическое обоснование	Корректировка требований в процессе формирования облика образца ВВСТ; оптимизация конструкции образца и систем его эксплуатации и утилизации; унификация и стандартизация узлов и агрегатов	Оптимизация кооперации исполнителей; каталогизация СЧ образца; оптимизация процесса производства, и использование новых технологий	Обеспечение своевременности и полноты ТОиР; ремонт по состоянию; рациональное накопление и расходование ЗИП	Определение рациональных сроков и способов утилизации; учет требований по утилизации на этапе ОКР
Эффект от управления	Снижение риска разработки	Реализация требований к образцу ВВСТ в приемлемые сроки и ресурсы	Снижение издержек производства; обеспечение требуемого уровня ТТХ	Обеспечение готовности парка ВВСТ; снижение издержек при эксплуатации	Снижение издержек на утилизацию; увеличение степени использования вторичных ресурсов

Рисунок 2 – Управление полным жизненным циклом ВВСТ

СУПЖЦ в том или ином виде существовали применительно к различным типам ВВСТ и в прежние годы. Однако ряд присущих им недостатков затруднял их применение (рисунок 3). Во многих случаях системы не были замкнутыми (не охватывали весь ЖЦ), а представляли собой совокупность не связанных между собой элементов управления отдельными этапами жизненного цикла. В имею-

щемся виде интеграция их в систему управления именно полным жизненным циклом невозможна (различны идеология построения, входная и выходная информация каждого элемента, они не ориентированы на применение компьютерных технологий и т.п.). Соответственно интегральный эффект от применения таких элементов существенно ниже, чем должен или мог бы быть.

Этапы ПЖЦ	НИР	Разработка	Производство	Эксплуатация и ремонт
Нормативное и методическое обеспечение	<ul style="list-style-type: none"> Методический аппарат обоснования ТТХ, оценки стоимости и объемов работ основан на экспертных (субъективных) оценках; не сформирован механизм обязательной оценки готовности НТЗ и учета полученных оценок при формировании ГОЗ; низкий уровень развития моделей боевого применения изделий 	<ul style="list-style-type: none"> Методический аппарат оценки стоимости ЖЦ изделия, оптимизации его конструкции не позволяет получить точных результатов; отсутствует эффективный доступ к Каталогу ПС; не обеспечивается учет технологических возможностей предприятий – изготовителей ВВСТ и особенностей системы эксплуатации 	<ul style="list-style-type: none"> Не регламентированы вопросы передачи производителю электронной КД; отсутствует эффективный доступ к Каталогу ПС 	<ul style="list-style-type: none"> Низкая степень использования средств объективного контроля, автоматической диагностики изделий; не автоматизировано решение задач управления ТОиР и МТО; отсутствует метод. аппарат оптимального управления ТОиР и МТО
Информационное обеспечение	<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие полной статистической информации о ЖЦ существующих образцов ВВСТ; не систематизированы данные о ранее проведенных оценках стоимости, объемах работ по созданию ВВСТ и степени их достоверности 	<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие необходимой статистической информации о ЖЦ существующих образцов ВВСТ; отсутствуют исходные данные по системе эксплуатации; проектная документация и КД в бумажном виде содержит ошибки, затруднено ее повторное использование при разработке новых изделий; неполнота Каталога ПС 	<ul style="list-style-type: none"> Технологическая документация в бумажном виде содержит ошибки, затруднено ее повторное использование (корректировка) при освоении производства новых изделий; неполнота Каталога ПС 	<ul style="list-style-type: none"> Отсутствие полной детальной информации о результатах эксплуатации ВВСТ, номенклатуре ЗИП и объемах имеющихся запасов; отсутствие актуальной эксплуатационной документации

Рисунок 3 – Недостатки существующей системы управления жизненным циклом ВВСТ

СУПЖЦ или их совокупность должны представлять собой законченный объект, построенный на единых принципах и подходах: по порядку обмена и составу информации, по программным средствам, по структуре составных элементов, по порядку взаимодействия субъектов управления, методической поддержке системы и т.п. (рисунок 4). Из этого подхода следует и перечень направлений создания СУПЖЦ (рисунок 5):

создание интегрированной информационной среды;

разработка и внедрение единого (унифицированного) регламента и обеспечение единого характера деятельности участников управления ПЖЦ;

создание единой технологической среды СУПЖЦ (средств сбора данных о состоянии

объектов – датчиков и средств первичной обработки данных, электронных документов – формуляров и технических руководств, автоматизированных хранилищ информации, средств отображения информации и т.д.).

Что касается последнего (технологической среды), то отдельных наработок достаточно много, в целом они характеризуются высоким техническим совершенством. Но созданы они по различному замыслу и с использованием различных технических решений. Соответственно необходимо из всего их многообразия выбрать совокупность совместимых и приемлемых для целей формирования СУПЖЦ элементов (возможно, с их модернизацией исходя из общего замысла создания системы).



Рисунок 4 – Структура системы управления полным ЖЦ ВВСТ



Рисунок 5 – Основные направления создания СУПЖЦ ВВСТ

Создание СУПЖЦ предусматривается в несколько этапов (рисунок 6). В период до 2015 года запланирована разработка ключевых решений по созданию СУПЖЦ и их апробация в процессе реализации ряда пилотных проектов (в части бронетанковой техники, надводного корабля и др.). Для обеспечения взаимодействия всех участников создания СУПЖЦ сформирована межведомственная

рабочая группа (МРГ), в которую вошли представители Минпромторга и Минобороны России, а также представители предприятий оборонной промышленности. Кроме того, по каждому пилотному проекту сформированы управляющие комитеты, разработано Типовое положение о пилотном проекте. Осуществляется доработка существующих и разработка новых нормативных документов.



Рисунок 6 – Состояние работ по созданию СУПЖЦ ВВСТ

Но несмотря на определенное продвижение все же нет единого понимания, какой должна быть СУПЖЦ (рисунок 7). Это следствие упрощенного, формального подхода к ее созданию. Единого управления созданием СУПЖЦ пока нет. МРГ не может решить проблему централизованного управления созданием этой системы, которая сродни проблеме создания сложного изделия ВВСТ. Но если по каждому техническому направлению в оборонной промышленности есть генеральный или главный конструктор, то такого ответственного, наделенного соответствующими полномочиями лица по СУПЖЦ нет. По этой причине создание СУПЖЦ пока можно рассматривать как идею, не приобретшую до сих пор четкого очертания. Соответственно, нет возможности достоверно определить затраты на ее разработку и срок, в течение которого она может быть создана.

В целом для решения предстоящих до 2015 года задач в первоочередном порядке необходимо:

- разработка межведомственного нормативного документа, определяющего концептуальную, функциональную и информационную модели СУПЖЦ;

- формирование плана (программы) работ по созданию ИИС, предусматривающего раз-

работку модели, требований к ИИС, оснащение подразделений Вооруженных Сил РФ и органов военного управления средствами автоматизации, развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры;

- включение в Программу стандартизации в области СУ ПЖЦ ВВСТ мероприятий по разработке нормативных документов, необходимых для формирования ИИС;

- проведение семинаров, конференций с целью формирования единого понимания проблематики в области СУ ПЖЦ ВВСТ, демонстрации разработок предприятий и обмена опытом в области внедрения технологий управления ПЖЦ ВВСТ.

Таким образом, разработка системы управления полным жизненным циклом является перспективным направлением оптимизации затрат на развитие и поддержание технической составляющей Вооруженных Сил страны. Но это многоаспектная, организационно и научно весьма сложная проблема, требующая комплексного подхода и скоординированной, взаимоувязанной работы многих органов и организаций, непрерывного и жесткого руководства со стороны единого центра.

Как создавать СУ ПЖЦ ВВСТ

Какой должна быть СУ ПЖЦ ВВСТ

Концепция разработки, внедрения и развития СУ ПЖЦ ВВСТ



?

- ✓ не сформировано единое согласованное понимание облика создаваемой СУ ПЖЦ ВВСТ, ее структуры, функций участников, решаемых задач, взаимосвязей
- ✓ не сформирована модель интегрированной информационной среды, состав протоколов, форматов, процедур, необходимых для обеспечения функционирования ИИС
- ✓ отсутствует единое понимание технологий управления ПЖЦ ВВСТ, (технологий информационной поддержки ЖЦ ВВСТ, технологий проектирования/моделирования/производства/обеспечения эксплуатации и т.д.)



Невозможно оценить требуемые затраты и сроки создания СУ ПЖЦ ВВСТ

Рисунок 7 – Проблемы создания СУ ПЖЦ ВВСТ

О.Б.Ачасов, кандидат технических наук,
доцент
А.И.Буравлев, доктор технических наук,
профессор

Аналитическая модель оценки эффективности воздушно-космической обороны в условиях глобального удара высокоточным оружием

В статье рассмотрена аналитическая модель для приближенной оценки эффективности системы ВКО в условиях массированного применения средств высокоточного оружия по военным и гражданским объектам. Данная модель может быть использована в целях предварительного обоснования облика системы воздушно-космической обороны, поиска альтернативных вариантов построения ее группировок и оперативной оценки их эффективности.

Введение

В общей структуре Вооруженных Сил РФ системе воздушно-космической обороны (ВКО) отведено место самостоятельной стратегической системы, входящей в состав стратегических сил сдерживания и включающей ударные средства (зенитно-ракетные войска, истребительную авиацию и др.), информационные средства (СПРН, РТВ и др.), а также подсистемы управления и обеспечения [1, 2].

Наличие в составе различных по целевому назначению, принципам действия и боевого применения средств характеризует систему ВКО как сложную военно-техническую систему. Обоснование рационального облика системы ВКО, определение этапности ее создания и развития с учетом возникновения различных видов угроз и существующих ресурсных ограничений является сложной многофакторной и многокритериальной задачей.

Данная статья посвящена одной из составляющих решения этой сложной задачи – разработке методического аппарата, позволяющего оценивать эффективность системы ВКО по отражению глобального удара высокоточным оружием (ВТО), возможности истребительной авиации (ИА) и зенитных ракетных войск (ЗРВ) по защите обороняемых объектов в зависимости от их состава и структуры.

Современные взгляды на применение ВТО лежат в основе стратегии «глобального удара», принятой в США. Суть этой стратегии состоит в массированном применении высокоточных средств воздушного нападения (в первую очередь крылатых ракет различного типа) в неядерном оснащении по объектам государственного и военного управления, ключевым объектам военно-экономического потенциала и сил стратегического сдерживания вероятного противника [3, 4]. В условиях слабой воздушно-космической обороны массированное применение ВТО обеспечит гарантированное нанесение недопустимого уровня ущерба и тем самым достижение военных целей такого «удара».

Возникает вопрос, какими возможностями в этом случае должна обладать система ВКО, чтобы сорвать цели противника? В первую очередь речь идет о характере эшелонирования средств ВКО и численном составе ударных средств, обеспечивающих перехват и уничтожение воздушных целей [5, 6].

Ниже рассматривается аналитическая модель оценки эффективности системы ВКО по отражению глобального удара ВТО, построенной по зонально-объектовому принципу. Этот принцип был использован при создании системы ПВО страны в 60-е годы прошлого века, он же на практике показал достаточно

высокую эффективность противовоздушной обороны РФ [7, 8].

Постановка задачи

Предполагается, что вся территория страны разделена на l зон. Каждая территориальная зона содержит $N_i, (i=\overline{1,l})$ ключевых объектов государственного и военного

управления, объектов военно-экономического потенциала и сил стратегического сдерживания, а также средств ВКО (аэродромы ИА, позиции ЗРК), которые также рассматриваются противником в качестве целей. Объекты в границах этих зон прикрываются средствами зональной ВКО (1-й эшелон) (рисунок 1).

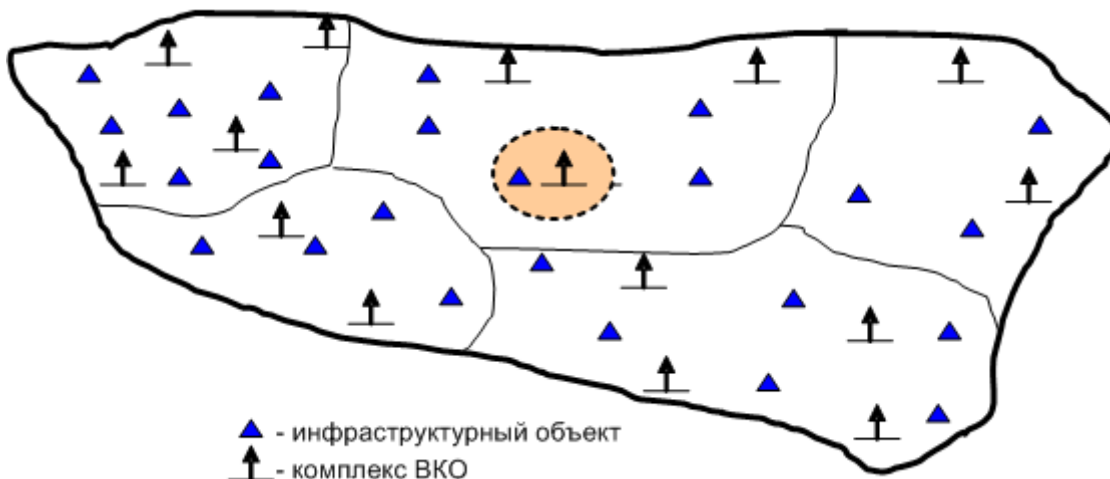


Рисунок 1 – Схема зонально-объектовой ВКО страны

Количество этих средств определяется требуемой плотностью перекрытия внешней границы территории (рисунок 2). Если длина внешней границы территории составляет L км, а радиус круговой зоны поражения средств ВКО равен R км, то при числе средств

ВКО $N_{ВКО}^{(1)}$ плотность перекрытия внешней границы составит $\rho_L = \frac{2N_{ВКО}^{(1)}R}{L} км^{-1}$. При заданной плотности ρ_L потребное число средств ВКО составит $N_{ВКО}^{(1)} = \frac{\rho_L L}{2R}$.

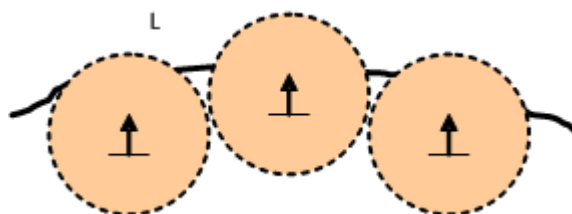


Рисунок 2 – Схема оценки плотности перекрытия внешней границы зоны средствами ВКО

Внутри зоны каждый объект прикрывается объектовым средством ВКО (2-й эшелон). Количество объектовых средств ВКО $N_{ВКО}^{(2)}$ также определяется требуемой плотностью покрытия ρ_S территориальной зоны зонами поражения средств ВКО (рисунок 3):

$$\rho_S = \frac{N_{ВКО}^{(2)} \pi R^2}{S},$$

где S – площадь территориальной зоны. Пусть противник имеет M ударных средств воздушного нападения (крылатые ракеты, боевые блоки стратегических и оперативно-тактических ракет и др.), из них M_i планируется для поражения целей, расположенных в i -й территориальной зоне. Известна вероятность поражения целей ударным средством противника V , зависящая от типа цели.

Тип цели определяется уровнем ее защищенности:

- 1 – слабозащищенная цель;
- 2 – цель средней защищенности;
- 3 – сильнозащищенная цель.

Анализ объектов, являющихся целями для ВТО, показывает, что слабозащищенные объекты составляют примерно 40...50%, среднезащищенные – 30...40%, сильнозащищенные – 10...20% от всей совокупности возможных целей.

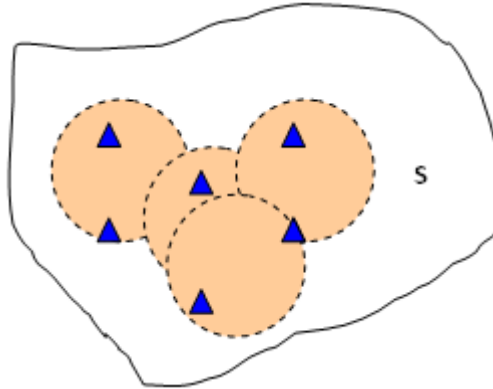


Рисунок 3 – Схема оценки плотности покрытия зоны средствами ВКО

Современное высокоточное оружие, имеющееся у вероятного противника, обеспечивает поражение по типу А (уничтожение) слабозащищенных целей с вероятностью $V_1=0,7...0,9$, среднезащищенных – с вероятностью $V_2=0,4...0,7$, сильнозащищенных – с вероятностью $V_3=0,2...0,4$.

Глобальный массированный удар ВТО осуществляется в виде последовательности нескольких авиационно-ракетных ударов (залпов) в течение времени T с интервалами времени между залпами Δt .

Обороняющаяся сторона осуществляет перехват и уничтожение воздушных целей средствами зональной и объектовой ВКО: комплексами ИА и ЗРВ. Применение ИА и ЗРВ должно быть согласовано по времени и рубежам перехвата крылатых ракет противника. В соответствии с тактикой применения средств ВКО по отражению воздушного нападения ИА осуществляет перехват воздушных целей на дальних рубежах, а средства ЗРВ – на средних рубежах и в ближней зоне прикрываемых объектов. В этом случае действия ИА и ЗРВ в зонах их ответственности можно рассматривать как относительно самостоятельные.

Для каждого истребительного авиационного комплекса (ИАК) и зенитно-ракетного комплекса (ЗРК) известны вероятности $W_{ИА}$, $W_{ЗРК}$ поражения воздушной цели одним средством поражения (СП) и величина боекомплекта СП.

В ходе боевых действий нападающая и обороняющаяся стороны могут применить радиоэлектронное противодействие системам боевого управления, что приведет к изменению эффективных параметров V , W . В рамках рассматриваемой модели радиоэлектронное противодействие сторон может быть учтено уменьшением вплоть до нуля вероятностей поражения целей V , W .

При разработке модели в целях ее упрощения используется ряд допущений, в том числе:

1. Противник обладает достоверной информацией об объектах нападения на обороняемых территориях (дислокация, защищенность и т. п.) и об их состоянии после нанесения удара.
2. Все объекты удара считаются равнозначными. Ударные средства противника распределяются равномерно по объектам удара.
3. ЗРК своевременно и с требуемой точностью и надежностью обеспечиваются

информацией предупреждения и целеуказания.

4. Обороняемые объекты в пределах территориальной зоны распределены статистически равномерно.

Указанные допущения не являются ограничивающими для построения модели оценки эффективности ВКО в условиях нанесения агрессором глобального удара ВТО.

Математическая модель оценки эффективности ВКО

Эффективность ВКО будем характеризовать величиной относительных потерь ключевых объектов государственного и военного управления, объектов военно-экономического потенциала, сил стратегического сдерживания, а также средств ВКО, находящихся в каждой территориальной зоне страны, и общей величиной относительных потерь военно-экономического потенциала страны [8].

Обозначим \bar{N}_i – средние потери объектов в i -й территориальной зоне; $U_i = \frac{\bar{N}_i}{N_i}$ – относительные средние потери объектов в i -й

территориальной зоне, а $U = \frac{\sum_{i=0}^l \bar{N}_i}{\sum_{i=0}^l N_i}$ – общие

относительные средние потери в результате глобального удара.

По величине средних потерь можно судить о возможности обороняющейся стороны в дальнейшем вооруженном противоборстве. Так, например, при достижении $U \geq 50\%$ в зависимости от складывающейся ситуации, необходимы решительные действия по принуждению противника к прекращению военных действий угрозой нанесения ему неприемлемого ущерба или же непосредственное нанесение ударов по группировкам войск и территории противника всем арсеналом возможных средств, включая ядерные средства.

Для оценки величины относительного ущерба U_i в i -й территориальной зоне ис-

пользуем выражение для среднего ущерба, наносимого объектам зоны, если по каждому объекту действует определенный наряд ударных средств [9].

Предполагается, что агрессор наносит глобальный удар ВТО в виде последовательности ударов (залпов) ВТО в дискретные моменты времени t_k , ($k=1,2,\dots$). Начальный момент времени обозначим $t_0=0$. Для данного момента времени известны численности самолетов ИА, находящихся на боевом дежурстве на аэродромах $N_{ИА}(t_0)$, и численность ЗРК $N_{ЗРК}(t_0)$ в составе зональной и объектовой ВКО в каждой зоне.

Пусть в момент t_1 первого удара ВТО по каждой зоне действует $M_i(t_1)$ ударных средств, которые распределяются по объектам инфраструктуры, позициям ЗРК и аэродромам ИА в соответствии с долевыми коэффициентами:

$$\beta_{ОИ}, \beta_{ЗРК}, \beta_{ИА}; \beta_{ОИ} + \beta_{ЗРК} + \beta_{ИА} = 1.$$

При оповещении о возможном ударе агрессора ВТО истребительная авиация поднимается в воздух и занимает положение на дальнем рубеже для перехвата ударных средств ВТО. Минимальная численность комплексов ИА должна составлять величину $N_{ИА}(t_1)$, обеспечивающую заданную плотность прикрытия ρ_L границы i -й зоны.

При равномерном распределении СП из боекомплектов ИАК средние потери ударных средств ВТО составят [9]:

$$\Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1) = M_i(t_1) \left[1 - (1 - W_{ИА})^{\frac{m N_{ИА}^{(1)}(t_1)}{M_i(t_1)}} \right]. \quad (1)$$

Оставшиеся ударные средства ВТО численностью $M_i(t_1) - \Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1)$ вступают в бой с ЗРК зональной ВКО. В результате боя средние потери средств ВТО составят:

$$\Delta M_{ЗРК}^{(1)}(t_1) = \left(M_i(t_1) - \Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1) \right) \times \left[1 - (1 - W_{ЗРК})^{\frac{n N_{ЗРК}(t_0)}{M_i(t_1) - \Delta M_{ИА}^{(1)}(t_1)}} \right], \quad (2)$$

а средние потери ЗРК зональной ВКО будут равны:

$$\Delta \overline{N}_{ЗРК_i}^{(1)}(t_1) = N_{ЗРК_i}^{(1)}(t_0) \left[1 - (1 - V_{ЗРК}) \frac{\beta_{ЗРК} (M_i(t_1) - \Delta \overline{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1))}{N_{ЗРК_i}^{(1)}(t_0)} \right]. \quad (3)$$

Непораженные средства ВТО далее прорывают объектовую ВКО. Средние потери средств ВТО при прорыве объектовой ВКО составят:

$$\Delta \overline{M}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1) = \left(M_{ЗРК_i}(t_i) - \Delta \overline{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1) \right) \times \left[1 - (1 - W_{ЗРК}) \frac{n N_{ЗРК_i}(t_0)}{M_i(t_1) - \Delta \overline{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1)} \right]. \quad (4)$$

Общие средние потери средств ВТО при прорыве зональной ВКО будут равны

$$\Delta \overline{M}_i(t_1) = \Delta \overline{M}_{ИА_i}^{(1)}(t_1) + \Delta \overline{M}_{ЗРК_i}^{(1)}(t_1) + \Delta \overline{M}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1). \quad (5)$$

Оставшиеся средства ВТО наносят удар по объектам инфраструктуры, аэродромам ИА и позициям ЗРК объектовой ВКО. Средние потери объектов инфраструктуры, ИАК и ЗРК составят:

$$\Delta \overline{N}_{ОИ_i}(t_1) = N_{ОИ_i}(t_0) \left[1 - (1 - V_{ЗРК}) \frac{\beta_{ОИ} (M_i(t_1) - \Delta \overline{M}_i(t_1))}{N_{ОИ_i}(t_0)} \right]; \quad (6)$$

$$\Delta \overline{N}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1) = N_{ЗРК_i}^{(2)}(t_0) \times \left[1 - (1 - V_{ЗРК}) \frac{\beta_{ЗРК} (M_i(t_1) - \Delta \overline{M}_i(t_1))}{N_{ЗРК_i}^{(2)}(t_0)} \right]; \quad (7)$$

$$\Delta \overline{N}_{ИА_i}^{(1)}(t_1) = N_{ИА_i}(t_1) \left[1 - (1 - V_{ИА}) \frac{\beta_{ИА} (M_i(t_1) - \Delta \overline{M}_i(t_1))}{N_{ИА_i}(t_1)} \right], \quad (8)$$

где $N_{ИА_i}(t_1)$ – число ИАК, находящихся на аэродромах в момент удара ВТО.

После первого удара ВТО число непораженных объектов в i -й территориальной зоне составит:

$$N_{ОИ_i}(t_1) = N_{ОИ_i}(t_0) - \Delta \overline{N}_{ОИ_i}(t_1);$$

$$N_{ИА_i}(t_1) = N_{ИА_i}(t_0) - \Delta \overline{N}_{ИА_i}(t_1);$$

$$N_{ЗРК_i}(t_1) = N_{ЗРК_i}(t_0) - \Delta \overline{N}_{ЗРК_i}^{(1)}(t_1) - \Delta \overline{N}_{ЗРК_i}^{(2)}(t_1) \quad (9)$$

и будет использоваться противником при планировании второго удара (залпа).

Во втором ударе ущерб обороняющейся стороны и собственные потери противника также рассчитываются по формулам (1)...(5) и далее процесс повторяется. Для каждого момента времени t_k , ($k=1,2,\dots$) также рассчитываются по нарастающему итогу показатели относительных потерь $U_i(t_k)$, $U(t_k)$.

Остановка процесса происходит после исчерпания либо запасов ударных средств $M(t_0)$ у агрессора

$$M(t_0) = \sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^l M_i(t_k) \leq 0, \quad (10)$$

либо при достижении критического значения ущерба $U_{кр}$:

$$U(t_k) \geq U_{кр}. \quad (11)$$

С помощью данной модели можно рассчитать численные значения интенсивностей поражения наземных объектов и воздушных целей в ходе операции. Расчетные формулы имеют следующий вид:

- для интенсивности поражения инфраструктурных объектов:

$$\lambda(t_k) = \frac{\Delta N_{ОИ}(t_k)}{\beta_{ОИ} M(t_k) \Delta t_k}; \quad (12)$$

- для интенсивности поражения средств ВКО:

$$\mu(t_k) = \frac{\Delta N_{ВКО}(t_k)}{\beta_{ВКО} M(t_k) \Delta t_k}; \quad (13)$$

- для интенсивности поражения ударных средств ВТО:

$$\omega(t_k) = \frac{\Delta M(t_k)}{N_{ВКО}(t_k) \Delta t_k}, \quad (14)$$

где $\beta_{ВКО} = 1 - \beta_{ОИ}$ – долевой коэффициент распределения средств ВТО по объектам ВКО;

$N_{ВКО} = N_{ИА} + N_{ЗРК}$ – общая численность средств ВКО;

$\Delta t_k = t_k - t_{k-1}$ – интервал времени между двумя последовательными ударами ВТО.

В результате получаем упрощенную динамическую модель для оценки эффективности системы ВКО. С помощью данной модели можно приближенно оценить численность и структуру эшелонирования сил и средств ВКО, влияние параметров эффективности средств ВКО на общую эффективность ВКО. Для более точных оценок необходимо проводить моделирование действий ВКО с применением более совершенных технологий [10].

Таблица 1 – Исходные данные моделирования

Номер территориальной зоны	1	2	3	Всего
Длина внешней границы L , км	600	1000	500	2100
Площадь территориальной зоны S , км ²	180000	450000	250000	880000
Число объектов в зоне, N_i	30	45	25	100
Радиус действия комплексов ИА, РИА, км	80	80	80	80
Радиус действия ЗРК РЗРК, км	150	150	150	150
Плотность перекрытия территории ЗРК	2	2	2	2
Потребное число комплексов ИА в 1-м эшелоне, $N_{ИА}^{(1)}$	8	12	6	26
Число ЗРК в 1-м эшелоне, $N_{ЗРК}^{(1)}$	6	10	5	21
Число ЗРК во 2-м эшелоне, $N_{ЗРК}^{(2)}$	8	20	11	39
Общая численность ЗРК, $N_{ЗРК}$	14	30	16	60
Средний потребный наряд УС, ν	2,0	2,0	2,0	2,0
Вероятность поражения наземного объекта, V	0,4	0,4	0,4	0,4
Вероятность поражения ВЦ комплексом ИА, $W_{ИА}$	0,5	0,5	0,5	0,5
Боекомплект СП комплекса ИА, m	4	4	4	
Вероятность поражения ВЦ СП ЗРК, $W_{ЗРК}$	0,7	0,7	0,7	0,7
Боекомплект СП ПУ ЗРК, n	4	4	4	4
Продолжительность операции T , час	4	4	4	4
Доля УС ВТО, действующих по аэродромам ИА, $\beta_{ИА}$	0,2	0,2	0,2	0,2
Доля УС ВТО, действующих по позициям ЗРК, $\beta_{ЗРК}$	0,3	0,3	0,3	0,3
Интервал между ударами Δt , час	1			

Численность средств ВТО в каждом ударе определялась пропорционально количеству поражаемых инфраструктурных объектов в каждой зоне с коэффициентом ν , равным среднему наряду средств ВТО для поражения одного объекта

$$M_i(t_k) = \nu_i N_{ИА_i}(t_k).$$

В процессе моделирования рассматривались три сценария оборонительных действий против глобального удара ВТО:

- сценарий № 1 – обороняющаяся сторона отражает массированное нападение ВТО;
- сценарий № 2 – обороняющаяся сторона

Анализ результатов численного моделирования

На базе разработанной модели проведено численное моделирование по оценке влияния различных параметров системы ВКО на суммарный ущерб, наносимый объектам на территории в результате глобального удара ВТО. Исходные данные моделирования приведены в таблице 1.

наносит после первого удара ответный удар по средствам ВТО противника;

сценарий № 3 – обороняющаяся сторона наносит упреждающий удар по средствам ВТО противника.

При этом варьировались основные параметры модели:

- плотность прикрытия территории средствами ВКО $\rho = 2 \dots 5$;
- доля поражения средств ЗРК $\beta = 0 \dots 0,5$;
- вероятность поражения воздушной цели одним ЗРК $W = 0,6 \dots 0,9$.



Рисунок 4 – Динамика ущерба, нанесенного объектам инфраструктуры территории в ходе глобального удара ВТО

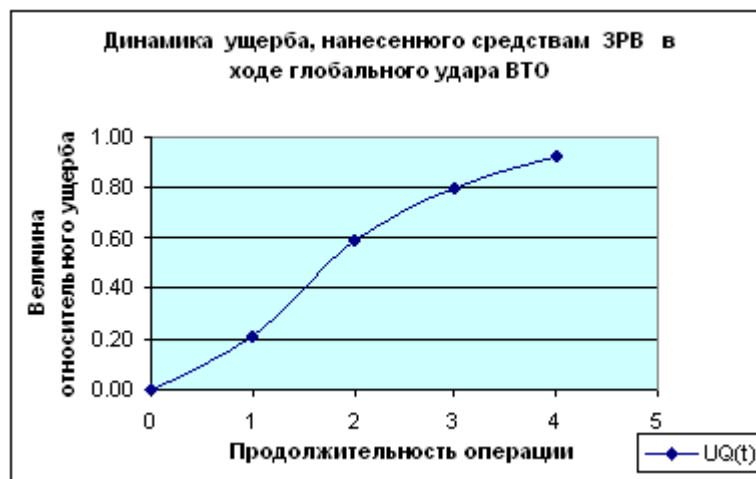


Рисунок 5 – Динамика ущерба, нанесенного средствам ЗРВ в ходе глобального удара ВТО

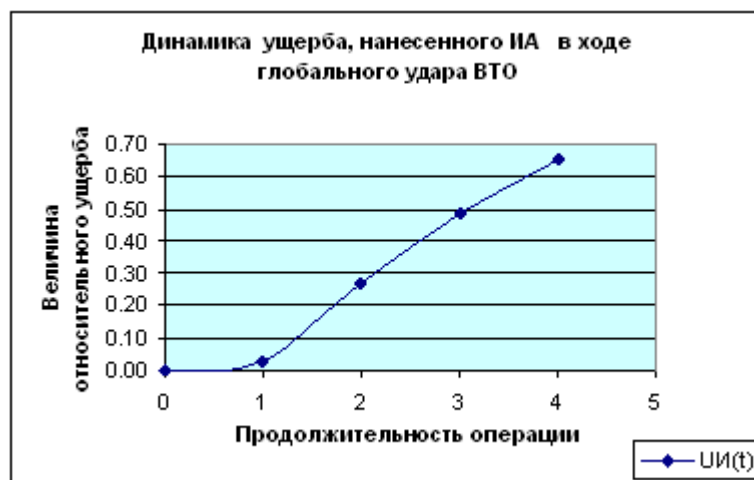


Рисунок 6 – Динамика ущерба, нанесенного ИА в ходе глобального удара ВТО

На рисунках 4, 5, 6 показана зависимость суммарного ущерба, нанесенного территории и системе ВКО в результате глобального удара, включающего четыре налета ВТО при исходных данных, приведенных в таблице 1.

На рисунке 7 показана динамика расхода средств ВТО в ходе глобального удара, на рисунке 8 – численные значения интенсивностей поражения наземных и воздушных целей в ходе операции.

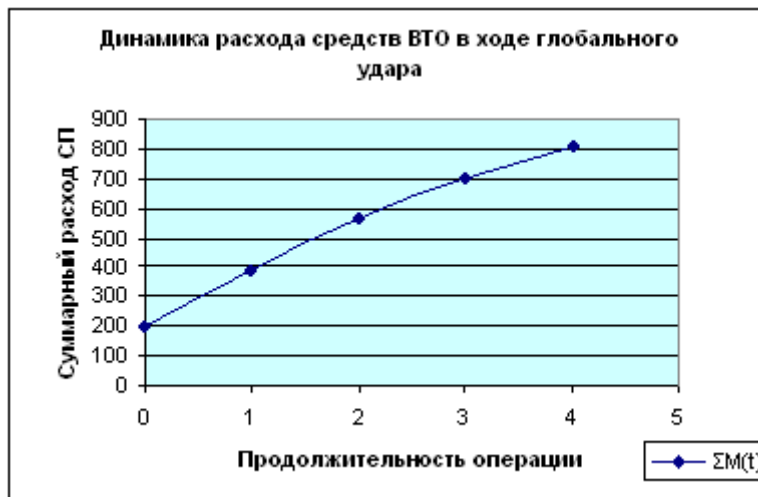


Рисунок 7 – Динамика расхода средств ВТО в ходе глобального удара

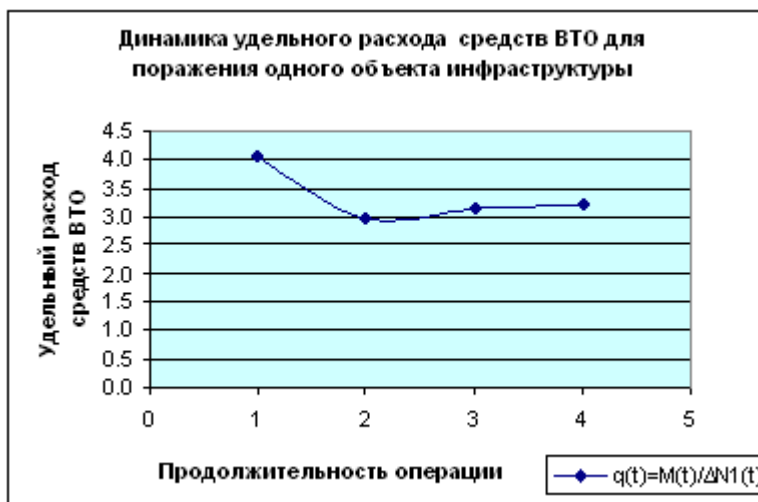


Рисунок 8 – Динамика удельного расхода ударных средств ВТО для поражения одного объекта инфраструктуры

Как видно из рисунков, с учетом принятых допущений и исходных данных для поражения 47% объектов инфраструктуры, 96% средств ЗРВ и 65% истребительной авиации требуется свыше 800 ударных средств ВТО.

На момент окончания удара у обороняющейся стороны остается порядка 50% непопавших объектов инфраструктуры и 30% истребительной авиации. Такой результат обусловлен тем, что 30% ударных средств

ВТО использовано для поражения ЗРК и 20% – для нанесения ударов по аэродромам ИА. Вследствие большей численности комплексов ИА, находящихся на аэродромах по сравнению с численностью ЗРК на позициях, потери ИА оказываются меньшими по сравнению с потерями ЗРВ.

Для снижения ущерба от массированного удара ВТО до 30% (рисунок 10) необходимо

обеспечить следующие параметры системы ВКО:

- плотность прикрытия границ территории $\rho_L \geq 3$;

- плотность прикрытия объектов территории $\rho_S \geq 4$.

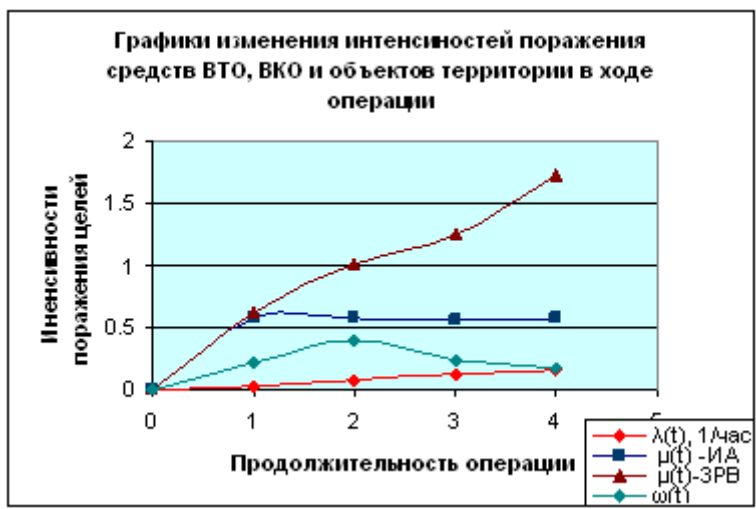


Рисунок 9 – Динамика интенсивностей поражения средств ВТО, ВКО и объектов инфраструктуры в ходе глобального удара



Рисунок 10 – Динамика общего ущерба, нанесенного территории в ходе глобального удара ВТО ($\rho_L \geq 3$; $\rho_S \geq 4$)

Если обороняющаяся сторона после первого удара нанесет ответный удар по зонам размещения ВТО агрессора с уничтожением 50% его ударных средств, то ущерб, нанесенный инфраструктуре территории в результате глобального удара, составит только 18%. При этом потери ЗРВ составят порядка 62%, истребительной авиации – 48%.

При упреждающем ударе по противнику и поражении 50% численности его средств ВТО

ущерб инфраструктуре обороняющейся стороне составит не более 3%. Потери средств ВКО составят 55% для ЗРВ и 40% – для истребительной авиации.

Расчеты показывают, что при данных условиях для защиты территории от массированного удара ВТО система ВКО должна иметь не менее чем двукратное превышение численности ЗРК над численностью ударных

средств ВТО $\left(\frac{m N_{ВКО}}{M} > 2 \right)$. В случае снижения эффективности действия средств ВКО необходимо увеличивать плотность прикryтия территории. И наоборот, увеличение эффективности действия средств ВКО до 0,8 снижает плотность прикryтия территории.

Анализ результатов моделирования (рисунки 11, 12) показывает, что модель чувствительна к изменению основных параметров: плотность прикryтия территории средствами ВКО (ρ), доли поражаемых средств ВКО (β), вероятности поражения наземных и воздушных целей (V, W).

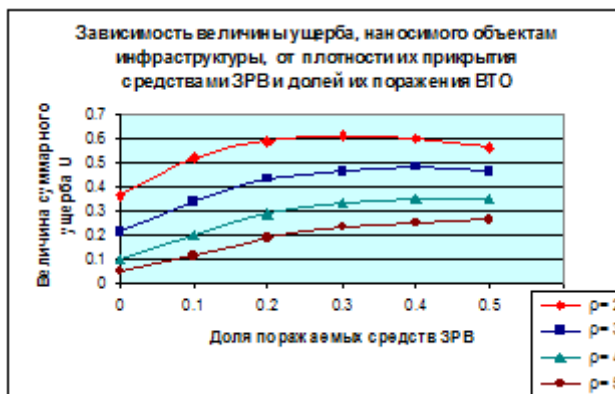


Рисунок 11 – Зависимость величины ущерба, наносимого объектам инфраструктуры, от плотности их прикryтия и доли поражаемых средств ЗРВ

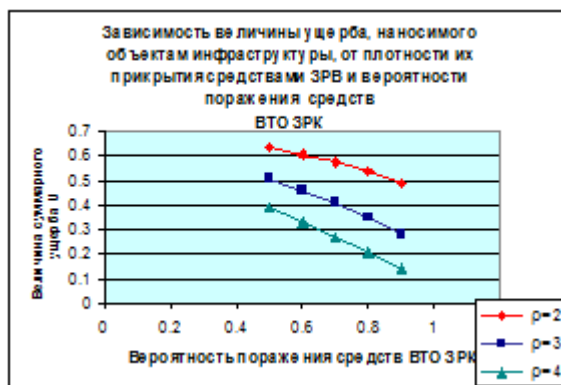


Рисунок 12 – Зависимость величины ущерба, наносимого объектам инфраструктуры, от плотности их прикryтия ЗРВ и вероятности поражения средств ВТО ЗРК

Изложенная выше аналитическая модель основана на ряде допущений, позволяющих упростить процедуру оценки эффективности группировки ВКО по отражению массированного воздушного нападения противника. Однако, несмотря на упрощенное представление, данная модель позволяет в первом приближении оценить эффективность ВКО от ключевых параметров используемых комплексов ИА и ЗРВ, их численного состава, структуры эшелонирования, организации их взаимодействия.

Получаемые с помощью данной модели результаты могут быть использованы в качестве исходных данных для уточнения организационной структуры системы ВКО, формирования альтернативных (по структуре, количеству эшелонов, соотношению зональной и объектовых группировок ВКО, числу привлекаемых сил и средств) вариантов ее построения и их сравнительной оценки.

Повышение обоснованности получаемых с помощью данного подхода результатов и формируемых на их базе рекомендаций может быть в дальнейшем обеспечено за счет

комплексного учета всех типов привлекаемых ударных средств и влияния на их эффективность и обеспечения информационной и технической безопасности.

Список использованных источников

1. Хюпенен А.И., Криницкий Ю.М. Создание воздушно-космической обороны – необходимое условие обеспечения военной безопасности России // Военная мысль. – 2012. – № 7.
2. Барвиненко В. Пути построения ВКО России // Военно-промышленный курьер. – 2014. – № 4.
3. Сивков К. Неядерная дубинка Пентагона // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 9.
4. Криницкий Ю. Парировать быстрый глобальный удар // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 49, № 50.
5. Ягольников С. Строить ВКО поэтапно // Военно-промышленный курьер. – 2014. – № 9.
6. Чельцов Б. Каким будет новый облик ВКО // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 49.
7. Белоус Р.А., Сизов Ю.Г., Скоков Л.А. Некоторые особенности ПВО в условиях массированного применения противником комплексов БЛА и ВТО // Военная мысль. – 2013. – № 6.
8. Афанасьев Ю.И. Обоснование показателей эффективности взаимодействия войск (сил) противовоздушной обороны // Военная мысль. – 2011. – № 6.
9. Справочник по исследованию операций / Под ред. Ф.А. Матвейчука. – М.: Воениздат, 1979.
10. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В.Ягольникова. – Тверь: 2 ЦНИИ Минобороны России, 2009.

Буравлев А.И., доктор технических наук,
профессор
Гладышевский В.Л., кандидат техниче-
ских наук, доцент

Оптимальное распределение ресурсов в задачах программно-целевого планирования развития вооружения и военной техники

В статье рассмотрена задача оптимального распределения ресурсов при обосновании государственной программы вооружения (ГПВ) с учетом выделяемого бюджета и возможностей оборонно-промышленного комплекса. Разработан методический подход к оценке боевого потенциала Вооруженных Сил и его связи с целевыми индикаторами ГПВ. Предложена методика оценки потребных финансовых и материальных ресурсов для реализации ГПВ с учетом возможностей предприятий ОПК. Рассмотрена задача оптимизации контрактных цен, обеспечивающих баланс интересов между заказчиком и исполнителями государственного оборонного заказа (ГОЗ).

Введение

Система вооружения является важнейшей составляющей системы обеспечения военной безопасности государства и боевой мощи его Вооруженных Сил. Она представляет собой совокупность организационно и функционально связанных средств вооруженной борьбы (вооружения и военной техники) и группировок войск (сил), предназначенных для ведения военных действий [1, 4].

Структура и количественные характеристики системы вооружения определяются, с одной стороны, уровнем военных угроз безопасности государства, а с другой, – экономическими возможностями государства, уровнем развития науки и техники, промышленных технологий.

Эти ключевые факторы определяют содержание военно-технической политики государства, реализация которой осуществляется в рамках государственных программ вооружения.

Государственная программа вооружения представляет собой долгосрочную стратегию развития системы вооружения, обеспечивающую сбалансированность потребностей государства в создании системы вооружения, адекватной военным угрозам и возможностям

оборонно-промышленного комплекса по техническому оснащению Вооруженных Сил вооружением и военной техникой (ВВТ).

В основе разработки ГПВ используется методология программно-целевого планирования, реализующая увязку целей развития системы вооружения с потребными ресурсами и ограничениями на их использование [1, 2, 4]. Концептуально формирование ГПВ сводится к задаче рационального (оптимального) распределения ограниченных ресурсов для достижения поставленных целей в течение заданного интервала времени.

Для корректного решения этой задачи и получения практических результатов необходимо выполнить ряд условий [1]:

1) цели развития системы вооружения на прогнозируемый период времени должны иметь количественное выражение с помощью одного или нескольких показателей;

2) целевые показатели должны иметь количественную связь между тактико-техническими характеристиками ВВТ и используемыми ресурсами;

3) должен быть сформулирован критерий достижимости цели при ограниченных ресурсах.

Каждое из названных условий представляет собой нетривиальную задачу, для решения которой требуются немалые интеллектуальные усилия.

Цели развития системы вооружения формулируются военно-политическим руководством страны на вербальном (качественном) уровне в виде ряда положений (статей) соответствующих законодательно-нормативных актов. Количественное выражение этих положений в виде показателей является сложной и часто неформализуемой задачей, от качества решения которой во многом зависят все последующие действия.

Установление количественных зависимостей между целевыми показателями и характеристиками ВВТ, а также необходимыми ресурсами для их достижения требует разработки полных и адекватных военно-технических, экономико-математических моделей и расчетных методик, составляющих единую научно-методическую и информационную базу программно-целевого планирования и управления. Эта задача решается научно-исследовательскими организациями различных ведомств (РАН, отраслевыми академиями, НИУ промышленности и Минобороны РФ). В силу различной подчиненности их работа не всегда должным образом координируется, что приводит к несогласованности методологических подходов и недостаточному качеству разрабатываемого научно-методического аппарата.

Формулирование критериев рационального (оптимального) планирования и управления развитием системы вооружения относится к задаче целеполагания и является прерогативой военно-политического руководства и уполномоченных его органов.

В данной статье рассматривается методологический подход к решению задач программно-целевого планирования в части оптимального распределения ресурсов с учетом различных целевых установок.

1. Цели и задачи программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе

Основные цели и задачи развития системы вооружения Российской Федерации изложены в концептуальных документах, определяющих стратегию обеспечения безопасности и содержание военно-технической политики Российской Федерации: «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года», «Военная доктрина Российской Федерации», «Основные направления строительства Вооруженных Сил на период до 2020 года», «Основы военно-технической политики Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» и др.

Основной целью Государственной программы вооружения Российской Федерации на период до 2020 года (ГПВ-2020) является [2, 3]:

- сбалансированное и комплексное развитие стратегических вооружений для решения задачи сдерживания от развязывания войны против Российской Федерации и ее союзников;

- поддержание в боеготовом состоянии существующих систем вооружений сил общего назначения для решения стоящих перед войсками (силами) задач посредством их перевооружения на современные образцы ВВТ;

- развитие базовых военных технологий для наращивания научно-технического задела в интересах создания перспективных образцов ВВТ.

В качестве приоритетных направлений развития системы вооружения РФ приняты [5]:

- ядерные силы;
- силы и средства воздушно-космической обороны;
- системы связи и управления;
- системы радиоэлектронной борьбы;
- беспилотные летательные аппараты и роботизированные комплексы;
- военно-транспортная авиация;

- системы индивидуальной защиты военнослужащих;
- высокоточное оружие и средства борьбы с ним.

Исходя из целей ГПВ, определены целевые показатели (индикаторы), количественно отражающие состояние ВВТ в ходе реализации программных мероприятий. К ним относятся:

- доля современных и перспективных образцов ВВТ в боевом составе Вооруженных Сил;
- доля новых (со сроком службы менее 10 лет) образцов ВВТ в боевом составе Вооруженных Сил;
- доля исправных образцов ВВТ в боевом составе Вооруженных Сил;
- количество создаваемых современных и перспективных образцов ВВТ;
- темпы обновления парка ВВТ до 2020 года;
- количество создаваемых (развиваемых) базовых военных технологий.

На момент завершения ГПВ к 2020 году установлены нормативные требования для указанных выше целевых индикаторов.

Набор целевых индикаторов, безусловно, отражает количественно-качественное состояние Вооруженных Сил, однако они непосредственно не связаны с их боевыми возможностями и не позволяют оценить, как будут наращиваться эти боевые возможности и будут ли они достаточны для парирования военных угроз и обеспечения военной безопасности Российской Федерации на период до 2020 года.

Для этой цели в 46 ЦНИИ МО РФ разработан комплекс методик оперативной оценки возможностей системы вооружения Вооруженных Сил и ее функциональных подсистем, утвержденный начальником вооружения ВС РФ – заместителем Министра обороны РФ и рекомендованный к использованию при обосновании параметров Государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа [7].

В качестве обобщенных показателей боевых возможностей Вооруженных Сил и их функциональных подсистем (сил стратегического сдерживания, сил общего назначения на континентальных ТВД, морских сил общего назначения на океанских (морских) ТВД) рассматриваются показатели технической готовности ВВТ в составе этих подсистем и их боевой потенциал.

Ниже рассматривается дальнейшее развитие данного научно-методического аппарата с оценкой боевых потенциалов систем вооружения в рамках иерархической структуры Вооруженных Сил.

2. Система вооружения и боевой потенциал Вооруженных Сил

Схема расчета боевого потенциала Вооруженных Сил представляет собой иерархическую структуру, в которой боевой потенциал вышестоящей группировки определяется как взвешенная сумма боевых потенциалов, входящих в нее частей и подразделений с определенными весовыми коэффициентами (рисунок 1). Весовые коэффициенты определяются, как правило, экспертными методами [9, 10], либо на основе моделирования боевых действий группировки войск с оценкой влияния ее частей и подразделений на конечный результат [11].

Оценка боевых потенциалов системы вооружения осуществляется «снизу вверх», начиная с нижнего уровня, представленного различными типами ВВТ, составляющими номенклатуру системы вооружения.

Общий алгоритм оценки боевых потенциалов системы вооружения состоит в следующем.

Для каждого образца ВВТ, входящего в номенклатуру системы вооружения, определяется его боевой потенциал $P_{ВВТ_i}$, ($i = \overline{1, n}$). Оценка боевого потенциала единичных образцов ВВТ осуществляется по определенным методикам, разработанным в каждом виде (роде) войск.

Боевой потенциал воинского формирования (ВФ) тактического уровня (подразделе-

ние, часть), оснащенного различными образцами ВВТ численностью $N_{ВВТ_i}$, представляется как линейная свертка боевых потенциалов образцов ВВТ с коэффициентами их значимости $\omega_i \geq 1$, характеризующими вклад образца ВВТ определенного типа в решение задач воинского формирования [4, 7]:

$$P_{ВФ} = \sum_{i=1}^n \omega_i P_{ВВТ_i} N_{ВВТ_i} = \sum_{i=1}^m P'_{ВВТ_i} N_{ВВТ_i}, \quad (1)$$

где $P'_{ВВТ_i} = \omega_i P_{ВВТ_i}$ – скорректированное значение боевого потенциала образца ВВТ i -го типа с учетом его значимости в составе ВФ.

Коэффициенты значимости образцов ВВТ ω_i определяются экспертными методами. Наиболее распространенным на практике является метод Т.Саати [10], использующий процедуру попарного сравнения образцов ВВТ в шкале отношений с оценкой влияния их на боевые возможности ВФ верхнего уровня. Применение этого метода во многих прикладных задачах показывает его рациональность и адекватность.

Боевой потенциал группировки войск, состоящей из нескольких разнородных ВФ, каж-

дая из которых имеет расчетный боевой потенциал $P_{ВФ_j}$, определяется как линейная свертка боевых потенциалов ВФ с весовыми коэффициентами ω_j , характеризующими их вклад в решение задач группировки войск:

$$P_{ГВ} = \sum_{j=1}^m \omega_j P_{ВФ_j} N_{ВФ_j} = \sum_{j=1}^m P'_{ВФ_j} N_{ВФ_j}, \quad (2)$$

где $N_{ВФ_j}$ – число однородных воинских формирований j -го типа;

$P'_{ВФ_j}$ – скорректированное значение боевого потенциала ВФ j -го типа.

Далее везде мы будем использовать значения боевых потенциалов с учетом коэффициентов значимости в составе ВФ верхнего уровня с сохранением обычных обозначений $P_{ВВТ}, P_{ВФ}, P_{ГВ}$.

Процесс оценки боевых потенциалов можно продолжать вплоть до боевого потенциала Вооруженных Сил в целом. В результате получаем иерархическую систему показателей боевых возможностей системы вооружения от отдельных образцов ВВТ до Вооруженных Сил в целом (рисунок 1).

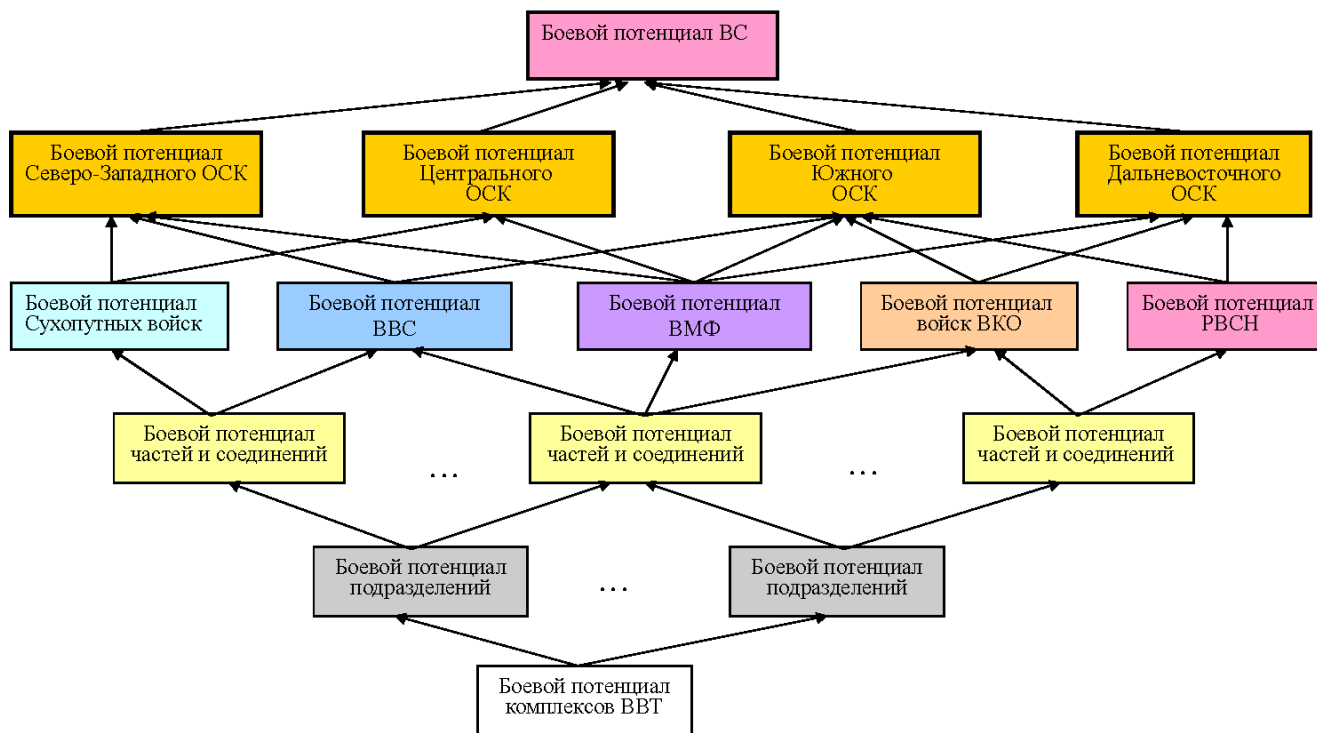


Рисунок 1 – Схема расчета боевого потенциала системы вооружения

Такой подход позволяет с единых позиций последовательно оценивать все уровни системы вооружения с учетом имеющихся взаимосвязей между ними.

Следующим этапом является установление соотношения между боевыми возможностями образцов ВВТ, воинскими формированиями различного уровня и целевыми индикаторами, характеризующими уровень технического оснащения Вооруженных Сил, достигнутый при реализации ГПВ.

В соответствии с методикой, изложенной в работе [8], боевой потенциал ВФ выражается через целевые индикаторы, представленные коэффициентами:

- оснащенности K_0 воинского формирования ВВТ относительно штатной численности;
- современности K_C , характеризующего долю современного ВВТ в составе воинского формирования;
- исправности $K_{И}$, характеризующего долю исправного ВВТ в составе воинского формирования.

Это выражение для ВФ, оснащенного однотипными образцами ВВТ, имеет следующий вид:

$$P_{ВФ} = P_{ВВТ} N_{ВВТ} = P_{ВВТ}^C K_{И}^C N_{ВВТ}^C + P_{ВВТ}^Y K_{И}^Y N_{ВВТ}^Y,$$

где $P_{ВВТ}^C, P_{ВВТ}^Y$ – боевые потенциалы современных и устаревших образцов ВВТ в составе ВФ;

$K_{И}^C, K_{И}^Y$ – коэффициенты исправности современных и устаревших образцов ВВТ в составе ВФ.

Эффективность реализации программных мероприятий по данной номенклатуре ВВТ естественно характеризовать соотношением достигнутого и требуемого эффектов:

$$V_{ВВТ} = \frac{P_{ВФ}}{P_{ВФ}^T} = \frac{P_{ВВТ} N_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^T N_{ВВТ}^T} = K_0 \frac{P_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^T} = K_0 \frac{P_{ВВТ}^C K_{И}^C K_C + P_{ВВТ}^Y K_{И}^Y (1 - K_C)}{P_{ВВТ}^C K_{И}^C K_C^T + P_{ВВТ}^Y K_{И}^Y (1 - K_C^T)} \quad (3)$$

Для исключения в выражении (3) абсолютных значений боевых потенциалов образцов ВВТ перейдем к относительной их оценке с помощью коэффициента соизмерения

$$K^Э = \frac{P_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^Э}$$

относительно эталонного образца. За эталон может быть выбран зарубежный образец ВВТ из данной номенклатуры.

Тогда выражение (3) примет окончательный вид:

$$V_{ВВТ} = \frac{P_{ВВТ} N}{P_{ВВТ}^T N^T} = K_0 \frac{P_{ВВТ}}{P_{ВВТ}^T} = K_0 \frac{K_{ВВТ}^{ЭC} K_{И}^C K_C + K_{ВВТ}^{ЭY} K_{И}^Y (1 - K_C)}{K_{ВВТ}^{ЭC} K_{И}^C K_C^T + K_{ВВТ}^{ЭY} K_{И}^Y (1 - K_C^T)} \quad (4)$$

где $K_{ВВТ}^{ЭC}, K_{ВВТ}^{ЭY}$ – коэффициенты соизмерения современных и устаревших образцов с эталонным образцом ВВТ.

Показатель $V_{ВВТ}$ количественно оценивает полученный эффект при реализации программных мероприятий для определенной номенклатуры ВВТ с учетом частных показателей оснащенности, современности и исправности ВВТ.

Аналогичный показатель можно получить по всей номенклатуре ВВТ в составе воинского формирования:

$$V_{ВФ} = \frac{P_{ВФ}}{P_{ВФ}^T} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ВВТ_i} N_{ВВТ_i}}{\sum_{i=1}^n P_{ВВТ_i}^T N_{ВВТ_i}^T} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ВВТ_i} V_{ВВТ_i} \quad (5)$$

где $\alpha_{ВВТ_i} = \frac{P_{ВВТ_i}^T N_{ВВТ_i}^T}{\sum_{i=1}^n P_{ВВТ_i}^T N_{ВВТ_i}^T}$ – требуемая доля образцов ВВТ i -й номенклатуры в составе ВФ.

Коэффициенты $0 < \alpha_{ВВТ_i} \leq 1$, $\sum_{i=1}^n \alpha_{ВВТ_i} = 1$ характеризуют требуемую структуру вооружения воинского формирования.

Боевой потенциал группировки войск определяется выражением (2):

$$P_{ГВ} = \sum_{j=1}^m P_{ВФ_j} N_{ВФ_j}.$$

Отношение реализованного боевого потенциала к требуемому боевому потенциалу группировки войск есть показатель результативности ГПВ в части оснащения ВВТ группировки войск:

$$V_{ГВ} = \frac{P_{ГВ}}{P_{ВВТ}^T} = \sum_{j=1}^m \beta_{ВФ_j} V_{ВФ_j}, \quad (6)$$

где $\beta_{ВФ_j} = \frac{P_{ВФ_j}^T N_{ВФ_j}^T}{\sum_{j=1}^n P_{ВФ_j}^T N_{ВФ_j}^T}$ – требуемая доля ВФ

j -го типа в составе группировки войск, характеризующая ее потребную структуру.

Показатели $V_{ВВТ}, V_{ВФ}, V_{ГВ}$ образуют иерархическую систему показателей результативности программных мероприятий, позволяющую производить планирование, контроль и оценку реализации ГПВ на различных уровнях управления развитием системы вооружения.

3. Оценка потребных ресурсов для государственной программы вооружения

Реализация программных мероприятий ГПВ требует привлечения широкого спектра различных ресурсов (материальных, финансовых, трудовых, информационных, интеллектуальных). Объективная оценка потребностей в этих ресурсах представляет собой сложнейшую научную и практическую задачу, корректное решение которой далеко от полной завершенности.

Сложность этой задачи связана, прежде всего, с неоднородностью ресурсов, используемых в процессе разработки и производстве ВВТ, и трудностью их соизмерения в единой шкале [12]. Если затраты материальных и трудовых ресурсов более или менее точно могут быть выражены в стоимостной шкале, то для информационных, интеллектуальных и временных ресурсов такое соизмерение является достаточно проблематичным. Концепт «вре-

мя – деньги» не всегда соответствует природе реальных процессов.

Другим аспектом является отсутствие однозначных и точных зависимостей между *затратами* ресурсов и достигаемым *эффектом*, что также осложняет получение адекватных оценок потребных ресурсов для достижения желаемого эффекта. Эти две причины являются фундаментальными, и именно они во многом определяют недостаточную эффективность программно-целевого планирования развития ВВТ.

Несмотря на то, что в военной и экономической науке существуют теоретически обоснованные и апробированные военно-технические и экономико-математические модели развития систем вооружения и военного производства (см., например, [12-14]), они редко используются на практике. Основной причиной является сложность определения параметров и настройки этих моделей для конкретных военно-экономических условий. Поэтому важным направлением совершенствования методологии и методов программно-целевого планирования является создание единой системы исходных данных и базы знаний для моделирования и прогнозирования процессов развития систем вооружения в рамках интеллектуальных систем поддержки решений [15].

В прогнозных технико-экономических исследованиях достаточно часто используются модели, отражающие зависимость стоимости C разработки и производства образцов ВВТ от их военно-технического уровня V в виде степенной зависимости (см., например, [12, 17]):

$$C(t) = AV^{\frac{1}{\alpha(t)}}, \quad (7)$$

где A – параметр масштаба;

$0 < \alpha(t) < 1$ – параметр эластичности, характеризующий темп роста стоимости в зависимости от роста военно-технического уровня ВВТ, и изменяющийся с течением времени.

В работах Гальченко А.В и Тегина В.А. [18, 19] в результате обработки большого объема статистического материала получены

регрессионные зависимости типа (7) для удельной стоимости образцов авиационной техники и бронетехники от уровня их боевых возможностей и времени их производства. Эти зависимости подкрепляют вывод о наличии определенных закономерностей в развитии военной техники [20]. В частности, такой закономерностью является развитие военной техники согласно логистическому закону [12, 16, 17], частным случаем которого является зависимость (7).

Функция $V = AC^{\alpha(t)}$, обратная (7) и характеризующая зависимость военно-технического уровня ВВТ от стоимости его создания, в военно-экономическом анализе трактуется как *функция полезности продукта*. При $\alpha(t) < 1$ эта функция является вогнутой и отражает действие экономического закона, согласно которому «прирост полезности вещей по мере роста их стоимости убывает» [21].

Далее используем эту функцию для оценки и прогнозирования затрат на разработку и производство ВВТ при обосновании параметров ГПВ. При этом в качестве показателя полезности целесообразно использовать боевой потенциал образца ВВТ, так как именно этот агрегированный показатель наиболее адекватно отражает целевое назначение ВВТ.

Для оценки потребных для реализации ГПВ ресурсов необходимо использовать экономико-математические модели производства военной продукции, позволяющие оценить стоимость продукции и время, необходимое для его производства.

Государственная программа вооружения формируется на определенный период времени T и реализуется в рамках Государственного оборонного заказа (ГОЗ) по годам программного периода $t = 1, 2, \dots, T$. К концу программного периода должны быть достигнуты все количественно-качественные показатели по перспективным разработкам (НИР, НИОКР), закупке и ремонту ВВТ. Их реализа-

ция должна обеспечить требуемую численность, номенклатуру и качество ВВТ для оснащения ВС.

В процессе реализации ГПВ распределение ресурсов осуществляется неравномерно по годам программного периода. Это связано с тем, что производственный цикл промышленной продукции состоит из ряда последовательных этапов (подготовка и запуск производства, выход на стационарный режим производства, стационарный режим производства), которые имеют различную продолжительность и требуют определенных затрат финансовых, материальных и кадровых ресурсов.

В качестве экономико-математической модели производственного цикла используют логистические модели, описывающие нелинейную динамику выпуска продукции во времени [12, 22, 23]. Одна из таких моделей для производительности технологического процесса имеет вид:

$$q(t) = \frac{dQ}{dt} = q_{max} \left[1 - \exp\left(\frac{-t^2}{2\theta^2}\right) \right], \quad (8)$$

где $Q(t)$ – объем выпуска продукции за время t ;

θ – параметр, характеризующий инерционность технологического процесса;

q_{max} – максимальный объем выпуска продукции за единицу времени (производственная мощность предприятия).

На рисунке 2 приведены графики изменения производительности $q(t)$ во времени, рассчитанные по модели (8) при значениях параметра $\theta = 2, 3, 5$; $\theta_m = 3$.

Параметры производственной функции $q(t)$ можно определить по статистическим данным и годовой отчетности промышленных предприятий.

Пример 1. Рассмотрим годовую производственную программу предприятия, данные которой представлены в таблице 1.

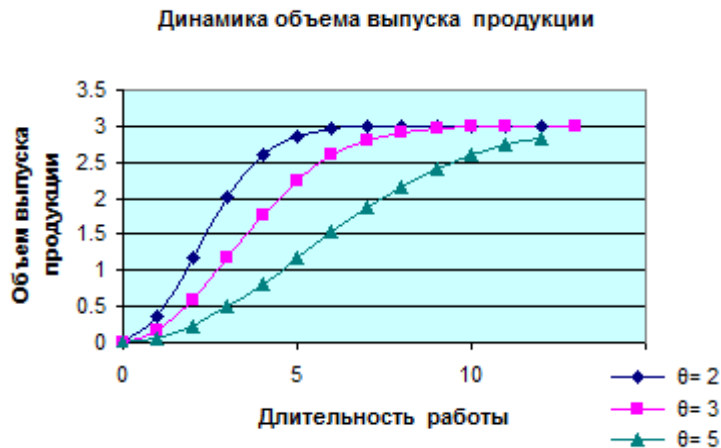


Рисунок 2 – Графики зависимости производительности производства во времени

Таблица 1.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем выпуска	0,5	0,8	1	1,3	2	2,5	3,2	3,4	3,8	4	3,9	4
Результаты моделирования												
Производительность q(t)	0,13	0,48	1,01	1,61	2,21	2,75	3,18	3,49	3,71	3,84	3,92	3,96

В результате статистического анализа исходных данных получены следующие параметры модели: $\theta=15,5$; $q_{max}=4$. На рисун-

ке 3 показаны графики реализации производственной программы и результатов ее моделирования.

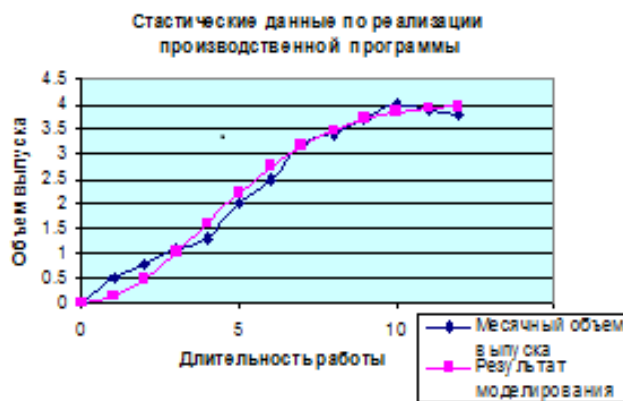


Рисунок 3 – Графики реализации эмпирической производственной программы и результатов ее моделирования

Среднее значение ошибки аппроксимации составляет $\bar{\Delta}=-0,01$; СКО ошибки аппроксимации равно $\sigma_{\Delta}=0,21$; коэффициент детерминации составляет $R^2=0,98$. Эти данные свидетельствуют о высокой степени адекватности полученной модели производственной функции.

Логистические модели также используются при описании динамики суммарных и текущих затрат $C(t)$ на выполнение определенного

проекта (программы) в течение заданного времени T при заданном бюджете C_n [23]. Примером такой модели является выражение:

$$C(t) = C_n \left(\frac{t}{T} \right)^\alpha \exp \left[\alpha \left(1 - \frac{t}{T} \right) \right], \quad (9)$$

где α – параметр, характеризующий интенсивность затрат в процессе производства.

Выражение (9) получается из дифференциальной логистической модели:

$$\frac{dC}{dt} = \alpha \frac{C_n}{T} \frac{C}{t} (T-t) \quad (10)$$

путем ее интегрирования при начальных условиях $t=0$; $C(t=0)=0$.

Эта модель позволяет распределять располагаемый бюджет расходов C_n по моментам $t=1,2,\dots,T$ планового периода.

На рисунке 4 показаны графики зависимости суммарных $C(t)$ и текущих $C_1(t)=C(t+1)-C(t)$ расходов, рассчитанных по модели (9) при $\alpha=2$; $T=2$.

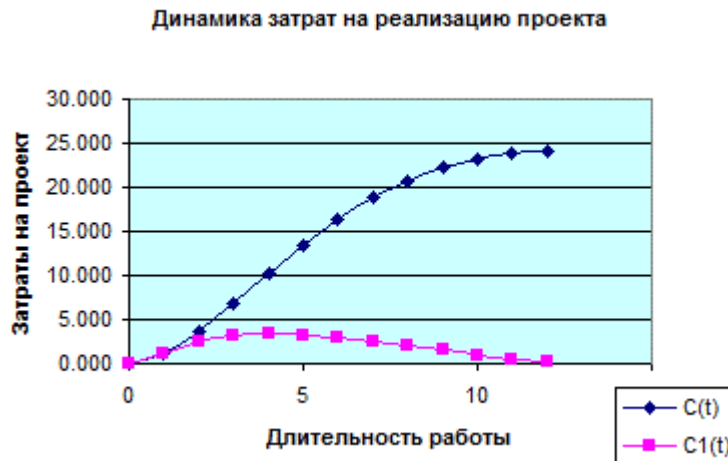


Рисунок 4 – Графики зависимости суммарных и текущих затрат в процессе производства продукции

Для планирования объемов выпуска военной продукции в рамках ГОЗ необходимо по каждому производителю конечной продукции иметь модель (8) объемов выпуска продукции по месяцам или кварталам. Это позволяет оценить возможности предприятий ОПК по текущему q_t , ($t=1,2,\dots,T$) и суммарному выпуску продукции $Q(T)=\sum_{t=1}^T q_t$ в течение заданного планового периода T . Зная суммарный объем выпуска продукции, можно оценить изменение средней себестоимости единицы продукции \bar{c}_t во времени:

$$\bar{c}_t = c_1 + \frac{C_0}{Q(t)}, \quad (11)$$

где C_0, c_1 – планируемые условно постоянные (накладные) и условно переменные затраты на производство продукции.

Текущая себестоимость продукции в этом случае составит

$$S_t = \bar{c}_t q_t. \quad (12)$$

Для обеспечения бесперебойного производства продукции в план ГОЗ необходимо заложить соответствующие объемы финансирования C_t с уровнем рентабельности R не ниже среднего по отрасли индекса инфляции. Тогда в течение планового периода T предприятие произведет суммарный объем продукции $Q(T)$, для финансирования которого потребуется суммарный бюджет программы:

$$C(T) = \sum_{t=1}^T R_t S_t. \quad (13)$$

Выражение (13) связывает потребный объем финансирования выпуска продукции в течение планового периода при заданных производственных возможностях предприятия-исполнителя ГОЗ.

Таким образом, на основе производственной модели предприятия может быть получена модель финансирования его производственной деятельности в течение планового периода. Рассмотренная задача относится к классу прямых задач.

Возможна постановка обратной задачи, которая состоит в формировании рациональной производственной программы предприятия q_t , ($t=1,2,\dots,T$) при заданном распределении имеющихся финансовых ресурсов $C(T)$ по годам программного периода C_t с сохранением баланса (13)

$$C(T) = \sum_{t=1}^T C_t. \quad (14)$$

При известном объеме финансирования C_t на данный момент времени и средней себестоимости единицы продукции \bar{c}_t из формул (12), (13) определяется необходимый объем выпуска q'_t с учетом требуемой рентабельности производства

$$q'_t = \frac{C_t}{R_t \bar{c}_t}.$$

Далее с помощью модели (8) проверяется, может ли быть реализован данный объем производства предприятием. Здесь возможны три варианта.

1) $q'_t \leq q_t$. Это означает, что предприятие обеспечивает производство требуемого объема продукции без дополнительных мероприятий.

2) $q_t < q'_t \leq q_{max}$. В этом случае предприятию требуется дополнительное время τ для выхода на заданную производственную мощность.

Это время можно найти из уравнения (8):

$$\tau_t = \theta \sqrt{-2 \ln \left(1 - \frac{q'_t}{q_{max}} \right)}. \quad (15)$$

Общий сдвиг программы выпуска продукции составит:

$$\tau = \sum_{t=1}^T \tau_t.$$

3) $q'_t > q_{max}$. В этом случае предприятию необходимо дополнительное время и ресур-

сы для увеличения своей производственной мощности.

При известном параметре производственной функции θ максимальная производственная мощность предприятия составит:

$$q_{max} = \max_{1 \leq t \leq T} \left\{ \frac{q'_t}{\left[1 - \exp \left(-\frac{t^2}{2\theta^2} \right) \right]} \right\}. \quad (16)$$

В результате реализации первого варианта общий объем произведенной продукции на конец программного периода T составит

$$Q'(T) = \sum_{t=1}^T q'_t.$$

Для двух других вариантов общий объем произведенной продукции на конец программного периода будет меньше требуемого $Q(T) < Q'(T)$.

Подобный результат нередко наблюдался в ходе реализации ГПВ-2015 и ГПВ-2020.

Продемонстрируем изложенный выше подход к оценке производственных возможностей предприятий на примере.

Пример 2. В рамках примера 1 найдем распределение потребного финансирования производственной программы. При этом считаются известными условно постоянные (накладные) затраты при реализации программы $C_0=12$ у.е., прямые затраты на производство единицы продукции $c_1=0,8$ у.е. и заданный уровень рентабельности $R=1,15$.

Суммарный объем выпуска за плановый период равен $Q(T)=30,2$ ед., где дробная часть характеризует производственный задел. Себестоимость единицы продукции составляет $\bar{c} = \frac{12}{30} + 0,8 = 1,2$ у.е.

Потребный годовой объем финансирования программы производства составляет $C(T)=41,6$, а его распределение по месяцам показано в таблице 2.

Таблица 2.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Потребный объем выпуска	0,5	0,8	1	1,3	2	2,5	3,2	3,4	3,8	4	3,9	4
Потребный объем финансирования	0,69	1,10	1,51	1,79	2,75	3,44	4,41	4,68	5,09	5,51	5,37	5,23

Пример 3. Задан объем годовой производственной программы (таблица 3). Требуется в условиях примера 2 оценить объем производства продукции в рамках данного финансирования.

Распределение объемов выпуска по месяцам показано во второй строке таблицы 3. Годовой объем выпуска продукции равен

Таблица 3.

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заданный объем финансирования	0	0,69	1,10	1,51	1,79	2,75	3,44	4,41	4,68	5,09	5,51	5,37
Объем выпуска	0,36	0,80	1,10	1,30	1,82	2,32	2,98	3,27	3,70	4,0	3,90	3,80
Себестоимость производства	0,60	0,96	1,32	1,56	2,39	2,99	3,83	4,07	4,43	4,79	4,67	4,55
Потребный объем выпуска	0,5	0,8	1	1,3	2	2,5	3,2	3,4	3,8	4,0	3,9	4,0
Рентабельность производства	0	0,84	1,25	1,21	1,28	1,04	1,07	1,07	1,11	1,17	1,15	1,22

Как видно из расчетов, несмотря на изменение текущей рентабельности, средняя рентабельность производства остается неизменной по условию примера:

$$R = \frac{C(T)}{S(T)} = \frac{36,16}{41,5} = 1,15.$$

Данный пример показывает, что на практике возможно отклонение реального финансирования производства от потребного уровня. Главным условием является выполнение заданной производственной программы и согласованный в контракте средний уровень его рентабельности.

4. Оптимизация контрактных цен на продукцию военного назначения

Потребный бюджет ГПВ зависит от объемов и цены закупки военной продукции. При формировании начальной контрактной цены необходимо учитывать как потребности Министерства обороны, так и возможности

$Q(T)=29,3$ ед. Если план выпуска, предусмотримый программой (таблица 1) остается неизменным, и предприятие может его выполнить, то изменится его текущая рентабельность. Значения текущей рентабельности производства показаны в четвертой строке таблицы 3.

производителей с точки зрения обеспечения их рентабельности [2, 3, 15, 24]. При заключении контракта на выполнение ГОЗ в обязательном порядке должны анализироваться производственные возможности предприятия с оценкой точки безубыточности производства.

Стоимость закупки пропорциональна объему закупаемой продукции N и цене закупки p единицы продукции

$$C(N) = pN. \tag{17}$$

Приравнявая стоимость закупки к стоимости производства военной продукции (12), получаем критический объем закупки, при котором обеспечивается безубыточность производства военной продукции:

$$N_{\text{ГП}} = \frac{C_0}{p - c_1}. \tag{18}$$

Этот объем продукции называется точкой безубыточности производства.

Для развития производства должна быть обеспечена его определенная рентабельность.

$$R = \frac{C(N)}{S(N)}. \quad (19)$$

В соответствии с Федеральным законом №275-ФЗ от 29.12.2012 г. «О государственном оборонном заказе» установлен максимальный порог рентабельности предприятий-производителей военной продукции по ГОЗ в 20%. Отсюда следует, что цена закупки военной продукции не должна превышать величины

$$p \leq 1,2 \left(\frac{C_0}{N} + c_1 \right) \text{ и быть ниже стоимости производства единицы продукции } p \geq \left(\frac{C_0}{N} + c_1 \right).$$

При заключении контракта на исполнение ГОЗ заказчик стремится уменьшить цену закупки p образца ВВТ при сохранении требуемого объема закупки N_{TP} , а производитель стремится обеспечить себе максимально возможную рентабельность [24, 25].

Это можно осуществить за счет снижения условно постоянных затрат C_0 при заданном объеме производства N , либо увеличения объема производства при сохранении условно постоянных затрат, либо одновременного увеличения объема производства и снижения условно постоянных затрат. Снижение прямых затрат на единицу продукции c_1 не рассматривается, поскольку это практически невозможно при сложившейся конъюнктуре цен на материалы, комплектующие и уровне оплаты труда работников.

Таким образом, задача формирования цены контракта на закупку ВВТ является *игровой*. В результате мы имеем следующие целевые установки для экономических агентов:

Заказчик: $C = pN \rightarrow \min; N \geq N_{TP}.$

Производитель: $R = \frac{pN}{C_0 + c_1 N} = \hat{R}; N \geq N_{TP}.$

В соответствии с теорией игр [26] возникает задача поиска равновесных стратегий

заказчика и производителя, удовлетворяющих их целевым установкам.

Заказчик согласно своей целевой функции реализует только одну стратегию – снижение цены закупки на величину Δp при сохранении требуемого объема закупок.

Производитель может реализовать три стратегии.

Стратегия № 1. Сокращение накладных расходов при сохранении требуемого объема производства.

Из равенства

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial C_0} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta C_0 + \frac{\partial R}{\partial p} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta p = 0$$

получаем требуемое соотношение для относительных приращений цены продукции и стоимости накладных затрат:

$$\frac{\Delta C_0}{C_0} = \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}. \quad (20)$$

Стратегия № 2. Увеличение объема производства при сохранении уровня накладных затрат.

Из равенства

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial N} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta N + \frac{\partial R}{\partial p} \Big|_{N=N_{TP}} \Delta p = 0$$

получаем требуемое соотношение для относительных приращений цены продукции и объема производства:

$$\frac{\Delta N}{N_{TP}} = - \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}. \quad (21)$$

Стратегия № 3. Одновременное снижение накладных затрат и увеличение объема закупок.

Эта стратегия формируется из первых двух путем их линейной композиции с параметром $0 \leq \gamma \leq 1$:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta C_0}{C_0} &= \gamma \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}; \\ \frac{|\Delta N|}{N_{TP}} &= (1 - \gamma) \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}; \\ \frac{\Delta C_0}{C_0} + \frac{\Delta N}{N_{TP}} &= \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0} \right) \frac{\Delta p}{p}. \end{aligned} \quad (22)$$

Реализация перечисленных выше стратегий также требует от производителя определенных затрат.

Например, сокращение накладных затрат C_0 связано прежде всего с сокращением административного и управленческого персонала, затрат на рекламу, спонсорскую помощь и др. Все это неизбежно приводит к некоторым дополнительным расходам b_1 на единицу снижения накладных затрат (например, выплата выходного пособия уволенному работнику).

Увеличение объема закупок также приводит к дополнительным расходам b_2 , связанным с закупкой дополнительного технологического оборудования, увеличением производственного персонала, стимулированием труда и др.

В том и другом случае менеджмент предприятий вынужден решать задачу минимизации дополнительных расходов на реструктуризацию предприятия:

$$\Delta C_p = b_1 \frac{\Delta C_0}{C_0} + b_2 \frac{\Delta N}{N_{TP}} \rightarrow \min$$

при ограничениях $R(N) = \hat{R}$.

Решение этой элементарной задачи линейного программирования имеет вид:

$$\frac{\Delta C_0}{C_0} = \begin{cases} d, & b_2 > b_1; \\ 0, & b_2 < b_1; \end{cases} \quad \frac{\Delta N}{N_{TP}} = \begin{cases} 0, & b_2 > b_1; \\ d, & b_2 < b_1; \end{cases} \quad (23)$$

где $d = \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0}\right) \frac{\Delta p}{p}$.

Отсюда следует, что выбор стратегий реструктуризации производства должен производиться с учетом минимума затрат на ее реализацию.

Рассмотрим несколько примеров, иллюстрирующих содержание решаемых задач при формировании цены контракта.

Пример 4. Производство некоторого образца ВВТ характеризуется следующими параметрами: $C_0 = 50$ у.е., $c_1 = 5$ у.е. Заказчик готов произвести закупку изделий в объеме $N_{TP} = 20$ ед. по цене $p = 8$ у.е. Требуется оце-

нить рентабельность производства и направления его реструктуризации.

Решение. По формуле (19) рассчитываем рентабельность предприятия

$$R = \frac{8 \cdot 20}{50 + 5 \cdot 20} = \frac{160}{150} = 1,07.$$

Для увеличения рентабельности предприятие готово сокращать накладные расходы и увеличивать объем производства. Соотношение затрат на указанные мероприятия составляют $\frac{b_2}{b_1} = 2$.

Требуется определить стратегию реструктуризации производства.

Находим верхнюю цену закупки образца ВВТ, гарантирующую максимально возможную рентабельность производства $\hat{R} = 1,2$.

$$p = 1,2 \left[\frac{C_0}{N_{TP}} + c_1 \right] = 1,2 \left(\frac{50}{20} + 5 \right) = 9 \text{ у.е.}$$

Рассчитываем величину d :

$$d = \left(1 + \frac{c_1 N_{TP}}{C_0}\right) \frac{\Delta p}{p} = \left(1 + \frac{5 \cdot 20}{50}\right) \frac{1}{9} = \frac{1}{3}.$$

Так как затраты на увеличение объема производства превышают затраты на сокращение накладных расходов $\left(\frac{b_2}{b_1} > 1\right)$, то оптимальной стратегией реструктуризации является сокращение накладных расходов на величину

$$\frac{\Delta C_0}{C_0} = d = \frac{1}{3} \text{ до уровня } C'_0 = 33,3 \text{ у.е.}$$

Проверяем, достигается ли при этом максимальная рентабельность производства:

$$R = \frac{p N_{TP}}{C'_0 + c_1 N_{TP}} = \frac{8 \cdot 20}{33,3 + 5 \cdot 20} = \frac{160}{133,3} = 1,2.$$

Пример 5. Изменим условия примера 2, приняв соотношение затрат $\frac{b_2}{b_1} = \frac{1}{2}$. В этом случае предприятию более выгодно уве-

личить объем производства продукции $\frac{\Delta N}{N_{TP}} = d = \frac{1}{3}$ до величины $N' = 27$ ед.

В этом случае также достигается максимально возможная рентабельность

$$R = \frac{pN'}{C_0 + c_1 N'_{TP}} = \frac{8 \cdot 27}{50 + 5 \cdot 27} = \frac{216}{185} = 1,17.$$

Незначительное отклонение от максимального значения рентабельности обусловлено округлением объема производства до целого числа.

На практике вторая стратегия не всегда реализуема, так как ограничена возможностями финансирования закупки продукции. Так, при бюджете заказчика в размере $C_5 = pN_{TP} = 160$ у.е., он не в состоянии профинансировать закупку в объеме $C_3 = pN' = 216$ у.е. В этом случае у производителя остается только стратегия снижения накладных расходов.

Рассмотренная задача формирования оптимальной цены контракта на закупку ВВТ является актуальной при формировании ГОЗ.

5. Оптимальное распределение бюджета ГПВ по уровням системы вооружения

Заключительным этапом после формирования бюджета ГПВ является его распределение по уровням системы вооружения, начиная с верхнего ее уровня. Используя зависимость (7) для показателей боевого потенциала, получаем следующую задачу распределения ресурсов на стратегическом уровне системы вооружения:

требуется распределить бюджет программы вооружения $C_{ГПВ}$ по номенклатуре образцов и комплексов ВВТ, типовых ВФ, включая оперативно-стратегические группировки, виды и рода войск, входящие в состав Вооруженных Сил, и реализующих их максимальный боевой потенциал:

$$P_{BC} = \sum_{j=1}^m P_{ГВ_j}(C_{ГВ_j}) \rightarrow \max ; \quad (24)$$

$$\sum_{j=1}^m C_{ГВ_j} \leq C_{ГПВ} ,$$

где $P_{ГВ_j}(C_{ГВ_j}) = AC \frac{\alpha}{ГВ_j}$ – боевой потенциал j -й оперативно-стратегической группировки войск.

Решение этой задачи методом Лагранжа дает оптимальные значения объемов финансирования группировок войск:

$$C'_{ГВ_j} = \frac{\alpha_j P_{ГВ_j}}{\sum_{j=1}^m \alpha_j P_{ГВ_j}} C_{ГПВ} ; (j = \overline{1, m}). \quad (25)$$

Далее используя величину $C'_{ГВ_j}$ в качестве бюджета для формирования заданной группировки войск, ставим задачу на его оптимальное распределение по воинским формированиям с учетом их численности n в составе группировки:

$$P_{ГВ} = \sum_{k=1}^l n_k P_{ВФ_k}(C_{ВФ_k}) \rightarrow \max ; \quad (26)$$

$$\sum_{k=1}^l n_k C_{ВФ_k} \leq C_{ГВ} .$$

Решение данной задачи имеет вид:

$$C'_{ВФ_k} = \frac{\alpha_k n_k P_{ВФ_k}}{\sum_{k=1}^l \alpha_k n_k P_{ВФ_k}} C_{ГВ} . \quad (27)$$

Снова принимая $C'_{ВФ_i}$ в качестве бюджета для оснащения воинского формирования, получаем задачу на его оптимальное распределение по типуажу и численности образцов ВВТ:

$$P_{ВФ} = \sum_{i=1}^n N_{ВВТ_i} P_{ВВТ_i}(C_{ВВТ_i}) \rightarrow \max ; \quad (28)$$

$$\sum_{i=1}^n N_i C_{ВВТ_i} \leq C_{ВФ} .$$

Решение имеет вид:

$$C'_{ВВТ_i} = \frac{\alpha_i N_{ВВТ_i} P_{ВВТ_i}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i N_{ВВТ_i} P_{ВВТ_i}} C_{ВФ} . \quad (29)$$

Таким образом, начиная с верхнего уровня иерархии системы вооружения и спускаясь

вниз, последовательно получаем оптимальное распределение бюджета ГПВ по уровням системы вооружения.

Анализ полученных решений на каждом уровне (26), (27), (29) свидетельствует, что в основе оптимального распределения бюджета программы является *пропорциональное* распределение с учетом параметров интенсивности роста α боевых потенциалов ВВТ, воинских формирований и группировок войск при изменении финансирования программы вооружения. Принцип пропорционального распределения является одним из принципов оптимальности [27].

Некоторые образцы и комплексы ВВТ, входящие в систему вооружения определенного вида (например, авиационные комплексы МиГ-29, Су-27 фронтовой авиации), используются и в интересах других систем вооружения, видов и родов войск (сил). Поэтому

бюджеты ГПВ для этих видов и родов войск (сил) являются дополнительными источниками финансирования для закупки, ремонта и модернизации таких комплексов в ГПВ. Объемы финансирования должны быть также пропорциональны показателям боевых возможностей этих комплексов для решения задач данного вида (рода) войск (сил).

Заключение

Рассмотренный в статье методический подход и комплекс методик позволяет решать задачу оптимального распределения ресурсов при формировании ГПВ и ГОЗ, обеспечивающих, с одной стороны, достижение требуемого боевого потенциала Вооруженных Сил при выделенном бюджете, а, с другой, – создание условий для рентабельного производства военной продукции и дальнейшего развития производственного потенциала предприятий-исполнителей ГОЗ.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М.Московского. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2004.
2. Буренок В.М. Современные проблемы планирования развития системы вооружения РФ и направления их развития // Вооружение и экономика. – 2010. – № 4 (12).
3. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Бабкин Г.В. Экономические аспекты военно-технической политики Российской Федерации на современном этапе. – М.: Граница, 2012.
4. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе. Части 1, 2 / Под ред. В.М.Буренка. – М.: Граница, 2013.
5. Фролов А. О распределении государственного оборонного заказа по видам вооруженных сил // Военно-промышленный курьер. – 2012. – № 21 (438).
6. Останков В., Лапунов П. Главная задача – создание качественно новой системы анализа и программно-целевого планирования строительства и развития ВС РФ // Военно-промышленный курьер. – 2013. – № 34 (502).
7. Комплекс методик оперативной оценки возможностей системы вооружения Вооруженных Сил и ее функциональных подсистем при обосновании параметров Государственной программы вооружения и Государственного оборонного заказа. Утвержден начальником вооружения ВС РФ – заместителем Министра обороны РФ 22 сентября 2006 г.
8. Буравлев А.И., Гладышевский В.Л., Пьянков А.А. Методика формирования агрегированного показателя эффективности реализации ГПВ // Вооружение и экономика. – 2013. – №3 (24).
9. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы анализа. – М.: Статистика, 1978.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993.

11. Технология имитационного моделирования боевых действий / Под ред. С.В.Ягольников. – Тверь: 2 ЦНИИ МО РФ, 2009.
12. Радвик Б. Военное планирование и анализ систем. – М.: Воениздат, 1973.
13. Макгуайр М.С. Моделирование при решении экономико-стратегических проблем (секретность и гонка вооружений) / Пер с англ. под ред. К.В.Тараканова – М.: Сов. радио, 1972.
14. Саати Т. Математические модели конфликтных ситуаций. – М.: Сов. радио, 1977.
15. Буренок В.М. Направления совершенствования методической базы обоснования проекта новой Государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1 (22).
16. Саркисян С.А., Акопов П.Л., Мельникова Г.В. Научно-техническое прогнозирование и программно-целевое планирование в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1987.
17. Мышкин Л.В. Прогнозирование развития авиационной техники. – М.: Физматлит, 2006.
18. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости боевых летательных аппаратов и численности ВВС стран мира // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3 (19).
19. Гальченко А.В., Тегин В.А. Долгосрочный прогноз стоимости танков и численности боевого состава бронесил стран мира // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1 (21).
20. Поздняков А.И. Система общих закономерностей развития военной техники как основа определения приоритетов в военно-технической политике // Вооружение и экономика. – 2013. – № 2 (22).
21. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978.
22. Лебедев В.В., Лебедев К.В. Математическое и компьютерное моделирование экономики. – М.: НВТ-Дизайн, 2002.
23. Багриновский К.А., Бендиков М.А., Хрусталева Е.Ю. Современные методы управления технологическим развитием. – М.: РОСПЭН, 2001.
24. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Инструменты управления ценообразованием при разработке и реализации плановых документов по созданию продукции военного назначения // Вооружение и экономика. – 2012. – № 1 (22).
25. Буравлев А.И., Иванцов Д.А. Оптимизация объемов закупок вооружения и военной техники с учетом стоимости и рентабельности их производства // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3 (18).
26. Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2002.
27. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007.

А.А.Осадчиев, кандидат физико-математических наук

В.А.Горшков, доктор технических наук, профессор

А.И.Крутоверцев

Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Решение задачи

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

Введение

Значимость роли ИЭД для эксплуатации летательных аппаратов государственной авиации обуславливает особое внимание к разработке количественных и качественных требований к главным свойствам ИЭД. Выделение системы этих требований и распределение имеющихся ресурсов при ее разработке являются важнейшими задачами, решение которых определяет индивидуальные условия на форму и содержание ИЭД. При решении этой проблемы необходимо рассматривать не только функциональные задачи, стоящие перед государственной авиацией, но и реалии рыночной экономики, определяющие экономические параметры эксплуатации летательных аппаратов. Несмотря на сложность и уникальность каждого конкретного случая, представляется возможным выработать в определенной степени универсальную парадигму оптимизации качества ИЭД.

Проблеме оптимизации качества ИЭД летательных аппаратов государственной авиации посвящен цикл из двух статей. В первой статье этого цикла («Оптимизация качества

интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Постановка задачи») представлена математическая формализация и постановка задачи. Данная статья является второй частью цикла, в ней будет подробно рассмотрено непосредственное решение поставленной задачи по оптимизации качества ИЭД летательных аппаратов государственной авиации.

Выделение важнейших свойств ИЭД

На первом шаге решения задачи в результате анализа нормативной документации¹ были выделены свойства ИЭД, всесторонне описывающие качество ее функционирования. Этими свойствами оказались: безопасность, восстанавливаемость, вычислительная ресурсоемкость, документированность, за-

1 ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения; ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств. Общие положения; ГОСТ Р 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции; ГОСТ Р 54088-2010 Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы. Основные положения и общие требования.

щищенность, изменяемость, информативность, портативность, пригодность, простота внедрения, простота использования, простота обучения персонала, ремонтпригодность, совместимость, скорость работы, стабильность, стандартизованность, точность, транспортируемость, устойчивость к ошибке.

На втором шаге была проведена оценка сравнительной важности выделенных свойств и их ранжирование. Ввиду высокой сложности использования объективных методов для этих целей использовалась процедура PATTERN проведения экспертной оценки [1]. В рамках нее была разработана опросная анкета, для опроса было привлечено 17 высококвалифицированных экспертов: научных сотрудников, представителей КБ и специалистов, занимающихся эксплуатацией авиационной техники. 85% из числа опрошенных экспертов имеют ученое звание кандидата или доктора технических наук, а также у 85% из них стаж эксплуатации авиационной техники в авиационных формированиях превышает 10 лет. Полученные данные экспертных оценок были обработаны аналитическими методами, исследована их согласованность и применимость для использования в рамках решения поставленной задачи.

Далее на основе полученных данных методами кластерного анализа, учитывая объективную особенность ИЭД как элемента продукции, была проведена классификация свойств ИЭД. В результате были выделены три кластера [2], объединяющие свойства, присутствующие информационной, программной и технической компонентам ИЭД соответственно. В силу особенностей профессиональной деятельности и опыта экспертов из трех различных опрашиваемых групп, информационный и программный кластеры были выделены на основе мнений экспертов из групп научных сотрудников и специалистов, занимающихся эксплуатацией авиационной техники, а технический кластер – на основе мнений экспертов – представителей КБ. Для проверки качества экспертной оценки использовалось два

разнотипных алгоритма кластеризации: метод k -средних и метод древовидной кластеризации. Высокая согласованность результатов, полученных этими двумя методами, позволяет, во-первых, установить компетентность экспертной оценки, а, во-вторых, признать результаты кластеризации состоятельными.

Внутри каждого кластера методом Парето [3] была выделена группа наиболее важных свойств. Для информационного кластера ими оказались информативность, точность и пригодность, для программного – совместимость, стабильность и устойчивость к ошибке, для технического – восстанавливаемость, транспортируемость и простота обучения персонала. Объединение этих трех групп, тем самым, задает свойства ИЭД, в наибольшей степени определяющих качество ее функционирования, и при этом выделенная совокупность свойств сохраняет однородность относительно информационной, программной и технической компонент ИЭД.

Математическая формализация модели функционирования ИЭД

Для решения глобальной задачи оптимизации качества функционирования ИЭД при ограничениях на ресурсы будет применяться вариационный принцип Лагранжа. Для реализации этого метода необходимо составить систему уравнений, описывающих технические и экономические ограничения, накладываемые на ИЭД. Для этого необходимо определить вид функциональных зависимостей, связывающих, с одной стороны, выделенные важнейшие свойства ИЭД, определяющие качество функционирования ИЭД, а, с другой стороны, – технические и экономические характеристики эксплуатации ИЭД. Затем на полученные зависимости необходимо наложить ограничения типа равенств и неравенств, параметризующие условия эксплуатации ИЭД.

В данной статье будем рассматривать уровень взаимодействия одиночного человека (например, летчика, механика, инженера) с летательным аппаратом с использованием

ИЭД. Успешное функционирование системы на данном уровне заключается в выполнении конкретным исполнителем своих функциональных задач с использованием ИЭД, например, исполнение механиком ряда конкретных должностных операций по эксплуатации или ремонту летательного аппарата. Тем самым, на этом уровне предполагается, что человек имеет дело с завершенным и исправным аппаратом ИЭД и в его обязанности не входит как работа с неисправным аппаратом, так и какая-либо его модификация.

Для создания модели взаимодействия пользователя и ИЭД использовались методы нечеткого логического вывода. К настоящему моменту практически нет опубликованных результатов комплексных исследований взаимодействия человека и ИЭД с точки зрения свойств ИЭД. Этот факт объясняется сложностью процессов этого взаимодействия, наличием большого числа нелинейных и обратных связей. В силу сказанного формализация взаимодействия человека и ИЭД в рамках точной математической модели этого процесса представляется проблематичной. В то же время в условиях неполноты и неточности информации об исследуемом процессе нечеткие методы моделирования имеют широкое применение и могут быть эффективно использованы и в данном случае. Эти методы в значительной степени базируются на знаниях экспертов, результаты опроса которых позволяют описать внутренние зависимости модели и получать приемлемые результаты.

Входными данными для модели служат наиболее важные свойства ИЭД (информативность – S_1 , точность – S_2 , пригодность – S_3 , совместимость – S_4 , стабильность – S_5 , устойчивость к ошибке – S_6 , восстанавливаемость – S_7 , транспортируемость – S_8 и простота обучения персонала – S_9). Выходными данными служат три технические характеристики: оперативность функционирования ИЭД (T), результативность функционирования ИЭД (R), а также эргономичность ИЭД (U) и одна экономическая

характеристика – ресурсоемкость ИЭД (Q) в соответствии с [4]. Для удобства и без ограничения общности зададим отрезком $[0; 1]$ и область определения свойств S_1, \dots, S_9 , и область значений характеристик T, R, U, Q .

Для получения более качественных результатов модель нечеткого вывода задавалась отдельно для исследования влияния информационных свойств ИЭД: информативность (S_1), точность (S_2), пригодность (S_3); программных: совместимость (S_4), стабильность (S_5), устойчивость к ошибке (S_6) и технических: восстанавливаемость (S_7), транспортируемость (S_8), простота обучения персонала (S_9). Подобное разбиение обосновано ввиду устойчивости кластеризации свойств ИЭД на эти три группы. Таким образом, в каждой из трех подмоделей было по три входных и по четыре выходных параметра.

Правила вывода нечеткой модели задавались посредством опроса трех экспертов из числа ранее привлекавшихся к опросам, наиболее компетентных в определении степени влияния свойств ИЭД на качество ее функционирования. На основе этой базы правил с помощью модели нечеткого логического вывода для каждого из трех кластеров были построены неявные зависимости для информационного кластера:

$$R_u = R_u(S_1, S_2, S_3), T_u = T_u(S_1, S_2, S_3), \\ U_u = U_u(S_1, S_2, S_3), Q_u = Q_u(S_1, S_2, S_3),$$

Аналогичные зависимости были построены для программного и технического кластеров. Обобщенные значения результативности, оперативности, эргономичности и ресурсоемкости для всей ИЭД в целом рассчитывались следующим образом:

$$R = R(S_1, \dots, S_9) = \\ = R_u(S_1, S_2, S_3) \cdot R_n(S_4, S_5, S_6) \cdot R_m(S_7, S_8, S_9), \\ T = T(S_1, \dots, S_9) = \\ = T_u(S_1, S_2, S_3) \cdot T_n(S_4, S_5, S_6) \cdot T_m(S_7, S_8, S_9), \\ U = U(S_1, \dots, S_9) = \\ = U_u(S_1, S_2, S_3) \cdot U_n(S_4, S_5, S_6) \cdot U_m(S_7, S_8, S_9),$$

$$Q = Q(S_1, \dots, S_9) = \frac{(Q_u(S_1, S_2, S_3) + Q_n(S_4, S_5, S_6) + Q_m(S_7, S_8, S_9))}{2,46}$$

Здесь для результативности, оперативности и эргономичности в качестве объединяющей функции было выбрано произведение, а для ресурсоемкости – сумма, которая нормировалась максимально возможным в построенной модели значением $Q = Q(S_1, \dots, S_9)$. Это максимальное значение зависит от конкретной конфигурации и базы правил нечеткой модели и в данном случае составило 2,46.

Решение оптимизационной задачи Лагранжа

Для решения поставленной задачи методом Лагранжа необходимо перейти от полученных неявных зависимостей к гладким аналитическим функциям, связывающим входные свойства ИЭД (S_1, \dots, S_9) с выходными характеристикам ИЭД (R, T, U, Q). С этой целью полученные неявные зависимости внутри каждого кластера были экстраполированы до квадратичных аналитических функций $R_u = R_u(S_1, S_2, S_3), \dots, Q_m = Q_m(S_7, S_8, S_9)$. В результате были получены следующие функциональные зависимости:

$$\begin{aligned} R &= R(S_1, \dots, S_9) = \\ &= (0,2 S_1^2 + 0,2 S_2^2 + 0,1 S_3^2 + 0,2 S_1 + 0,2 S_2 + 0,5 S_3) \times \\ &\times (0,2 S_4 + 0,3 S_5 + 0,8 S_6 + 0,1) \times \\ &\times (0,2 S_7^2 + 0,8 S_9^2 + 0,2 S_7 + 0,4 S_9 + 0,1) \\ T &= T(S_1, \dots, S_9) = \\ &= (0,4 S_1 + 0,2 S_2 + 0,3 S_3 + 0,1) \times \\ &\times (0,4 S_5^2 + 0,9 S_6^2 + 0,3 S_4 + 0,3 S_6) \times \\ &\times (0,5 S_7 + 0,2 S_9 + 0,8 S_9) \\ U &= U(S_1, \dots, S_9) = \\ &= (0,1 S_2^2 + 0,1 S_3^2 + 0,4 S_1 + 0,5 S_3 + 0,1) \times \\ &= (0,6 S_6^2 + 0,2 S_4 + 0,4 S_5 + 0,1) \times \\ &= (0,3 S_7^2 + 0,1 S_8^2 + 0,9 S_9^2 + 0,1 S_8 + 0,3 S_9 + 0,1) \\ Q &= Q(S_1, \dots, S_9) = \\ &= ((0,1 S_1^2 + 0,1 S_2^2 + 0,3 S_3^2 + 0,3 S_1 + 0,1 S_2 + 0,4 S_3) + \\ &+ (0,2 S_4^2 + 0,4 S_5^2 + 0,1 S_6^2 + 0,7 S_6) + \\ &+ (0,1 S_7^2 + 0,1 S_8^2 + 0,4 S_9^2 + 0,2 S_7)) \cdot \frac{1}{2,46} \end{aligned}$$

В наиболее распространенном случае, если заказчику разработки ИЭД известны исходные ограничения на ресурсоемкость Q , но не известны исходные ограничения на результативность R , оперативность T и эргономичность U , целесообразно формулировать следующую оптимизационную задачу: «Максимизация функциональности ИЭД при воспроизводстве необходимой внутренней структуры и при ограничениях на ресурсоемкость ИЭД». Таким образом, в ограничениях на ресурсоемкость Q ищется максимальное значение обобщенной функциональности ИЭД Y , которая должна быть функцией результативности R , оперативности T и эргономичности U . В данной работе будем задавать ее как их произведение $Y = R \cdot T \cdot U$. В качестве ограничений, воспроизводящих внутреннюю структуру ИЭД будем использовать неравенства $S_i \geq 0,1, i = 1, \dots, 9$. Это ограничение позволяет избежать вырожденных решений оптимизационной задачи, при которых какое-либо свойство ИЭД имеет нулевое значение. Резюмируя вышесказанное, получаем следующую формулировку.

Задача

Пусть $E = [0,1] \times \dots \times [0,1] \subset R^9$.

Необходимо найти

$\tilde{S}_i \in [0,1], i = 1, \dots, 9$ такие, что:

$$\begin{aligned} R(\tilde{S}_1, \dots, \tilde{S}_9) \cdot T(\tilde{S}_1, \dots, \tilde{S}_9) \cdot U(\tilde{S}_1, \dots, \tilde{S}_9) = \\ = Y(\tilde{S}_1, \dots, \tilde{S}_9) = \max_{\{S_1, \dots, S_9\} \in E} Y(S_1, \dots, S_9) \end{aligned}$$

При этом выполняются условия:

$$\tilde{S}_i \geq 0,1, i = 1, \dots, 9, Q(\tilde{S}_1, \dots, \tilde{S}_9) \leq Q_{max}$$

Интерпретация полученных результатов

Решая поставленную вариационную задачу, можно сделать ряд общих выводов о причинах, влияющих на качество функционирования и ресурсоемкость ИЭД. В таблице 1 приведены результаты решения задачи Лагранжа для $Q_{max} = 0,1; 0,2; \dots, 0,9$.

Таблица 1 – Результаты решения задачи Лагранжа по оптимизации значений свойств ИЭД при ограничениях на ресурсоемкость разработки и функционирования ИЭД

Ресурсоемкость	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Результативность	0,01	0,09	0,22	0,36	0,54	0,72	1	1	1
Оперативность	0,02	0,06	0,12	0,21	0,41	0,68	1	1	1
Эргономичность	0,02	0,05	0,10	0,16	0,24	0,41	0,62	0,93	1

В первую очередь стоит отметить, что результативность и оперативность ИЭД являются наиболее важными и практически равнозначными характеристиками, определяющими качество функционирования ИЭД. В случае большого количества доступных ресурсов высокое качество функционирования ИЭД невозможно достичь в отсутствие высоких показателей ее результативности и оперативности. В то же время эргономичность ИЭД на качество влияет более слабо. В случае большого количества доступных ресурсов даже при низкой эргономичности ИЭД может

функционировать качественно. В то же время при росте доступных ресурсов у оптимальных значений выходных характеристик наблюдается различный рост. В случае малого количества доступных ресурсов для роста качества функционирования ИЭД наиболее оптимально вкладывать ресурсы в развитие результативности и оперативности. В случае большого количества доступных ресурсов для роста качества функционирования ИЭД наиболее оптимально вкладывать ресурсы в развитие эргономичности.

Таблица 2 – Покластерные распределения оптимальных значений результативности, оперативности, эргономичности и ресурсоемкости при ограничениях на ресурсоемкость разработки и функционирования ИЭД

Ограничения на ресурсоемкость		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Результативность	Информационный кластер	0,10	0,31	0,51	0,66	0,66	0,72	1,00	1,00	1,00
	Программный кластер	0,33	0,37	0,43	0,54	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00
	Технический кластер	0,44	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Общее значение	0,01	0,09	0,22	0,36	0,54	0,72	1,00	1,00	1,00
Оперативность	Информационный кластер	0,23	0,35	0,45	0,59	0,59	0,68	1,00	1,00	1,00
	Программный кластер	0,16	0,22	0,27	0,36	0,69	1,00	1,00	1,00	1,00
	Технический кластер	0,48	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Общее значение	0,02	0,06	0,12	0,21	0,41	0,68	1,00	1,00	1,00
Эргономичность	Информационный кластер	0,23	0,28	0,37	0,51	0,51	0,58	0,64	0,93	1,00
	Программный кластер	0,22	0,26	0,28	0,32	0,48	0,70	0,97	1,00	1,00
	Технический кластер	0,35	0,67	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Общее значение	0,02	0,05	0,10	0,16	0,24	0,41	0,62	0,93	1,00
Ресурсоемкость	Информационный кластер	0,04	0,08	0,12	0,17	0,17	0,17	0,19	0,24	0,33
	Программный кластер	0,04	0,06	0,08	0,11	0,21	0,28	0,33	0,35	0,36
	Технический кластер	0,02	0,06	0,10	0,12	0,12	0,15	0,18	0,21	0,21
	Общее значение	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90

Действительно, на начальном этапе развития ИЭД, когда еще невелико количество затраченных ресурсов, эргономичность не играет решающей роли, главное на данном этапе – обеспечить результативность и опера-

тивность работы. С другой стороны, когда определенный приемлемый уровень результативности и оперативности работы ИЭД уже достигнут и на это затрачены соответствующие ресурсы, приходит время напра-

вить ресурсы на развитие эргономичности. Именно развитие эргономичности в этих условиях даст наиболее оптимальный рост общего качества функционирования ИЭД.

Далее были исследованы покластерные распределения значений результативности, оперативности, эргономичности и ресурсоемкости при заданных ограничениях на ресурсоемкость. В таблице 2 представлены полученные значения.

Для интерпретации полученных результатов свяжем изменение ограничений на ресурсоемкость с изменением времени. Будем считать, что с течением времени растет количество свободных ресурсов, затрачиваемых на разработку ИЭД, за счет чего происходит развитие ИЭД. Для простоты шкалу доступных

ресурсов от 0 до 1 будем рассматривать как временную шкалу, также ограниченную 0 и 1, реальный же прирост ресурсов со временем может быть нелинейным и иметь сложную структуру.

Основываясь на полученных данных, можно ответить на три вопроса (ответ зависит от рассматриваемого момента времени):

Развитие каких характеристик ИЭД наиболее оптимально с точки зрения роста качества функционирования ИЭД?

На отрезке времени $[0; 0,6]$ наиболее оптимально развивать результативность и оперативность, а на отрезке времени $[0,6; 1]$ – эргономичность.

Развитие каких кластеров вносит наибольший вклад в развитие ИЭД?

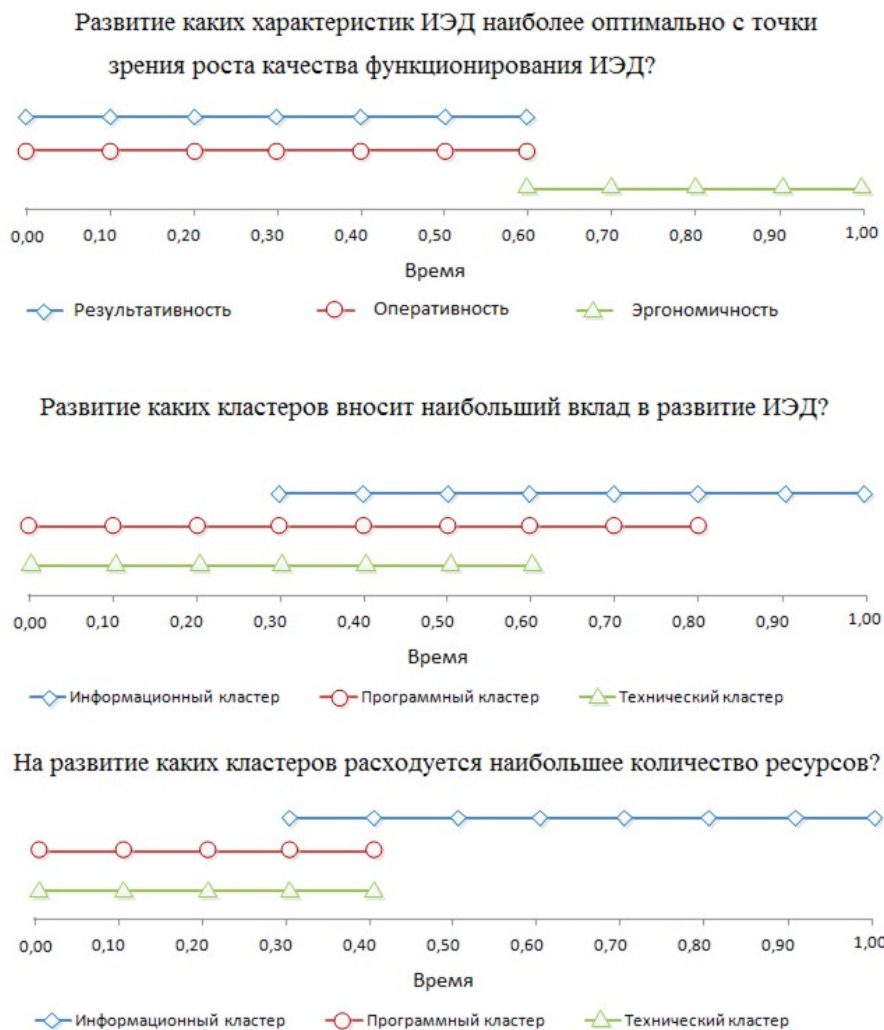


Рисунок 1 – График оптимальных значений характеристик функционирования ИЭД и его кластеров с течением времени

Технический кластер вносит большой вклад в развитие ИЭД на начальном этапе, соответствующем отрезку времени $[0; 0,6]$, информационный – на конечном ($[0,3; 1]$), программный – в течение практически всего периода развития ИЭД ($[0; 0,8]$).

На развитие каких кластеров расходуется наибольшее количество ресурсов?

Технический и программный кластер являются наиболее ресурсоемкими на начальном этапе ($[0; 0,4]$), а информационный – на конечном ($[0,3; 1]$).

Приведенные выше выводы обобщены на рисунке 1.

Практическое применение полученных результатов и разработанной методики

Описанная в работе методология решения вариационной задачи Лагранжа может исполь-

зоваться для поиска оптимального распределения имеющихся ресурсов при разработке ИЭД, учитывая широкий спектр возможных ограничивающих факторов. Зная исходные ограничения на ресурсы Q_{max} , можно рассчитать их оптимальное распределение по кластерам

$$(Q_1, Q_2, Q_3, Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_{max}).$$

Более того, используя интерполяционные методы, можно решать задачу оптимального распределения имеющихся ресурсов по важнейшим свойствам ИЭД (информативность, точность, пригодность, совместимость, стабильность, устойчивость к ошибке, восстанавливаемость, транспортируемость и простота обучения персонала). Результаты расчета оптимального распределения ресурсов по кластерам и по важнейшим свойствам ИЭД при различных ограничениях на ресурсы представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Распределение (по значениям) имеющихся ресурсов по кластерам и по важнейшим свойствам ИЭД при ограничениях на ресурсоемкость разработки и функционирования ИЭД

Общие ресурсы	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
по кластерам									
Информационный кластер	0,04	0,08	0,12	0,17	0,17	0,17	0,19	0,24	0,33
Программный кластер	0,04	0,06	0,08	0,11	0,21	0,28	0,33	0,35	0,36
Технический кластер	0,02	0,06	0,10	0,12	0,12	0,15	0,18	0,21	0,21
по свойствам									
Информативность	0,03	0,05	0,09	0,1	0,1	0,01	0,02	0,17	0,01
Точность	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	0,01
Пригодность	0	0,02	0,02	0,06	0,05	0,16	0,15	0,03	0,32
Совместимость	0,01	0,01	0,01	0,09	0	0,22	0,18	0,18	0,27
Стабильность	0,02	0	0,06	0,01	0,19	0,03	0,12	0,14	0,05
Устойчивость к ошибке	0,01	0,05	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Восстанавливаемость	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Транспортируемость	0,01	0,05	0,09	0,09	0,09	0,13	0,14	0,17	0,17
Простота обучения персонала	0	0	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02

На основе таблиц 3 и 4 можно вырабатывать конкретные практические рекомендации по оптимальному распределению ресурсов между важнейшими направлениями ИЭД в зависимости от количества имеющихся ресурсов и реализовывать их в виде технических заданий на разработку ИЭД.

Заключение

В данной работе была предложена методология по выработке системы требований,

предъявляемых к свойствам интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации, выполнение которых позволит максимизировать эффективность и функциональность использования интерактивной электронной документации. В рамках этой методологии были сформулированы три альтернативные математические постановки задачи оптимизации качества интерактивной электронной доку-

ментации, реализация которых зависит от конкретных условий, предъявляемых к летательному аппарату. Также приведен общий алгоритм решения широкого класса реальных

задач оптимизации качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов.

Таблица 4 – Распределение (в процентах) имеющихся ресурсов по кластерам и по важнейшим свойствам ИЭД при ограничениях на ресурсоемкость разработки и функционирования ИЭД

Общие ресурсы (100%)	0,1	0,2	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
по кластерам									
Информационный кластер	40	40	40	43	34	28	27	30	37
Программный кластер	40	30	27	28	42	47	47	44	40
Технический кластер	20	30	33	29	24	25	26	26	23
по свойствам									
Информативность	30	26	28	26	21	1	2	21	1
Точность	6	3	4	3	3	1	2	4	1
Пригодность	3	11	9	13	10	26	24	5	35
Совместимость	5	3	4	23	0	39	26	24	30
Стабильность	23	1	20	3	38	5	17	17	6
Устойчивость к ошибке	12	26	2	2	4	3	4	4	4
Восстанавливаемость	9	4	1	3	2	2	2	2	2
Транспортируемость	9	25	29	23	19	21	21	21	19
Простота обучения персонала	3	1	3	4	3	2	2	2	2

Список использованных источников

1. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
2. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
3. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
4. Волкова В.М., Емельянова А.А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: справочник. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 847 с.

А.А. Лукьяница, кандидат физико-математических наук

Трехмерная виртуальная реальность в электронных тренажерах военного назначения

В статье рассматривается возможность применения в военных тренажерах автостереоскопических устройств для отображения трехмерных изображений. Рассмотрены устройства двух типов – стереодисплей и проекционная система, позволяющие создавать трехмерную виртуальную реальность в достаточно широкой области без применения обучаемым каких-либо дополнительных устройств (стереоочков и пр.).

В настоящее время не вызывает сомнений, что применение электронных тренажеров для подготовки военных специалистов различного уровня позволяет не только ускорить процесс обучения и повышения воинского мастерства, но также существенно сэкономить материальные ресурсы [1, 2]. Вместе с тем, задачи подготовки военных специалистов предъявляют все более высокие требования к реалистичности отображения боевой обстановки в ходе формирования у обучаемого навыков управления конкретным образцом вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) либо решения им задач управления подчиненными силами и средствами.

До недавнего времени в тренажерах в качестве источника отображения окружающей реальности использовались обычные дисплеи или экраны проекционных систем, которые позволяли воспроизводить лишь плоское изображение, не дающее ощущения реальности происходящего в процессе обучения и не позволяющее обучаемому в полной мере интегрироваться в процесс тренировки. В настоящее время существует ряд устройств (как дисплеев, так и проекционных систем), позволяющих отображать трехмерную информацию. Эти устройства, как правило, требуют наличия специальных очков (поляризационных или затворного типа), что сдерживает их применение во многих тренажерах. Если обучаемому кроме экрана нужно переносить взгляд на другое оборудование, стереоочки в этом случае играют отрицательную роль, поскольку искажают

восприятие отдельных элементов тренажерного комплекса, создают определенное неудобство обучаемому и, в конечном итоге, могут способствовать закреплению тех навыков, которые не в полной мере будут соответствовать требуемым. Выходом из создавшегося положения может служить использование так называемых автостереоскопических устройств, в которых не требуются стереоочки. На рынке существует несколько типов таких дисплеев, основанных либо на использовании щелевой маски, либо микролинзового раstra. Этим устройствам присущи два основных недостатка: очень узкая зона, в которой наблюдается стереоэффект, и снижение реального разрешения стереодисплея в два раза по сравнению с исходными изображениями (за счет того, что на каждый глаз наблюдателя проецируется половина пикселей исходного изображения). С проекционными стереосистемами ситуация еще более печальная: они полностью отсутствуют на современном рынке.

В настоящей работе рассматривается возможность применения в тренажерах автостереоскопических систем нового типа: дисплей, состоящий из двух жидкокристаллических панелей, а также проекционная система, основанная на применении ретрорефлекторного экрана. Эти устройства позволяют наблюдать трехмерную сцену в достаточно широкой зоне, и не требуют использования специальных очков либо иных дополнительных (не связанных непосредственно с изучаемым образцом ВВСТ) приспособлений.

3D дисплей

Дисплей состоит из двух жидкокристаллических (LCD) панелей, между которыми помещена маска-диффузор. Панели подключены к компьютеру. На них выводятся специальные изображения, рассчитанные с помощью ис-

кусственной нейросети таким образом, что в заданной области перед дисплеем формируется световое поле, которое исходило бы от трехмерного объекта, находящегося за экраном. Схема устройства этой системы приведена на рисунке 1.

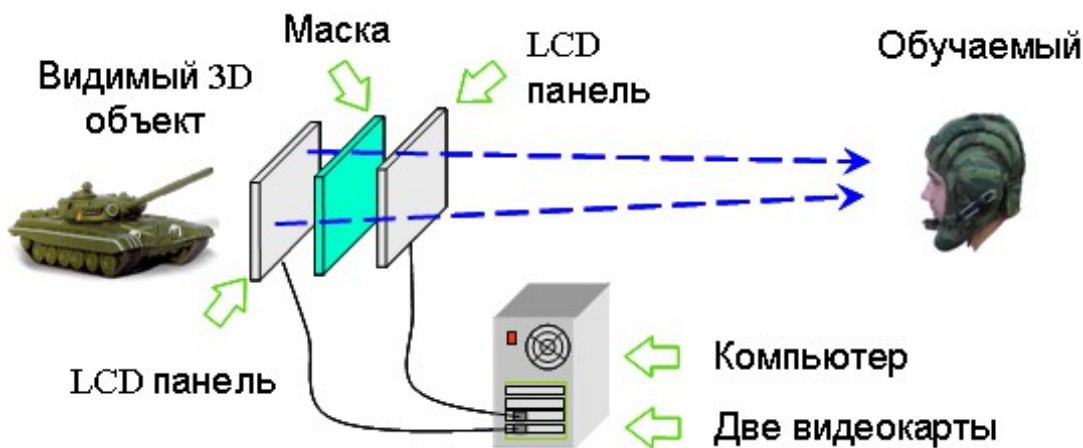


Рисунок 1 – Устройство стереосистемы, основанной на двух жидкокристаллических экранах

В качестве нейросети может использоваться либо специальная плата, либо ее программная реализация. На вход нейросети подаются, по крайней мере, два стереокадра (либо большее число ракурсов объекта), а с выхода снимаются изображения для переднего и заднего экранов. Изображение для каждого глаза

является суммой изображений на двух панелях и маски. А поскольку дисплеи смещены на нужное расстояние, картинки для левого и правого глаз отличаются. Процесс формирования объемного изображения на стереодисплее продемонстрирован на рисунке 2.

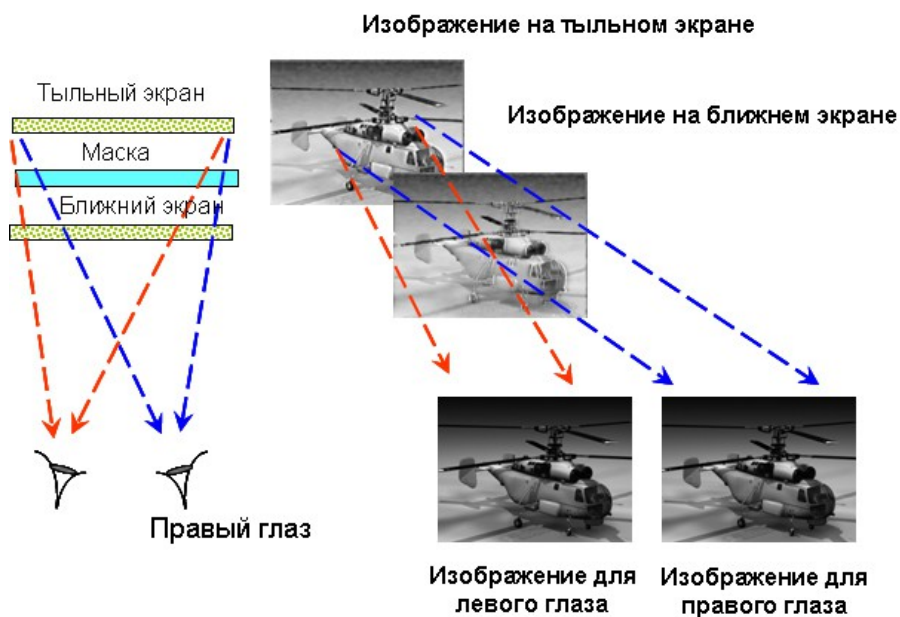


Рисунок 2 – Процесс формирования объемного изображения на стереодисплее

На приведенных выше иллюстрациях видно, что изображения, сформированные

нейропроцессором для переднего и заднего экранов, отличаются как друг от друга, так и

исходных изображений, которые должны попасть в левый и правый глаза. Маска является диффузором и нужна для подавления муара и небольшого размытия тыльного изображения, что позволяет увеличить зону, в которой видно объемное изображение. Задача, возло-

женная на нейросеть, – по заданной стереопаре при фиксированных параметрах дисплея и заданных размерах области, в которой нужно сформировать объемное изображение, найти изображения для переднего и заднего экранов, как это показано на рисунке 3.

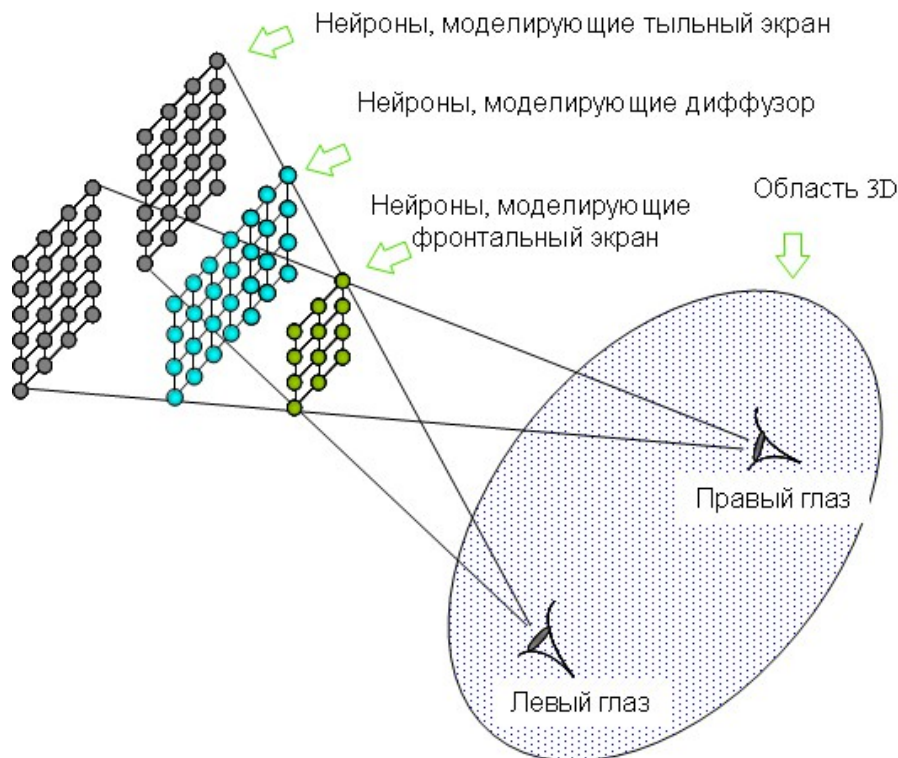


Рисунок 3 – Нейросеть, моделирующая стереодисплей

Нейросеть моделирует геометрические параметры дисплея, т.е. пространственное расположение пикселей переднего и заднего экранов и маски. В процессе настройки минимизируется функция ошибки нейросети, которая включает в себя как информацию об изображениях для левого и правого глаза, так и заданные пользователем параметры зоны объемного видения: ширину, удаленность от экрана дисплея, а также глубину объема. Как видно из приведенной выше картинке, каждый нейрон участвует в формировании нескольких фрагментов изображения. Изменение сигнала любым нейроном вызывает изменение сигналов всех остальных нейронов. Проведенные нами исследования [3] показали, что задача не имеет единственного решения. Для выделения оптимального состоя-

ния нейронов из всех возможных применяется метод регуляризации.

Архитектура предложенной нейросети представлена на рисунке 4.

Здесь скрытые слои, обозначенные буквами F , B и M , соответствуют передней (Front) панели, задней (Back) панели и маске (Mask). Динамика нейросети описывается следующими соотношениями:

$$X_j = T\left(\sum_i W_{ij} Inp_i\right) = \begin{pmatrix} F_j \\ M_j \\ B_j \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где X_j – выход скрытых слоев;
 T – передаточная функция;
 W_{ij} – веса связей нейросети;
 Inp_i – интенсивность источника света, попадающего на i -й пиксель тыльного экрана;

F_j – уровень активации нейронов фронтального экрана;
 M_j – уровень активации нейронов маски;

B_j – уровень активации нейронов тыльного экрана.

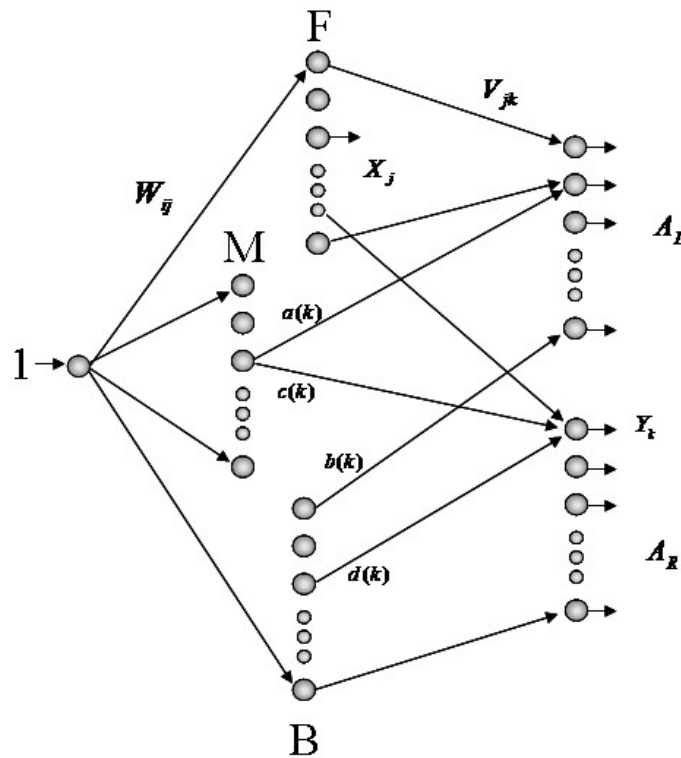


Рисунок 4 – Архитектура нейросети, моделирующей стереодисплей

Выход нейросети Y_k определяется по следующей формуле:

$$Y_k = T \left(\sum_j V_{jk} X_j \right), \quad (2)$$

где V_{jk} – веса связей нейросети между скрытым и выходным слоями.

В качестве передаточной использовалась следующая функция:

$$T(z) = \frac{255}{1 + \exp(-\alpha z)}, \quad (3)$$

где α – параметр, характеризующий кривизну характеристики передаточной функции нейронов.

Ошибка нейросети E определяется следующим соотношением:

$$E = \sum_k (Y_{L,k} - L_k)^2 + \sum_k (Y_{R,k} - R_k)^2 + \beta \left(\sum_k Y_{L,k}^2 + \sum_k Y_{R,k}^2 \right), \quad (4)$$

где L_k и R_k – пиксели изображений стереопары соответственно для левого и правого глаз;

$Y_{L,k}$ и $Y_{R,k}$ – выходные сигналы соответствующих нейронов;

β – параметр регуляризации, обеспечивающий гладкость получаемых изображений.

Для настройки нейросети был разработан ряд алгоритмов, являющихся различными модификациями метода градиентного спуска, минимизирующими функцию ошибки (4). В качестве вычислителя использовался либо процессор компьютера, к которому подключен стереодисплей, либо стандартный графический акселератор видеокарты. В последнем случае удалось добиться скорости обработки 30 полноэкранных изображений в секунду, что соответствует реальному времени.

На рисунке 5 изображен прототип 3D-дисплея.



Рисунок 5 – Прототип стереодисплея

Проекционная система

В основе этой системы лежит экран, изготовленный из ретрорефлекторного материала (для

таких материалов также используется название «катафот»), и нескольких проекторов, расположенных со стороны зрителей (рисунок 6).

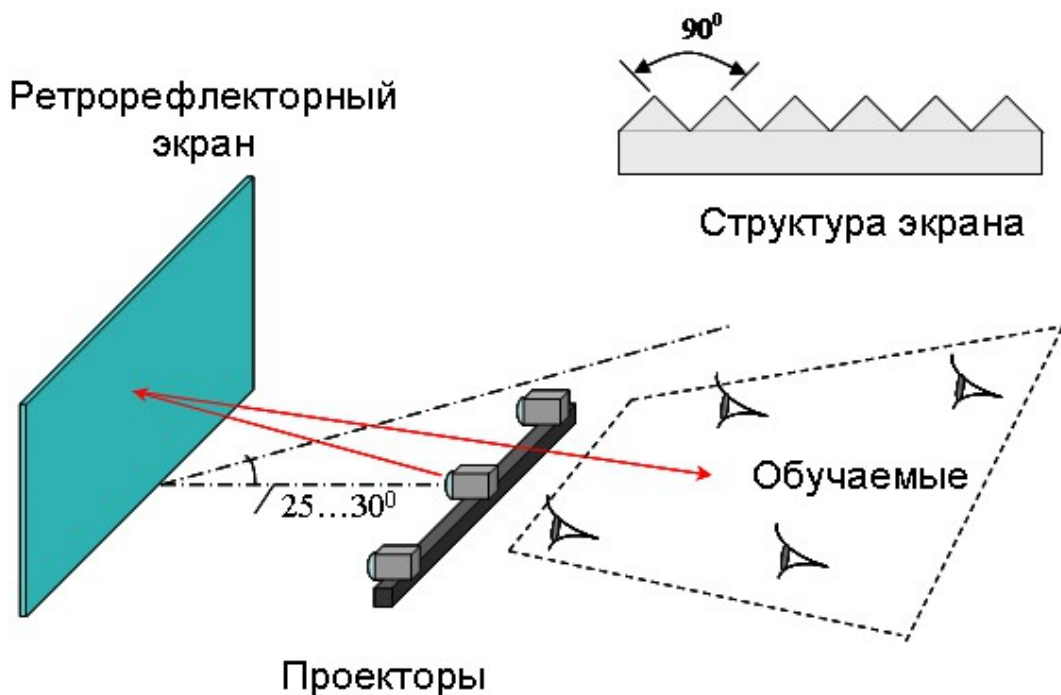


Рисунок 6 – Устройство проекционной системы (в правом верхнем углу – структура экрана, вид сверху)

Поскольку идеальный ретрорефлектор создать невозможно, всегда будет существовать рассеяние изображения в некоторый конус. Это свойство реального ретрорефлектора позволяет создать автостереоскопическую проекционную систему, поскольку каждый глаз будет видеть одновременно изображение ото всех проекторов с различной интенсивностью. На вход системы подается несколько стерео-

пар одной и той же сцены с разных ракурсов. Если этот набор стереопар преобразовать соответствующим образом, можно добиться появления объемного изображения на экране в широком диапазоне углов.

Для пояснения сути преобразования изображений рассмотрим систему, для простоты состоящую из двух проекторов P_L и P_R , изображенную на рисунке 7.

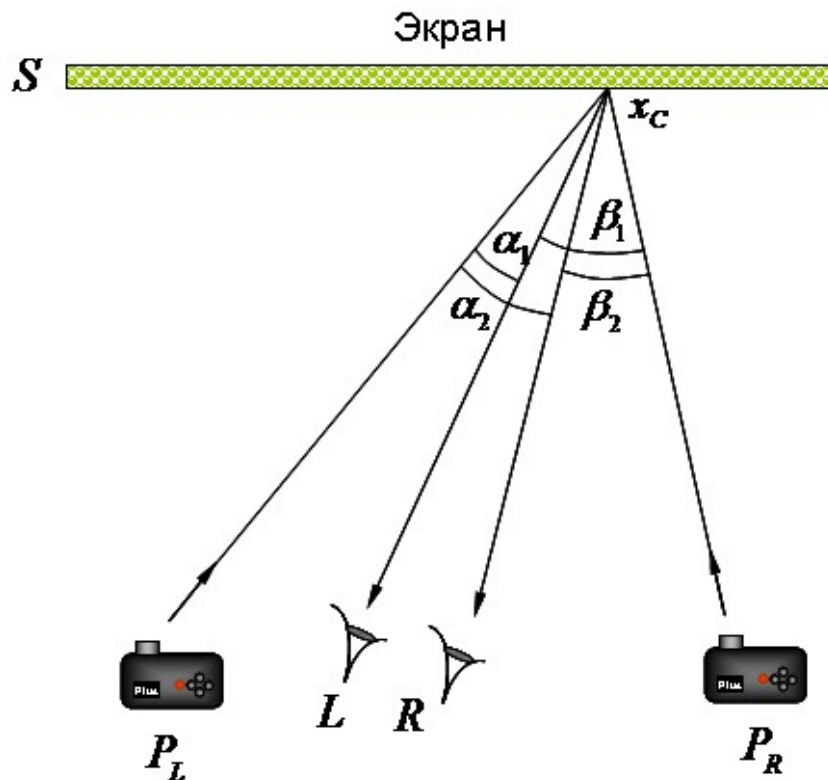


Рисунок 7 – Устройство автостереоскопической проекционной системы с ретрорефлекторным экраном. P_L и P_R – проекторы, L и R – левый и правый глаза наблюдателя

Изображения, видимые левым (I_L) и правым (I_R) глазами в произвольной точке x_c , определяются следующими формулами:

$$I_L = I_L^p K(|\varphi_L - \psi_L|) + I_R^p K(|\varphi_L - \psi_R|), \quad (5)$$

$$I_R = I_L^p K(|\varphi_R - \psi_L|) + I_R^p K(|\varphi_R - \psi_R|), \quad (6)$$

где I_L^p и I_R^p – интенсивности лучей проекторов P_L и P_R , направленных в точку x_c ;

K – функция рассеяния света ретрорефлекторным экраном;

φ_L и φ_R – углы между нормалью к экрану \vec{n} и лучами $x_c L$ и $x_c R$ (к левому и правому глазам);

ψ_L и ψ_R – углы между нормалью к экрану \vec{n} и лучами $x_c P_L$ и $x_c P_R$ (к проекторам).

Функция рассеяния света ретрорефлекторным экраном хорошо моделируется нормальным распределением:

$$K(\alpha) = P \cdot \exp\left(-\frac{\alpha^2}{\sigma^2}\right),$$

где P – величина поглощения света экраном, α – угол между источником света и наблюдателем;

σ – параметр, характеризующий рассеивающие свойства экрана.

Задача состоит в нахождении таких изображений I_L^p и I_R^p , выводимых на проекторы, чтобы левый и правый глаза видели заданные изображения D_L и D_R . Математически эта проблема может быть сформулирована в виде задачи минимизации следующего квадратичного функционала:

$$\min \Phi(I_L^p, I_R^p) = \sum_k \left[(D_{L,k} - I_{L,k})^2 + (D_{R,k} - I_{R,k})^2 \right], \quad (7)$$

где I_L и I_R определяются формулами (5), (6) с ограничениями

$$0 \leq I_L^p \leq 255, \quad 0 \leq I_R^p \leq 255, \quad (8)$$

а суммирование производится по всем пикселям изображений.

Ограничения обусловлены тем обстоятельством, что интенсивность пикселей должна находиться в диапазоне $[0, 255]$.

Задача (5)-(8) легко обобщается на случай n проекторов и m наблюдателей ($2m$ заданных изображений):

$$\min \Phi(I_1^p, \dots, I_n^p) = \sum_{i=1}^{2m} \sum_k (D_{i,k} - I_{i,k})^2, \quad (9)$$

где

$$I_i = \sum_{j=1}^n I_j^p K(|\varphi_i - \psi_j|), \quad i=1, \dots, 2m. \quad (10)$$

В приведенных формулах индекс i соответствует заданному изображению, индекс j –

проектору, а суммирование по k проводится по всем пикселям изображений.

На рисунке 8 изображен прототип проекционной системы. Для облегчения настройки (сведения проекторов и компенсации трапециевидных искажений) применялась специально разработанная программа, связь с которой осуществлялась за счет применения камеры.

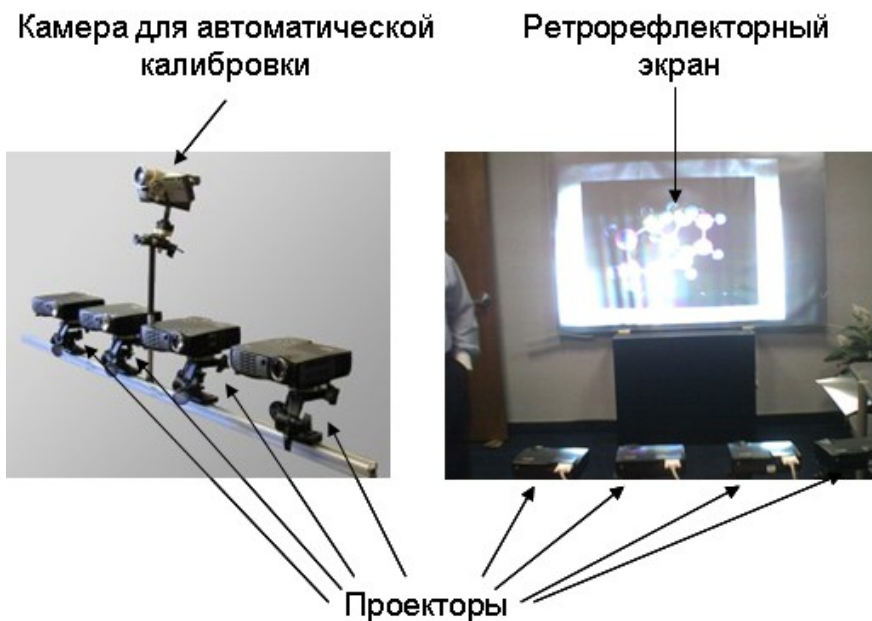


Рисунок 8 – Прототип проекционной системы

Для расчета изображений использовалась специальная нейросеть, минимизирующая функционал (9). Для ускорения расчетов использовался акселератор графической карты.

Таким образом, задача формирования 3D изображения в интересах функционирования электронного тренажера военного назначения может быть решена с помощью предложенных автостереоскопических устройств. Математический аппарат, примененный автором при решении данной задачи, подробнее рассмотрен в [4]. Применяемый в комплексе 3D-дисплей незначительно (не более, чем в 1,5 раза) превосходит по стоимости обычные LCD-мониторы, а компьютер требует лишь оснащения стандартной видеокартой с двумя видеовыходами. Данный программно-аппаратный комплекс запатентован в России и в США¹ и реализован в виде готового изделия.

1 Патент на изобретение: А.А.Лукияница, А.Н.Путилин.

За рамками данной статьи остались некоторые проблемы, связанные с настройкой 3D систем проекционного типа. Они связаны со сложностью точного сведения изображения от нескольких проекторов в одну и ту же область проекционного экрана. Разработанный автором математический аппарат для решения проблемы автоматического согласования такого оборудования будет рассмотрен автором в отдельной статье.

Способ воспроизведения изображения объекта. – Российское агентство по патентам и товарным знакам, RU 2158949 C1, 1999; А.А.Лукияница, А.Н.Путилин. Visualization of three dimensional images and multi aspect imaging. – United States Patent 6985290 B2, 2006; А.А.Лукияница, А.Н. Путилин. Three-dimensional image projection employing retro-reflective screens. – United States Patent 6843564 B2, 2005.

Список использованных источников

1. Диков С.А., Тимербулатов Т.Р., Лукьяница А.А. Компьютеры в тактической подготовке // Военный вестник. – 1989. – № 11.
2. Богдановский Н.В. Современное состояние боевой подготовки сухопутных войск и требования к ее обеспечению техническими средствами обучения // Военное обозрение. – <http://warfiles.ru/39011-sovremennoe-sostoyanie-boevoy-podgotovki-suhoputnyh-voysk-i-trebovaniya-k-ee-obespecheniyu-tehnicheskimi-sredstvami-obucheniya.html>.
3. Lukyanitsa A.A. Image synthesis for autostereoscopic systems // Computational Mathematics and Modeling. – 2012. – № 2 (23).
4. Лукьяница А.А. Математическое моделирование автостереоскопических устройств // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Математическое моделирование физических процессов». – 2007. – № 1.

А.А.Пьянков, кандидат технических наук,
доцент

Математическая модель процесса восстановления вооружения и военной техники в ходе боевых действий тактического воинского формирования¹

В статье рассматривается постановка задачи оптимального управления процессом восстановления ВВТ в ходе боевых действий тактического воинского формирования на примере танкового батальона. В качестве критериев оптимизации рассмотрены показатели исправности и боеготовности ВВТ, а также удельные затраты на восстановление ВВТ. Для описания процесса технического обеспечения войск используется математический аппарат массового обслуживания с разрывными импульсными функциями интенсивностей потоков заявок и дифференциальные уравнения «динамики средних». В статье приведены примеры, демонстрирующие работоспособность разработанной модели при различных продолжительности и периодичности боев, а также при различной интенсивности восстановления ВВТ.

Необходимым условием безопасности Российской Федерации является готовность Вооруженных Сил (ВС) к быстрому и эффективно реагированию на новые вызовы. При этом техническое обеспечение войск является важнейшей составляющей комплекса мероприятий, направленных на поддержание боеготовности и боеспособности войск [1]. Оно включает в себя мероприятия по обеспечению войск новым вооружением и военной техникой (ВВТ), ракетами и боеприпасами, проведению эксплуатации и восстановления образцов ВВТ.

Мировой опыт войн и вооруженных конфликтов свидетельствует о том, что грамотная организация мероприятий технического обеспечения (ТО) по своевременному восстановлению ВВТ в динамике боевых действий является залогом успеха операции. Маршал Советского Союза Георгий Жуков подчеркивал, что любая блестяще разработанная операция без соответствующего тылового и технического обеспечения останется красивыми стрелами на бумаге. За годы Великой Отечественной войны ремонтно-восстановительные органы отремонтировали почти в 4,5 раза больше танков и САУ, чем было их выпущено про-

мышленностью. В ходе Афганской войны, благодаря четкой работе ремонтных подразделений, из 5270 единиц поврежденной бронетехники эвакуировали более 4000, отремонтировав из них более 2750. В ходе боестолкновений на Северном Кавказе комплексные ремонтно-восстановительные органы, сформированные на базе трех округов, позволили охватить ремонт и эвакуацией 80–90% бронетехники, вышедшей из строя [2].

В условиях современных войн, характеризующихся высокой интенсивностью и напряженностью боевых действий, а также ввиду роста технической и технологической сложности ВВТ вероятность выхода их из строя по боевым и техническим причинам существенно возрастает. Соответственно возрастает и важность своевременного и качественного технического обеспечения. Именно поэтому первоочередной задачей военного руководства страны является формирование эффективной, устойчивой и научно обоснованной системы технического обеспечения войск, соответствующей современным условиям ведения боевых действий.

Анализ существующих моделей оценки эффективности технического обеспечения

1 Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-359.2013.10.

войск показал, что существуют две основные группы моделей. К первой из них относятся имитационные модели. Подобные модели строятся на основе детального описания форм и способов боевого применения (функционирования) средств ведения вооруженного противоборства – систем, комплексов и образцов ВВТ [3, 4]. В теории вооружения имитационное моделирование наиболее распространено для воспроизведения различных видов боевых действий и операций, например, модели боя мотострелкового батальона, модели боя мотострелковой бригады и др. Модели крупного масштаба в большинстве случаев строят как аналитико-имитационные («человеко-машинные»), в которых обеспечивается варьирование исходных данных на основе оценки специалистами конечных или промежуточных результатов расчета. В процессе моделирования предусматривается возможность изменения не только параметров, но и самой модели на основе анализа получаемых результатов.

Основным достоинством имитационных моделей является обеспечение возможности детального «розыгрыша» отдельных боевых эпизодов вплоть до выявления конкретных характеристик ВВТ, в наибольшей степени влияющих на эффективность решения боевых задач. Однако обратной стороной таких возможностей является чрезвычайно большая размерность и сложность, а зачастую невозможность использования имитационных моделей при моделировании сложных надвидовых систем боевого назначения с различными уровнями агрегирования.

К другой группе моделей относятся расчетно-аналитические модели. Данные модели характеризуются глубокой степенью проработанности и учитывают специфические параметры для каждого вида (рода) войск [5-8]. Тем не менее, существующие модели оценки эффективности ТО различных подсистем вооружения, как правило, не имеют между собой функциональных и логических связей, методически несовместимы, используют раз-

личные критерии и методы оценок, и могут быть применены только для решения частных специальных задач исследования. Например, в работе [5] предложен подход к построению логико-аналитических моделей (на примере системы ПВО), где в качестве меры эффективности рассмотрены показатели, характеризующие степень достижения основных целей обороны по прикрытию объекта и отражению ударов противника в зависимости от уровня боевых возможностей системы обороны. В работе [6] при оценке эффективности функционирования системы МТО обеспечения сил ВМФ главным показателем эффективности выступает вероятность успешного выполнения всех поставленных задач в зависимости от затраченного времени и воздействия внешних факторов.

Для оперативного решения задач планирования и управления техническим обеспечением войск на надвидовом уровне необходимо иметь агрегированные модели, допускающие приближенную оценку эффективности системы ТО на различных уровнях управления. В то же время имитационные модели целесообразно использовать для получения статистической информации, необходимой для подготовки исходных данных, используемых в аналитических моделях (например, вероятности поражения цели, интенсивности поражающего действия, интенсивности выхода из строя ВВТ).

В данной статье рассматривается общий подход к созданию математической модели процесса восстановления ВВТ в ходе боевых действий тактического воинского формирования на примере танкового батальона. За основу предлагаемой модели выбраны математические модели технического обеспечения, позволяющие оценивать показатели, характеризующие боевые возможности воинских формирований, исправность и боеготовность их ВВТ, а также затраты, необходимые для осуществления мероприятий технического обеспечения на определенный период военного планирования в условиях мир-

ного времени [9-11]. Данные модели построены с использованием математического метода «динамики средних». Это обусловлено, с одной стороны, относительной простотой аналитического описания процессов функционирования сложных систем, а, с другой, – возможностью получения обобщенных вероятностных показателей эффективности функционирования этих систем [12]. Несмотря на то, что метод дает приближенные результаты, он обладает определенным достоинством: чем больше система имеет элементов (образцов ВВТ) и состояний, тем точнее результаты математического моделирования.

Отличительной особенностью предлагаемой модели является то, что в условиях боевых действий поток выхода из строя образцов ВВТ не является стационарным, а его функция интенсивности является разрывной и представляет собой импульсную функцию. Приближение такой функции постоянной величиной, вероятнее всего, даст значительные ошибки в оценке эффективности системы ТО. Кроме того, в модели учтены различные уровни сил и средств технического обеспечения ВВТ.

Постановка задачи. Однородное тактическое воинское формирование, на примере танкового батальона, на вооружении которого находятся N однородных образцов ВВТ, ведет боевые действия, включающие последовательность боев с периодичностью ψ при средней продолжительности боя τ . При ведении боя образцы ВВТ выходят из строя с определенной интенсивностью. Восстановление (ремонт) образцов ВВТ осуществляется силами технического обеспечения батальона (ремонтным отделением) либо силами технического обеспечения вышестоящего воинского формирования (бригады), в зависимости от степени повреждения. Восстановленные образцы ВВТ снова поступают в распоряжение танкового батальона. Образцы ВВТ, неподдающиеся восстановлению, остаются в подразделениях технического обеспечения бригады. Вероятности выхода из строя образцов ВВТ между боями, а также выхода из строя исправных, но небоеготовых

образцов ВВТ, находящихся в подразделении, ничтожно малы, поэтому в рассматриваемой задаче ими можно пренебречь.

Любой образец ВВТ, находящийся в танковом батальоне, может иметь следующие несовместные состояния [9, 10]:

S_0 – исправное (работоспособное), но небоеготовое состояние при нахождении его в воинской части;

S_1 – исправное и боеготовое¹ состояние при использовании его по назначению (состояние боя);

S_2 – неисправное состояние, требующее ремонт силами технического обеспечения батальона;

S_3 – неисправное состояние образца ВВТ, требующее ремонт силами бригады.

На рисунке 1 представлен граф возможных состояний образца ВВТ. Содержание ВВТ в определенном состоянии требует затрат материальных и трудовых ресурсов, которые могут быть выражены в единой стоимостной шкале затрат. В данной модели переходы из одного состояния в другое осуществляются с интенсивностями, которые зависят от воздействия внешней среды и управляющих воздействий со стороны системы управления.

На графе обозначены:

λ_{01} – интенсивность перехода ВВТ в боеготовое состояние;

λ_{10} – интенсивность перевода ВВТ в состояние постоянной готовности;

λ_{12} – интенсивность отказов образцов ВВТ, находящихся в состоянии боевой готовности (в условиях боя), ремонт которых осуществляется силами технического обеспечения батальона;

1 Под боеготовым состоянием понимается состояние образца ВВТ, определяющее степень его подготовленности к использованию при выполнении боевых задач. Оно определяется надежностью и величиной технического ресурса; наличием расчета (экипажа), боевого комплекта, средств транспортировки и обеспечения; укомплектованностью ЗИПом и эксплуатационной документацией.

λ_{13} – интенсивность отказов образцов ВВТ, находящихся в состоянии боевой готовности (в условиях боя), ремонт которых осуществляется силами технического обеспечения вышестоящего воинского формирования (бригады, полка);

μ_{20} – интенсивность восстановления ВВТ силами технического обеспечения батальона;
 μ_{30} – интенсивность восстановления ВВТ силами технического обеспечения вышестоящего воинского формирования (бригады, полка).

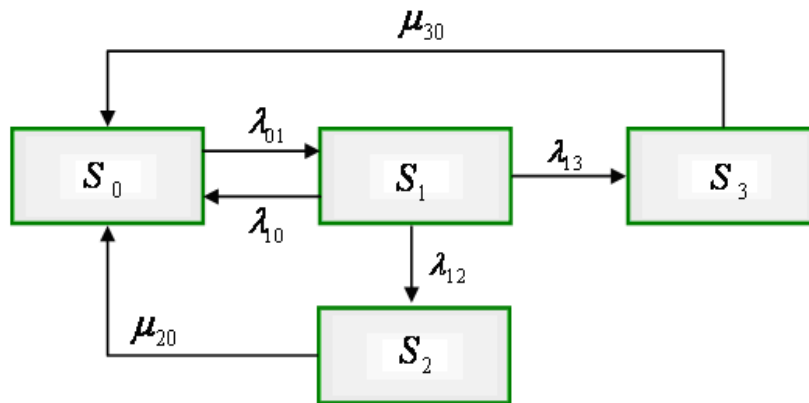


Рисунок 1 – Граф состояний образца ВВТ

Согласно условию задачи выход образцов ВВТ из строя осуществляется только в периоды ведения боя, поэтому функция интенсивности выхода из строя представляет собой периодическую импульсную функцию, которая зависит от продолжительности боя [13]. Таким образом, интенсивность отказов образцов ВВТ, находящихся в состоянии боевой готовности (в условиях боя), ремонт которых осуществляется силами технического обеспечения батальона, $\lambda_{12}(t)$ представляется следующим образом:

$$\lambda_{12}(t) = \begin{cases} \lambda_{12}, & t \in [t_{2k-2}; t_{2k-1}] \\ 0, & t \in [t_{2k-1}; t_{2k}] \end{cases}; k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

где $t_{2k-2} = t_{2k} - T$; $t_{2k} = k(\tau + T)$; $t_{2k+1} = t_{2k} + \tau$ – моменты разрывов функции интенсивностей;

τ – периодичность боя (выхода ВВТ из строя).

Таким же образом определяется интенсивность потока отказов образцов ВВТ, находящихся в состоянии боевой готовности (в условиях боя), ремонт которых осуществляется силами технического обеспечения вышестоящего воинского формирования (бригады, полка):

$$\lambda_{13}(t) = \begin{cases} \lambda_{13}, & t \in [t_{2k-2}; t_{2k-1}] \\ 0, & t \in [t_{2k-1}; t_{2k}] \end{cases}; k = 1, 2, \dots \quad (2)$$

В соответствии с графом состояний выпишем систему уравнений для средних численностей ВВТ определенного типа, находящихся в различных состояниях [12]:

$$\begin{aligned} \frac{dn_0(t)}{dt} &= -\lambda_{01}n_0(t) + \lambda_{10}n_1(t) + \mu_{20}n_2(t) + \mu_{30}n_3(t); n_0(0) = N_0; \\ \frac{dn_1(t)}{dt} &= -\lambda_{01}n_1(t) + \lambda_{01}n_0(t); n_1(0) = N_1; \\ \frac{dn_2(t)}{dt} &= -\mu_{20}n_2(t) + \lambda_{12}n_1(t); n_2(0) = N_2; \\ \frac{dn_3(t)}{dt} &= -\mu_{30}n_3(t) + \lambda_{13}n_1(t); n_3(0) = N_3; \\ n_0(t) + n_1(t) + n_2(t) + n_3(t) &= N(t). \end{aligned} \quad (3)$$

Система уравнений (3) не имеет поглощающих состояний, а также входных потоков интенсивности из внешних источников. Следовательно, система (3) является замкнутой, в которой суммарная численность ВВТ $N(t)$, находящихся в разных состояниях, является постоянной величиной. Вместе с тем, следует отметить, что не всегда имеется возможность восстановить технику, поэтому в состоянии S_3 будет накапливаться невосстанавливаемая техника (потери).

Для дальнейшего анализа систему дифференциальных уравнений (3) представим в виде дискретного процесса с интервалом дискретизации Δt , который задается из условия заданной точности решения задачи. Учитывая, что военные операции планируются с временем дискретизации 1 час, то целесообразно принять $\Delta t = 1$ час [3]. Последовательное интегрирование системы уравнений (3) на интервалах $t \in [t_{2k-2}; t_{2k-1}]$ и $t \in [t_{2k-1}; t_{2k}]$ приводит к системе разностных уравнений.

Интенсивности λ , μ определяются средним числом событий, происходящих на единицу времени и имеют размерность $\left[\frac{1}{\text{время}} \right]$.

При этом $\lambda_{01}, \lambda_{10}, \lambda_{12}$ и λ_{13} определяются на основе результатов моделирования боевых действий.

Интенсивность ремонта ВВТ μ зависит от времени обслуживания единицы техники и определяется как:

$$\mu_{20} = \frac{\Delta u_{20}}{n_2(t) \Delta t}, \quad \mu_{30} = \frac{\Delta u_3}{n_3(t) \Delta t}, \quad (4)$$

где Δu_2 – объем произведенного ремонта ВВТ силами МТО батальона за время Δt ;

Δu_3 – объем произведенного ремонта ВВТ силами МТО бригады за время Δt .

Свяжем с каждым состоянием затраты $C_j(t)$ ($j = \overline{0,3}$), необходимые для проведения мероприятий технического обеспечения. При этом:

$C_0(t)$ – то затраты на содержание ВВТ в режиме постоянной готовности;

$C_1(t)$ – затраты на содержание ВВТ в боеготовом состоянии;

$C_2(t)$, $C_3(t)$ – затраты на выполнение ремонта силами МТО батальона и бригады соответственно.

Все затраты целесообразно разделить на две группы. Первая группа включает текущие затраты, связанные с содержанием ВВТ в войсках. Это в первую очередь затраты, связанные с поддержанием инфраструктуры хранения техники, заработной платой обслуживающего персонала и использованием расходных материалов, необходимых для обслуживания ВВТ. Поэтому можно предположить, что затраты на содержание одного образца ВВТ в режиме хранения или ожидания ремонта одинаковы и линейно зависят от времени нахождения образца ВВТ в данном режиме

$$C_0(t) = c_0 \cdot t, \quad (5)$$

где c_0 – затраты в единицу времени.

Аналогичное допущение примем и для затрат при содержании ВВТ в боеготовом состоянии, но при более высокой их интенсивности:

$$C_1(t) = c_1 \cdot t, \quad c_1 > c_0.$$

Тогда величина затрат на содержание ВВТ в различных состояниях за время программного периода T составит:

$$C_c(T) = c_0 [n_0(T) + n_2(T) + n_3(T)] + c_1 n_1(T). \quad (6)$$

Вторая группа затрат включает затраты, связанные непосредственно с выполнением мероприятий по восстановлению ВВТ. Эти затраты будем полагать также линейными, но относительно численности восстанавливаемых образцов ВВТ. Пусть c_2, c_3 – затраты на ремонт ВВТ силами МТО батальона и бригады соответственно, приходящиеся на один образец ВВТ. Тогда полные затраты на ремонт за время T составят:

$$C_p(T) = c_2 n_2(T) + c_3 n_3(T). \quad (7)$$

Принятые выше допущения в основном соответствуют практике планирования материально-технического обеспечения ВВТ.

Сумма текущих и ожидаемых затрат характеризует полные затраты $C_{\Sigma}(T)$ на техническое обеспечение войск в течение рассматриваемого периода времени.

Полученная модель позволяет проводить анализ влияния основных параметров системы технического обслуживания батальона в условиях боевых действий на показатели эффективности системы МТО, основными из которых являются:

- коэффициент исправности ВВТ за время T :

$$\bar{K}_и = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K_и(t), K_и(t) = \frac{(n_0(t) + n_1(t))}{N}; \quad (8)$$

- коэффициент боеготовности ВВТ за время T :

$$\bar{K}_б = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K_б(t), K_б(t) = \frac{n_1(t)}{N}; \quad (9)$$

- удельные затраты на ремонт ВВТ:

$$\bar{C}_р = \frac{C_p(T)}{N \cdot T}, \quad (10)$$

где N – общая численность ВВТ (постоянная величина);

T – расчетный период эксплуатации.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий работоспособность разработанной модели при следующих исходных данных (таблица 1).

Таблица 1 – Исходные данные примера

Параметр	Обозначение	Значение
Шаг моделирования	Δt	1 час
Временной интервал моделирования	T	48 часов
Общая численность ВВТ	N	50
Начальная численность боеготового ВВТ	$n_2(0)$	40
Периодичность боя	$T + \tau$	12 часов
Средняя продолжительность боя	τ	3 часа
Интенсивность перевода ВВТ в боеготовое состояние	λ_{01}	0,2
Интенсивность перевода ВВТ в состояние постоянной готовности	λ_{10}	0,1
Интенсивность отказов ВВТ, подлежащих ремонту силами МТО батальона	λ_{12}	0,1
Интенсивность отказов ВВТ, подлежащих ремонту силами МТО бригады	λ_{13}	0,2
Интенсивность потерь	λ_3	0,1
Интенсивность восстановления ВВТ силами МТО батальона	μ_{20}	0,1
Интенсивность восстановления ВВТ силами МТО бригады	μ_{30}	0,15
Стоимость содержания одного образца ВВТ в части	C_1	0,2 усл. ед.
Стоимость содержания одного образца ВВТ в части в боеготовом состоянии	C_2	0,3 усл. ед.
Стоимость ремонта в подразделении	C_3	2 усл. ед.
Стоимость ремонта в бригаде	C_4	3 усл. ед.

На рисунках 2-3 показаны графики динамики изменения исправности парка ВВТ и боеготовности ВВТ при различной средней продолжительности боев τ и их периодичности $T + \tau$. В первом случае (рисунок 2):

$\tau = 3$ часа, $T + \tau = 12$ часов. Во втором случае рассмотрен пример, в котором средняя продолжительность боя в три раза меньше $\tau = 1$ час, при увеличении периодичности боев в 3 раза: $T + \tau = 4$ часа.

В первом и во втором случае средний коэффициент исправности ВВТ за время T составил $\bar{K}_и=0,6$, а коэффициент боеготовности $\bar{K}_б=0,46$. При этом в момент окончания рассматриваемого периода в первом случае $K_и(T)=0,62$, а во втором $K_и(T)=0,52$ (рису-

нок 4), что говорит в пользу первого варианта. Однако минимальная интенсивность в первом случае $\min(K_и(t))=0,36$, а во втором $\min(K_и(t))=0,42$, что может быть критично при ведении боевых действий.

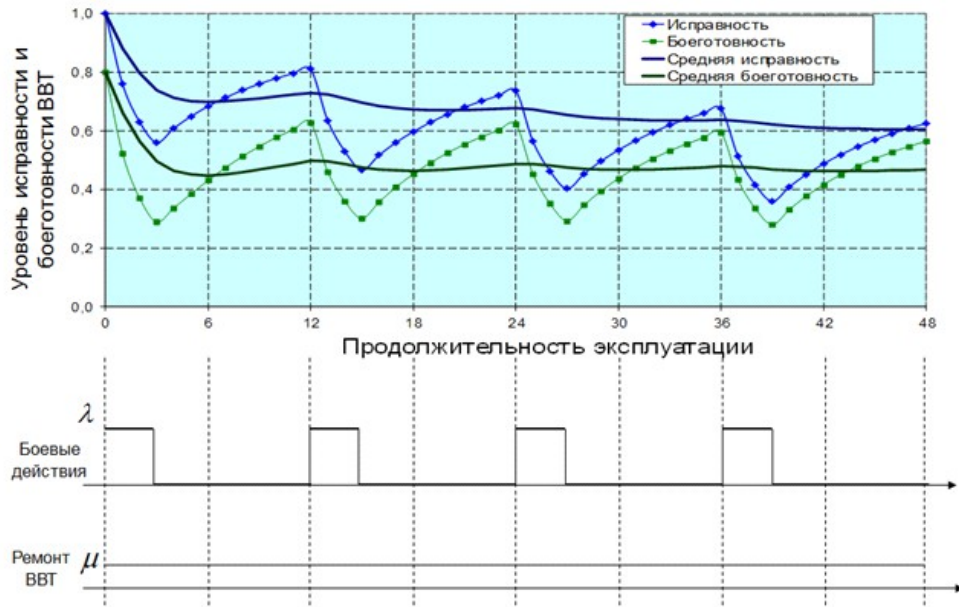


Рисунок 2 – Динамика изменения коэффициента исправности и боеготовности парка ВВТ при $\tau=3$ часа

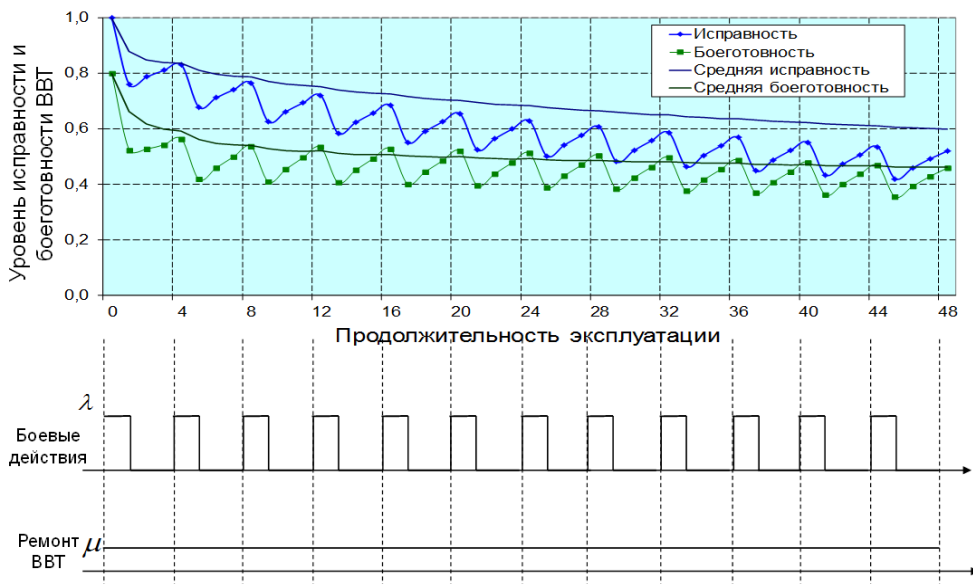


Рисунок 3 – Динамика изменения коэффициента исправности и боеготовности парка ВВТ при $\tau=1$ час

В первом и во втором случае средний коэффициент исправности ВВТ за время T составил $\bar{K}_и=0,6$, а коэффициент боеготовности

$\bar{K}_б=0,46$. При этом в момент окончания рассматриваемого периода в первом случае $K_и(T)=0,62$, а во втором $K_и(T)=0,52$ (рису-

нок 4), что говорит в пользу первого варианта. Однако минимальная интенсивность в первом случае $\min(K_{и}(t))=0,36$, а во втором $\min(K_{и}(t))=0,42$, что может быть критично при ведении боевых действий.

На рисунке 5 показаны графики динамики изменения текущих затрат на техническое обеспечение батальона в динамике заданно-

го временного интервала T для рассмотренных примеров. Удельные затраты на ремонт ВВТ в первом и во втором случае приблизительно одинаковы $\bar{C}_p=0,29$ у.е. на единицу образца ВВТ за один час, однако по-разному распределены во времени, что обусловлено различной интенсивностью восстановления ВВТ по времени.

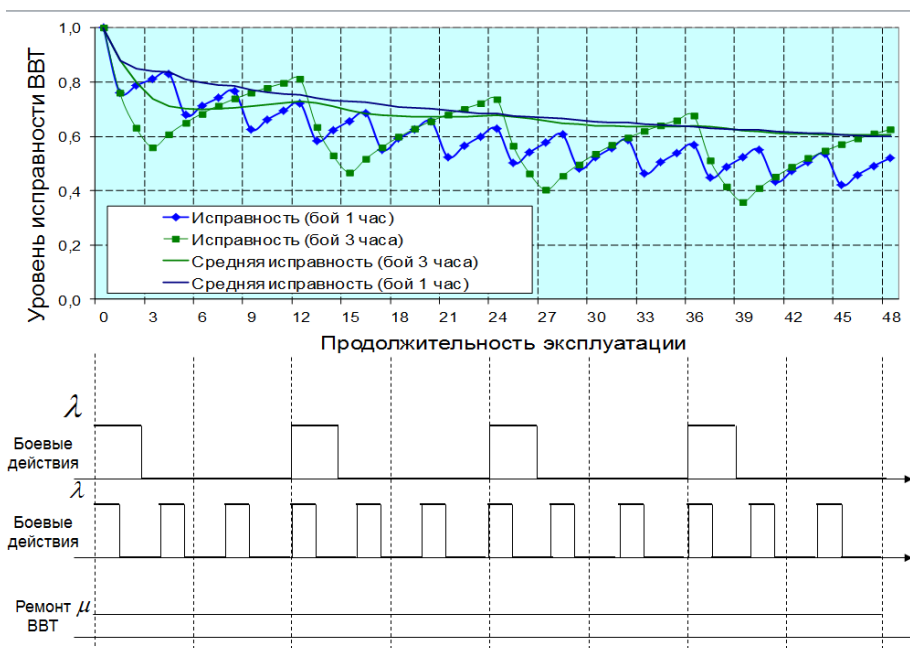


Рисунок 4 – Динамика изменения коэффициента исправности ВВТ при различной средней продолжительности боев и их периодичностью

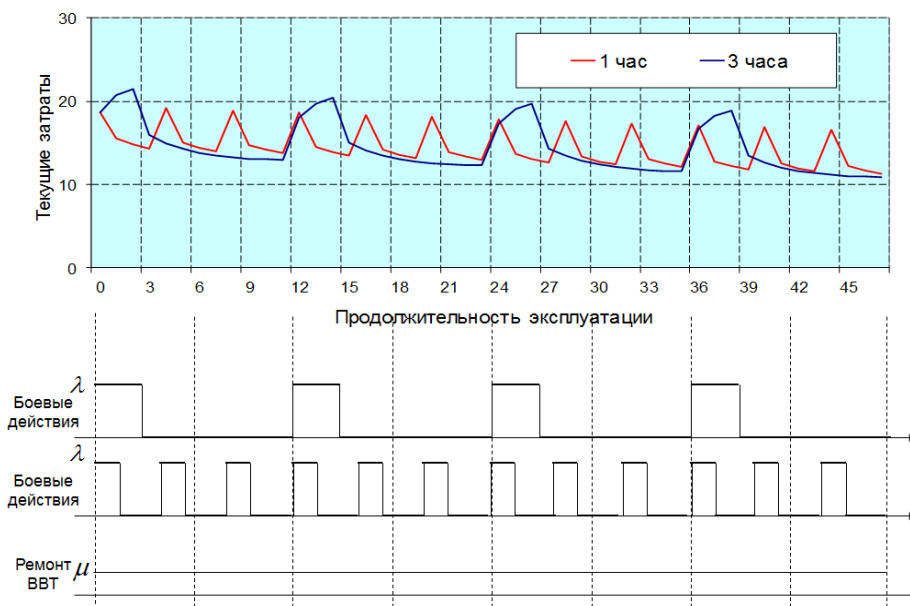


Рисунок 5 – Динамика изменения текущих затрат на техническое обеспечение ВВТ батальона в односменном и двухсменном режимах работы

В другом примере показано, как изменяются в динамике показатели исправности ВВТ и удельные затраты на восстановление ВВТ при различных вариантах восстановления ВВТ. При первом варианте интенсивность восстановления ВВТ силами технического обеспечения батальона $\mu_{20}=0,1$ (соответствует ранее рассмотренному примеру), во втором $\mu_{20}=0,3$, что соответствует усилению сил ТО батальона за счет дополнительных резервов (например, соседнего батальона). В третьем

варианте дополнительные силы ТО подключаются в случае, когда исправность падает ниже 60%, то есть $\mu_{20}=0,3$, если $\overline{K_{И}} < 0,6$, в противном случае $\mu_{20}=0,1$. Это соответствует ситуационному управлению процессом восстановления ВВТ. Четвертый вариант соответствует полному отсутствию мероприятий по восстановлению ВВТ: $\mu_{20}=0, \mu_{30}=0$.

На рисунке 6 показаны графики динамики изменения исправности парка ВВТ при различных вариантах восстановления.

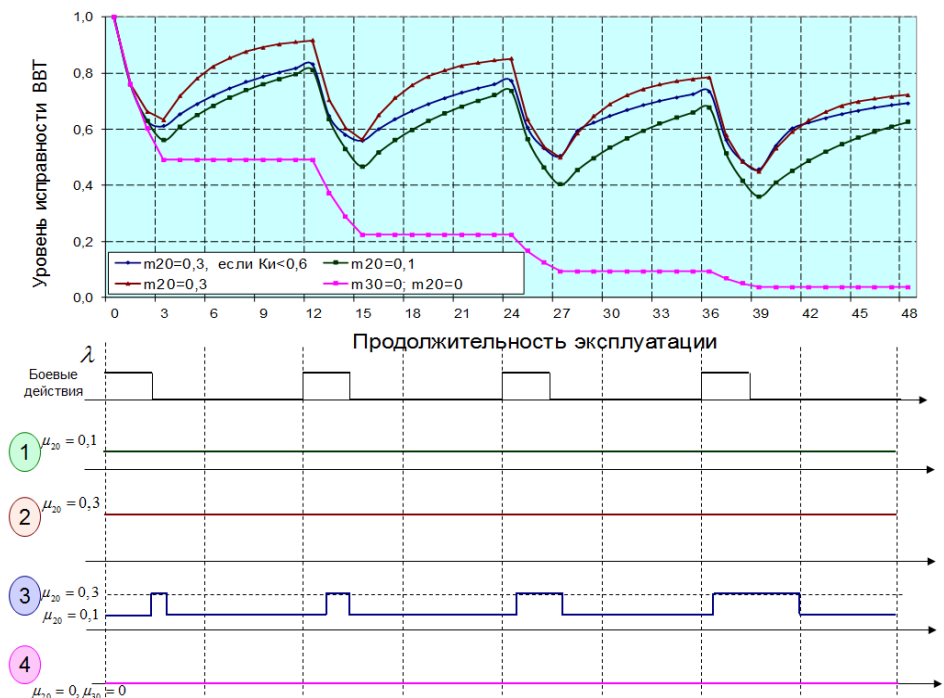


Рисунок 6 – Динамика изменения исправности парка ВВТ при различных вариантах восстановления ВВТ

На рисунках 7, 8 показаны динамики изменения текущих затрат и суммарных затрат соответственно на техническое обеспечение

батальона в динамике заданного временного интервала T .

Таблица 2 – Результаты моделирования

Показатель	$\mu_{20}=0,1$	$\mu_{20}=0,3$	$\mu_{20}=0,3$ при $\overline{K_{И}} < 0,6$	$\mu_{20}=0$
Коэффициент исправности $\overline{K_{И}}$	0,60	0,71	0,67	0,23
Коэффициент боеготовности $\overline{K_{Б}}$	0,46	0,55	0,52	0,17
Удельные затраты $\overline{C_p}$	0,29	0,34	0,32	0,18

В таблице 2 отражены результаты оценки рассматриваемых вариантов ТО по показателям,

характеризующим исправность, боеготовность и затраты на ТО, рассчитанные по

формулам (8), (9), (10) соответственно. На рисунке 9 представлены графики уравнений зависимости показателей исправности и боеготовности от затрат на ТО. Полученные зависимости позволяют определять величину затрат на ТО при обеспечении заданного уровня ис-

правности и боеготовности ВВТ тактического воинского формирования в условиях боевых действий, или, наоборот, проводить оценки уровня боеготовности и исправности ВВТ при заданном лимите ассигнований на проведение мероприятий по ТО.

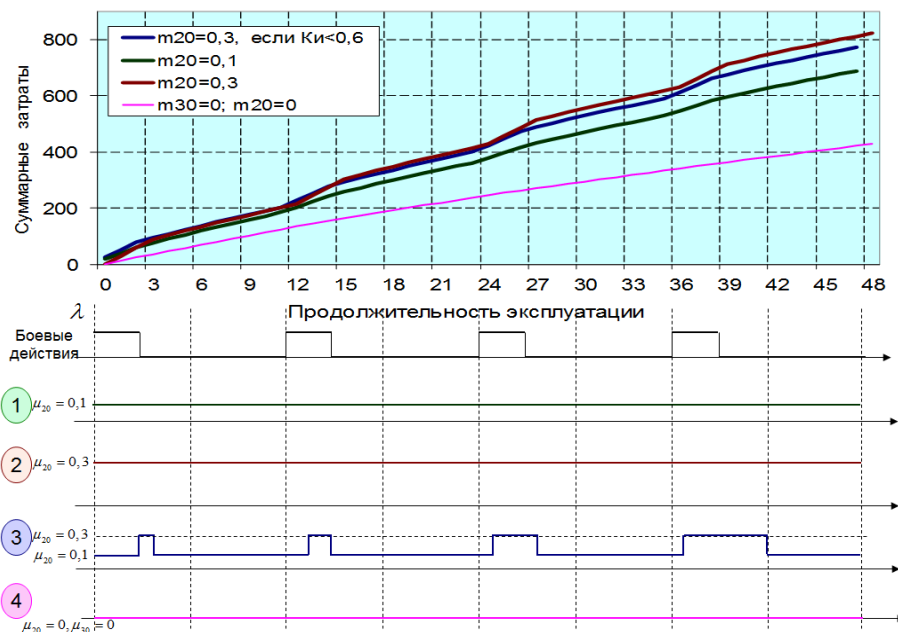


Рисунок 7 – Динамика изменения текущих затрат на техническое обеспечение ВВТ батальона при различных вариантах восстановления ВВТ

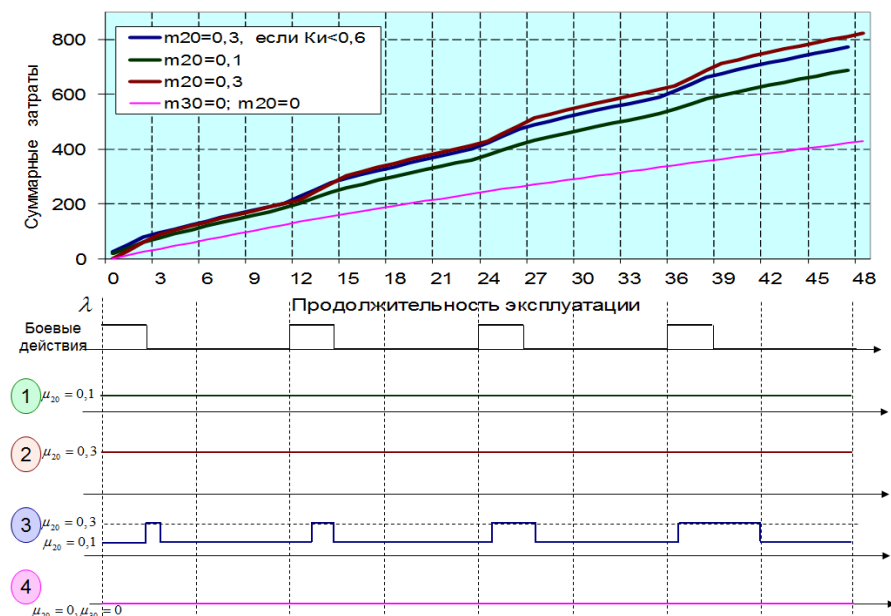


Рисунок 8 – Динамика изменения суммарных затрат на техническое обеспечение ВВТ батальона при различных вариантах восстановления ВВТ

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет моделировать процесс восстановления ВВТ в ходе боевых дей-

ствий тактического воинского формирования и проводить оценку эффективности системы технического обеспечения войск по показа-

телям, характеризующим уровни боеготовности и исправности войск, а также затрат, необходимых для осуществления технического обеспечения в условиях боевых действий. При этом в модели использованы периодические импульсные функции интенсивностей выхода из строя образцов ВВТ, которые зави-

сят от периодичности и продолжительности боевых действий. Полученная модель может быть использована как для анализа системы технического обеспечения, так и для решения оптимизационных задач управления техническим обеспечением [14, 15].

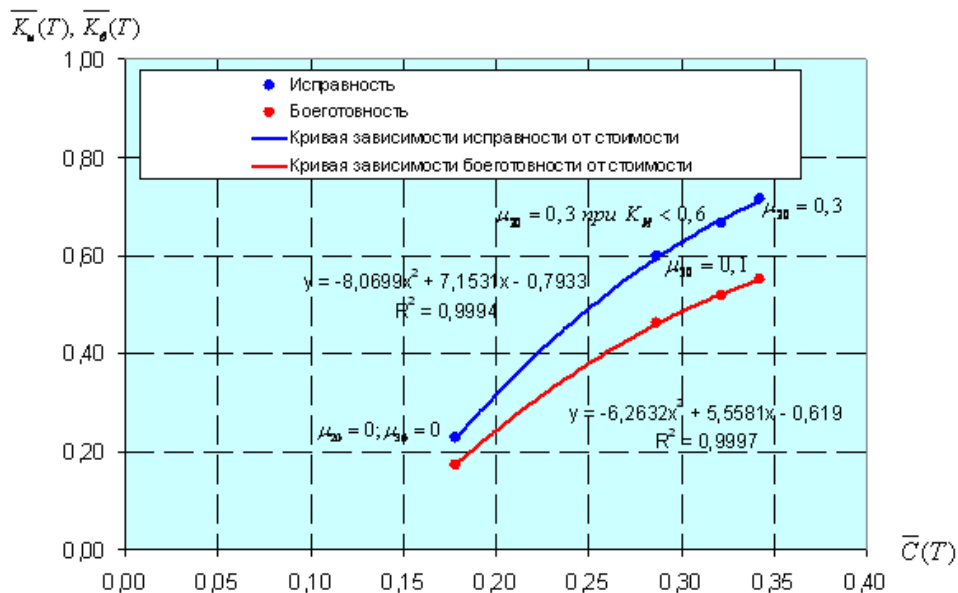


Рисунок 9 – Характеристика результатов моделирования при различных вариантах восстановления ВВТ

Вместе с тем, следует отметить, что предложенная модель является одноканальной, что во многом облегчает ее математическое описание. Однако при проектировании воинских подраз-

делений более высокого уровня, например, бригады, могут возникнуть сложности в моделировании, поскольку появляется несколько каналов обслуживания заявок.

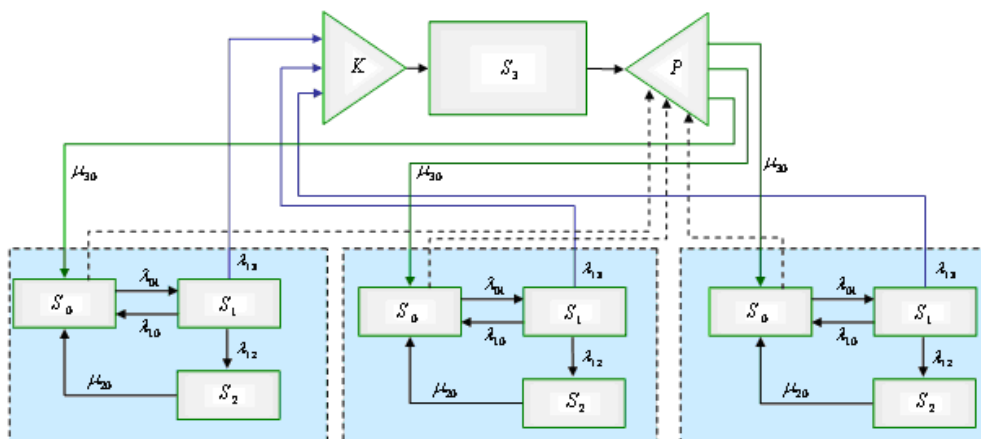


Рисунок 10 – Обобщенный граф состояний образца ВВТ

На рисунке 10 отображен обобщенный граф состояний образца ВВТ при моделировании тактического воинского формирования,

содержащего в себе три воинские формирования более низкого уровня (например,

танковая бригада, состоящая из трех танковых батальонов).

В состоянии S_3 (неисправное состояние образца ВВТ, требующее ремонт силами бригады) приходит три независимых потока неисправного ВВТ, которые аккумулируются через концентратор K . Выходной поток восстановленного ВВТ поступает в управляемый распределитель P , который распределяет образцы ВВТ по батальонам в зависимости от

значений показателей $\overline{K}_И$ и $\overline{K}_Б$ каждого из них (пунктирными линиями на рисунке).

Таким образом, предложенный в данной статье подход к созданию математической модели процесса технического обеспечения может быть распространен на всю систему технического обеспечения ВС РФ. Результаты исследований многоканальных моделей технического обеспечения тактических, оперативно-тактических и оперативных воинских формирований будут более подробно описаны в следующих статьях.

Список использованных источников

1. Методология программно-целевого планирования развития системы вооружения на современном этапе / В.М.Буренок и др.; под ред. В.М.Буренка. – М.: Граница, 2013. – 520 с.
2. Материально-техническое недоразумение // Независимое военное обозрение. – 2013. – № 758.
3. Татарченко П.Н., Кунцев Л.Н., Мещеряков Г.А. Математические модели боевых действий. – М.: Советское радио, 1969.
4. Выпасняк В.И., Калиновский Д.Б., Тиханычев О.В. Моделирование вооруженного противоборства: перспективы развития // Военная мысль. – 2007. – № 7.
5. Горевич Б.Н. Методический подход к оценке эффективности обороны объектов (на примере ПВО) // Военная мысль. – 2009. – № 1.
6. Сидоренко К.П., Руссу А.Б. Модель оценки эффективности функционирования системы материально-технического обеспечения Сил ВМФ // Морская радиоэлектроника. – 2011. – № 4(38).
7. Грудинин И.В., Кумакшев М.Н., Соколов М.В. Способы определения рациональной структуры системы управления техническим обеспечением боевых действий войск ПВО // Радиопромышленность. – 2009. – № 1. – С. 40-51.
8. Поляков С.А. Методический подход к оптимизации управления материально-техническим обеспечением войск (сил) // Армия и общество. – 2008. – № 2. – С. 82-87.
9. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Модель технического обеспечения войск // Вооружение и экономика. – 2010. – № 2(10).
10. Пьянков А.А. Экономико-математическая модель системы ремонта вооружения и военной техники в современных условиях // Вооружение и экономика. – 2013. – № 3(24).
11. Горевич Б.Н. Анализ возможностей системы восстановления вооружения и военной техники в новом облике Вооруженных Сил // Военная мысль. – 2010. – № 1.
12. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1991.
13. Буравлев А.И. Анализ систем массового обслуживания с разрывными функциями интенсивностей потоков // Вооружение и экономика. – 2012. – № 3(19).
14. Пьянков А.А. Использование методов многокритериального выбора в задачах программно-целевого планирования // Вооружение и экономика. – 2013. – № 1(22).
15. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Модель управления техническим обеспечением войск // Вооружение и экономика. – 2011. – № 4(16).

Е.В.Горгола, доктор экономических наук,
профессор
В.А.Кваша, кандидат экономических
наук, доцент

Развитие военно-экономической науки в эпоху сетевых войн

Возникновение и развитие постиндустриального общества изменило методологический подход к достижению военно-политических целей и привело к возникновению концепции ведения боевых действий на основе «операций базы эффектов», которые связаны не с фронтальным столкновением противоборствующих группировок войск, а с моделированием поведения противостоящих вооруженных сил, населения, политических элит и руководства страны на основе активного использования возможностей тотального сетевого информационного воздействия.

Развитие военного дела на протяжении всей истории человечества всегда выступало противоречивым фактором прогресса общества: с одной стороны, оно инициировало и подталкивало научно-технический прогресс, а с другой – отбрасывало разрушенные страны на десятилетия назад; с одной стороны, заставляло человека быстро самосовершенствоваться, а с другой – тормозило социальный прогресс. Третье тысячелетие переносит это противоречие на новый уровень.

Традиционное представление о военных действиях непосредственно связано с такими понятиями, как фронт и армия. Собственно само боевое соприкосновение происходило лобовым образом – противники непосредственно осуществляли огневое поражение друг друга, а победа доставалась тому, у кого вооружение и техника были более совершенны, лучше обучен личный состав, или тому, у кого имелся численный перевес. Сама победа измерялась количеством потерь с той или иной стороны и установлением военного контроля над захваченной территорией – с другой. Все эти категории относятся к войнам эпохи модерна.

Возникновение и развитие постиндустриального общества в наиболее развитых странах связано с наступлением информационной эпохи, эпохи постмодерна, когда концептуально изменяется сам подход к достиже-

нию военно-политических целей. Для наглядности это можно представить схематически: устройство национального государства рассматривается стратегами сетевых войн в виде концентрических кругов. В центре находится национальный лидер, как правило, глава государства, вокруг него располагаются политические элиты. Следующим кругом является экспертное сообщество, формирующее политические смыслы и интерпретации, и медиапространство, переводящее все на язык масс.

Следующий слой – это сами массы: общество, население страны. А снаружи – внешний слой: располагается армия, вооруженные силы как средство защиты всей этой концентрической конструкции. Эта схема впервые была предложена американским стратегом, одним из разработчиков теории сетецентричных войн Джоном Уордоном, полковником вооруженных сил США. Впоследствии она была заимствована технологами гуманитарных социальных трансформаций¹.

1 См. например Arquilla J. Ronfeldt D.F. The emergence of noopolitik: toward an American information strategy. Rand Corporation, 1999; Arquilla J. Ronfeldt D.F. Networks and netwars: the future of terror, crime, and militancy. Santa Monica: Rand Corporation, 2001; Ce-browski A.K. and Garstka J.J. Network-Centric Warfare: Its Origin and Future. Proceedings (January 1998) и др.

При таком подходе основой стратегии, которая получила название *Effects-based operations* (операции, основанные на эффектах или «на базе эффектов» – ОБЭ), является осуществление агрессии в отношении такой модели государства не извне, то есть не против вооруженных сил, не напрямую «лобовым образом». Более эффективной становится так называемая концепция ведения войны «изнутри наружу».

Это важнейшая концепция в данной теории. ОБЭ определяются как «совокупность действий, направленных на формирование модели поведения друзей, нейтральных сил и врагов в ситуации мира, кризиса и войны»¹. Иными словами, ОБЭ – это такое качественное влияние на среду, при котором участникам ничего не навязывается прямым образом, но при этом они делают то, что хотят сетевики, выстраивающие эту модель управления.

ОБЭ предполагает преднамеренное установление эффективного контроля над всеми участниками актуальных или возможных боевых действий и тотальное манипулирование ими во всех ситуациях – и тогда, когда война ведется, и тогда, когда она назревает, и тогда, когда царит мир. В этом вся суть сетевой войны – она не имеет начала и конца, она ведется постоянно, и ее цель обеспечить тем, кто ее ведет, способность всестороннего управления всеми действующими силами человечества. Это означает, что внедрение сети представляет собой лишение стран, народов, армий и правительств мира какой бы то ни было самостоятельности, суверенности и субъектности, превращение их в жестко управляемые, запрограммированные механизмы².

1 Цит. по: Edward A. Smith, Jr. *Effects based Operations. Applying Network centric Warfare in Peace, Crisis and War*, Washington, DC: DoD CCRP, 2002.

2 Arquilla J. Ronfeldt D.F. *The emergence of noopolitik: toward an American information strategy*. Rand Corporation, 1999; Arquilla J. Ronfeldt D.F. *Networks and netwars: the future of terror, crime, and militancy*. Santa Monica: Rand Corporation, 2001; Cebrowski A.K. and Garstka J.J. *Network-Centric Warfare: Its Origin and Future*. Proceedings (January 1998).

В понимании сегодняшних архитекторов мирового порядка за скромной «технической» аббревиатурой ОБЭ стоит план прямого планетарного контроля, глобального господства нового типа, когда управлению подлежат не отдельные субъекты, а их содержание, их мотивации, действия, намерения и т.д. Это проект глобальной манипуляции и тотального контроля в мировом масштабе, что видно из определения ОБЭ. Задачей такой «операции» является формирование структуры поведения не только друзей, но и нейтральных сил и врагов, т.е. и враги, и занимающие нейтральную позицию силы, по сути, заведомо подчиняются навязанному сценарию, действуют не по своей воле, но по воле тех, кто осуществляет ОБЭ, т.е. США. Если враги, друзья и нейтральные силы в любом случае делают именно то, чего хотят от них американцы, они превращаются в управляемых (манипулируемых) марионеток заведомо – еще до того, как следует окончательное поражение. Это выигрыш битвы до ее начала. Цель сетевых войн – абсолютный контроль надо всеми участниками исторического процесса. И здесь необязательна прямая оккупация, массовый ввод войск или захват территорий. Армейские действия и собственно военные затраты излишни. Сеть – более гибкое оружие, она манипулирует насильем и военной силой только в крайних случаях, и основные результаты достигаются в контекстуальном влиянии на широкую совокупность факторов – информационных, социальных, когнитивных и т.д. При этом военная сила, если и применяется, то лишь точно, дозированно, или как фактор демонстрации и устрашения.

Кроме того, сеть представляет собой новое пространство: информационное пространство, в котором и разворачиваются основные стратегические операции как разведывательного, так и военного характера, а также их медийное, дипломатическое, экономическое и техническое обеспечение. Сеть в таком широком понимании включает в себя различные составляющие, которые ранее

рассматривались строго раздельно. Боевые единицы, системы связи, информационное обеспечение операций, формирование общественного мнения, дипломатические шаги, экономическая политика, социальные процессы, разведка и контрразведка, этнопсихология, религиозная и коллективная психология, военно-экономическое и военно-техническое обеспечение, академическая наука, технические инновации и т.д. – все это отныне видится как взаимосвязанные элементы единой «сети», между которыми должен осуществляться постоянный информационный обмен.

Следует заметить, что в сетевой войне предпочтительны не прямые и асимметричные методы воздействия. Как отмечается в концепции, в сетевой войне могут применяться такие формы операций, как восстание, сопротивление восстанию, нестандартная война, террор, сопротивление террору, обеспечение безопасности в другой стране, стабилизация, переходные процессы и восстановление, стратегические связи, психологическая борьба и информационная война. Влиять на иностранные правительства и общества в рамках сетевой войны – это тонкая, многоаспектная и многопрофильная деятельность. Ведение подобной войны только военными средствами неизбежно приводит к провалу. Сетевая война связана с народами. Исход такой войны зависит не от военных средств и методов, а от понимания и манипулирования социальной динамикой. Еще одним плюсом использования концепции сетевых войн, которые непосредственно работают с населением, является то, что в момент реализации этих стратегий у стороны, против которой они реализуются, нет причины, нет повода и оснований для использования ядерного оружия.

Если в стране начнутся социальные волнения, когда несогласные выходят на площади и проводят массовые акции, то возможность применения ядерного оружия здесь необосновано ни с какой стороны. Даже если найдена сила, которая дала старт этим про-

цессам, даже если есть уверенность, что все это происходит неслучайно, если даже достоверно установлено, что волнения и требования ухода в отставку лидеров государства имеют искусственное происхождение и центр их инициирования находится в конкретной стране, использование ядерного потенциала будет носить неправомерный характер и выглядеть как агрессия. Это будет явно неадекватным ответом. Поэтому здесь нет возможности его использовать, а это единственное, чего реально боятся американцы.

Таким образом, *наличие ядерного зонтика и поддержание его на уровне современных требований в условиях крайне нестабильной многополярности мировых интересов уже не может служить гарантией суверенитета и территориальной целостности.*

Необходимо отметить, что к этим выводам и теоретическим построениям американские политики и военные пришли в результате обобщения опыта холодной войны против СССР. На первом этапе (80-е – начало 90-х) сетевые войны рассматривались как дополнение обычных форм ведения холодной войны и как чисто теоретические разработки. Лишь с началом третьего тысячелетия они стали превращаться в самостоятельное явление. СССР, не догадываясь об этом, с конца 70-х годов становился объектом все более и более интенсивных и эффективных сетевых атак со стороны США и Западной Европы. Падение СССР стало результатом успеха сетевой войны. Само появление РФ и других республик СНГ есть зримый результат эффективности сетевых войн.

США не могли победить СССР ни в военном столкновении, ни в прямой идеологической борьбе, ни путем лобового противоборства спецслужб. Иерархические структуры СССР были достаточно эффективно защищены от этого. Тогда был задействован главный принцип сетевых стратегий: неформальное проникновение, поиск слабых, неопределенных, энтропических составляющих советской иерархии. СССР свернула не контрсила, не ан-

тисоветская организация, но грамотно организованная, манипулируемая и мобилизованная «энтропия». В еще большей степени объектом сетевой войны стала Россия в 90-е годы. Этому, безусловно, способствовало втягивание страны в глобализационные процессы, проникновение в страну и в сознание граждан воздействий глобальной сети. И это воздействие не ослабевает, а наращивается и в настоящее время.

Сегментами этой глобалистской сети выступает как прямое проамериканское лобби экспертов, политологов, аналитиков, технологов, которые окружают власть плотным кольцом, так и многочисленные американские фонды, которые все еще активно действуют на территории России, подключая к своей сети интеллектуальную элиту. Представители крупного российского капитала и высшего чиновничества естественным образом интегрируются в западный мир, где хранят свои сбережения. Средства массовой информации массировано облучают читателей и телезрителей потоками визуальной и смысловой информации, выстроенной по американским лекалам. И большинство этих процессов невозможно квалифицировать как действия «внешней агентуры», как это было в индустриальную эпоху. К сожалению, технологии информационного века не улавливаются классическими системами и методиками индустриальных спецслужб.

Концептуальные мотивы внедрения сетевого подхода в военную политику США

Мотивами перехода ВС США к сетевым моделям являются:

- расширение влияния США, круга союзников и друзей;
- внушение всему миру мысли об отказе и бессмысленности военной и политической конкуренции с США;
- предупреждение угроз и агрессивных действий против США;

- обеспечение быстрой и решительной победы над противником в случае возникновения угроз;

- реализация конкретных преимуществ, которые дает сетевой подход тем, кто опережает всех в его внедрении, а именно :

а) лучшая синхронизация событий и их последствий на поле боя;

б) достижение большей скорости передачи команд;

в) максимизация жертв среди противников, сокращение жертв среди собственных войск, повышение самостоятельности и личной ответственности военных за результат во время проведения военной операции и подготовки к ней.

Сферы ведения сетевых войн

Теория сетевых войн утверждает, что современные конфликты развертываются в четырех смежных областях человеческой деятельности: в физической, информационной, когнитивной (рассудочной) и социальной. Каждая из них имеет важное самостоятельное значение, но решающий эффект в сетевых войнах достигается синергией (однаправленным, умноженным, согласованным действием) всех этих элементов¹.

1. *Физическая область* – это та область, в которой боевые действия развертывались преимущественно в прежние эпохи. Она не отменяется сетевыми войнами, но ей придается иной смысл. Это реализация традиционных методов ведения войны. В сегодняшних реалиях это означает, что в эпоху сетевых войн никто не отменяет политические организации, движения и людей. И если раньше война в основном зависела от боевой (физической) мощи армии и ее успехов в физическом противостоянии с противником, то сейчас это лишь одна из четырех областей противоборства.

1 Arquilla J. Ronfeldt D.F. Networks and netwars: the future of terror, crime, and militancy. Santa Monica: Rand Corporation, 2001.

2. *Информационная область* – сфера, в которой создается, обрабатывается и передается информация. В результате возникает информсфера, в которой выигрываются или проигрываются современные войны. Если о той или иной операции не сообщили по телевидению, не дали репортаж в СМИ, то этой операции как бы не существует, она отсутствует в информационной картине дня, а значит, может не учитываться. И наоборот: в роли агрессора против Грузии в 2008 году мировые СМИ выставили Россию при ее полной информационной изоляции.

3. *Когнитивной областью* является сознание бойца. Она является тем пространством, где преимущественно осуществляется ОБЭ. Все основные войны и битвы разворачиваются и выигрываются именно в этой сфере. Именно в когнитивной области располагаются такие явления, как намерение(замысел) командира, доктрина, тактика, техника и процедуры. Сетецентричные войны придают этому фактору огромное значение, хотя процессы, происходящие в этой сфере, измерить значительно сложнее, чем в физической области. Но их ценность и эффективность подчас намного важнее.

4. *Социальная область* представляет собой поле взаимодействия людей. Здесь преобладают исторические, культурные, религиозные ценности, психологические установки, этнические особенности. В социальном пространстве разворачиваются отношения между людьми, выстраиваются естественные иерархии в группах – лидеры, ведомые, пассивные массы и т.д., складываются системы групповых отношений. Социальная область является контекстом сетевых войн, который следует принимать во внимание самым тщательным образом.

5. *Синергетический эффект пересечения сфер*. Войны информационной эпохи основаны на сознательной интеграции всех четырех областей. Путем их избирательного наложения и создается сеть, которая лежит в основе ведения военных действий. Речь идет о том,

что война в сетевом смысле выигрывается на четырех уровнях, из этого и складывается сетевое управление.

Сферы пересечения этих областей имеют принципиальное значение. Настройка всех факторов сети в гармоничном сочетании усиливает военно-политический эффект от действий вооруженных сил, в то время как прямые действия, направленные против противника, хоть и расстраивают его ряды, но при этом разводят эти области между собой, исключая, тем самым, важнейший фактор превосходства. И хотя сам сетевой подход был позаимствован из концепции сетецентрической организации собственно боевых действий, сами боевые действия становятся либо второстепенным дополнением к уже реализованным мероприятиям в других сферах, либо ограничиваются демонстрацией силы, фактором устрашения.

Основные принципы сетевых операций

1. *Достижение информационного превосходства:*

а) искусственное увеличение потребности противника в информации и одновременное сокращение для него доступа к ней;

б) обеспечение широкого доступа к информации резидентов через сетевые механизмы и инструменты обратной связи, надежная защита их от внедрения противника;

в) сокращение собственной потребности в статичной информации через обеспечение доступа к широкому спектру оперативного и динамичного информирования¹.

2. *Обеспечение всеобщей осведомленности:*

а) построение интегральной информационной сети, выстраиваемой и постоянно обновляемой через сырые и обработанные данные, поставляемые разведкой и иными инстанциями;

1 Burke M. Information Superiority, Network Centric Warfare and the Knowledge Edge. DSTO Electronics and Surveillance Research Laboratory, Salisbury, Australia, 2000.

б) превращение пользователей информации одновременно в поставщиков информации, способных незамедлительно активировать обратную связь;

в) максимальная защита доступа к этой сети от противника с одновременной максимальной доступностью ее для подавляющего числа резидентов¹.

3. *Управление через замысел командира.* В сетевых войнах понятие намерение командира (англ. commander's intent) призвано заменить собой традиционную форму приказа.

В сетевой структуре важной составляющей является уход от иерархического управления, отказ от прямых приказов. Намерения командира – это управление через систему намеков, считывания конечного замысла командира подчиненными. Подчиненные же решают поставленные перед ними задачи, оценивая возможности, с долей автономности в принятии решений. Результатом чего является освобождение командира от ответственности за отдаваемые приказы, подчиненных – за их исполнение, а в целом – повышение эффективности проведения операций. По сути дела, это отдавание приказаний с помощью намеков. Намек становится главной формой управления войной. Эффективность армии, управляемой намеками, еще и в том, что намек нельзя перехватить².

4. *Повышение скорости командования.* Скорость командования должна быть увеличена в критической пропорции, чтобы:

– через адаптацию к условиям боя сокращать скорость принятия решений и их передачи, переводя это качество в конкретное оперативное преимущество;

– в ускоренном темпе блокировать реализацию стратегических решений противника и

обеспечить заведомое превосходство в соревновании на уровне решений.

Скорость командования в сетевых войнах должна повышаться до невероятных размеров. Смысл ускоренного командования заключается в том, что если одна из противоборствующих сил выполняет приказ быстрее, она лучше и результативнее выполняет поставленную задачу. Для того, чтобы повысить скорость командования, американцы идут на различные ухищрения. В том числе на «разгерметизацию» разведанных (обмен закрытой информацией среди спецслужб).

5. *Самосинхронизация* (англ. selfsynchronization) призвана обеспечить возможность базовых боевых подразделений действовать практически в автономном режиме, самим формулировать и решать оперативные задачи на основе всеобщей осведомленности и понимания намерения командира. Для этого следует:

а) усилить значение инициативы для повышения общей скорости ведения операции;

б) соучаствовать в реализации намерения командира, где намерение командира отличается от формального приказа и представляет собой осознание скорее финального замысла операции, нежели строгое следование буквальной стороне приказа;

в) быстро адаптироваться к важным изменениям на «поле битвы» и устранить логику пошаговых операций традиционной военной стратегии³.

Самосинхронизация означает, что базовое подразделение само формулирует и решает тактические боевые задачи на основе всеобщей осведомленности. Каждая ячейка, действующая в рамках сети, сама способна поставить себе цель.

1 McCormick J.M. Achieving battlespace awareness in network-centric warfare by integrating web and agent technologies // Battlespace Digitization and Network-Centric Systems IV. Edited by Suresh, Raja. Proceedings of the SPIE, Volume 5441, 2004. P. 61-68.

2 Forgues P. Command in a network-centric warfare // Canadian Military Journal. Summer 2001. P. 23-30.

3 Hutchins, S. G., Kleinman, D. L., Hovevar, S. P., Kemple, W. G., and Porter, G. R. Enablers of Self-synchronization for Network-Centric Operations: Design of a Complex Command and Control Experiment // Proceedings of the 6th international command and control research and technology symposium, CCRP, Annapolis, MD, USA, 2001.

б. *Распределенные силы.* Задача сетечентричных войн перераспределить силы от линейной конфигурации на поле боевых действий к ведению точечных операций. Для этого следует:

а) преимущественный переход от формы физического занятия обширного пространства к функциональному контролю над наиболее важными стратегически элементами;

б) переход к нелинейным действиям во времени и пространстве, но чтобы в нужный момент иметь возможность сосредоточить критически важный объем сил в конкретном месте;

в) усиление тесного взаимодействия разведки, операционного командования и логистики для реализации точечных эффектов и обеспечения временного преимущества с помощью рассеянных сил¹.

Основной упор в данном случае делается на распределенность – это переход от линейной конфигурации (развертывание фронта) к ведению точечных операций, что похоже на практику партизанской войны. Наступать не фронтом, а мелкими бригадами, синхронизированными между собой. Все это создает предпосылки к наступлению эпохи пост-массовых войн, в которых количество людей, физической силы – перестает иметь значение, как, например, перестает иметь значение количество политических активистов в партии.

7. Демассификация.

Принцип демассификации отличает войны постмодерна от войн модерна, где почти все решало количество и качество боевых единиц. Демассификация основана на:

а) использовании информации для достижения желаемых эффектов, ограничивая необходимость сосредоточения крупных сил в конкретном месте;

б) увеличении скорости и темпа перемещения на поле действий, чтобы затруднить возможность противника к поражению цели².

8. *Глубокое сенсорное проникновение.* Этот принцип сетечентричной войны представляет собой требование увеличения количества и развития качества датчиков информации как в районе боевых действий, так и вне его. Это проникновение обеспечивается за счет:

а) объединения в единую систему данных, получаемых разведкой, наблюдением и системами распознавания;

б) использования сенсоров как главных маневренных элементов;

в) использования датчиков и точек наблюдения как инструмента морального воздействия;

г) снабжения каждого орудия и каждой боевой единицы (платформы) от отдельного бойца до спутника – разнообразными датчиками и информационными сенсорами.

Глубокое сенсорное проникновение означает, что информация собирается из различных источников. Боевая единица должна иметь различные устройства считывания информации – от микрофона до различных счетчиков и датчиков. При этом человек не задумывается над их работой, однако информация обо всем, происходящем вокруг него, поступает на командный пункт. Глубокое сенсорное проникновение ведет к оснащению различных боевых единиц максимальным количеством средств наблюдения³.

9. *Изменение стартовых условий ведения военных действий.* Еще классическая военная стратегия обнаружила, что результативность войны напрямую зависит от стартовых условий. От того, в каком контексте и при каком балансе сил начнется война, во многом зависит, как будут развертываться дальнейшие

1 The implementation of network-centric warfare. Washington. D.C. Office of the Secretary of Defense, 2005.

2 Vego M. Joint operational Warfare. Washington. D.C. 2009.

3 The implementation of network-centric warfare. Washington. D.C. Office of the Secretary of Defense, 20.

события. В этой связи задача сетевых войн заключается в том, чтобы:

а) заранее повлиять на стартовые условия войны, заложить в них такую структуру, которая заведомо приведет (американскую) сторону к победе;

б) спровоцировать сочетание во времени и в пространстве ряда событий, которые призваны повлиять на потенциального противника и заблокировать его ответную инициативу.

Оптимизация стартовых условий ведения боевых действий наиболее близка к принципу ОБЭ. То, в какой конкретно конфигурации, каком состоянии страна начинает войну, на 90% определяет ту реальность, в которой она окажется по результатам ведения военных действий.

10. *Сжатые или компрессионные операции* – это такие операции, в которых преодолеваются структурные и процедурные разграничения между различными службами, а полный доступ к разнородной информации обеспечивается даже на низшем уровне боевых единиц. Для этого:

1) повышается скорость развертывания и применения боевой силы, а также обеспечения боеприпасами;

2) отменяется фрагментация процессов (организация, развертывание, использование, обеспечение и т.д.) и функциональных областей (операций, разведки, логистики и т.д.);

3) отменяются структурные разграничения на низовых базовых группах.

Таким образом, сжатые или компрессионные операции состоят в преодолении структурных процедурных ограничений между службами и обеспечении полного доступа к разнородной информации.

Применение принципов сетевых войн

Сетевые войны на основе перечисленных принципов предназначены для реализации в тех условиях, когда необходимо избежать ядерного столкновения и невозможно (или накладно) полноценно использовать технические средства индустриальных войн. Про-

странством сетевой войны становится вся территория планеты, так как в эпоху глобализации между внутренней и внешней политической граница все более стирается, и все факторы начинают прямо влиять друг на друга. Осваивание стратегий ведения сетевых войн только начинается – как при ведении военных действий (армия США в Ираке, Афганистане), так и при создании «стартовых условий» конфликта до его начала (позиционные действия проамериканских сетей на постсоветском пространстве) – через экспорт «цветных революций» в Грузии (2004), Украине (2004), Киргизии (2005), события «арабской весны» и т.д. В основу построения и деятельности молодежных оппозиционных движений, таких как «Отпор» (Сербия), «Кмара» (Грузия), «Пора» (Украина), «Зубр» (Белоруссия) были положены принципы гражданской обороны (civil defense) и ненасильственных действий (non-violent actions), разработанные по той же самой логике и теми же самыми мозговыми центрами, которым принадлежит авторство доктрины сетевых войн. В доступной форме эти принципы изложены в работе Джина Шарпа «От диктатуры к демократии».

Сегодня надо отдавать себе отчет, что в пространстве постмодерна защититься можно только используя адекватные методы – методы сетевых войн. Ни наличие многомиллионной армии, ни ядерное оружие, ни спецслужбы «старого образца» не гарантируют надежной защиты. Вернуть эффективность и действенность оружия прошлой исторической эпохи – индустриальной – можно только одним-единственным способом. Для этого необходимо в масштабах планеты уничтожить всю технологическую инфраструктуру глобальных коммуникаций. Едва ли это реальная перспектива, за исключением, конечно, эсхатологического сценария глобальной «ядерной зимы». США понимают это как ни одно другое государство, поэтому в последние годы выступают главными инициаторами ядерного разоружения, одновременно наращивая и институционализируя свое превосходство в об-

ласти оружия шестого поколения, создавая наряду с этим глубоко эшелонированную систему национальной противоракетной обороны (готовность ПРО – к 2020 г.) и другие новейшие схемы защиты своих коммуникаций.

Чтобы эффективно противостоять такой стратегии, необходимо четко понимать содержание такой войны и те силы, которым надо противостоять.

Сущность сетевой войны: информационный контроль

Конечная цель сетевой войны – как и любой войны – установление контроля над зоной, которая не принадлежит воюющей стороне, или сохранение контроля над зоной, которая ей принадлежит, от посягательств противника. Здесь ничего нового. Меняется только понимание того, что есть: 1) зона, 2) контроль и 3) противник.

В сетевой войне реальность является вторичной по отношению к виртуальному образу. Имидж, информация гораздо важнее реальности. Сама реальность становится «реальной» только после того, как сообщения о ней попадают в информационное поле. Отсюда вывод: главное – контроль над информационным полем.

Тот, кто контролирует информационное поле – тот контролирует все. Информационное сопровождение войны становится не второстепенным обслуживающим моментом (как классическая пропаганда), но смыслом и сутью войны. По сути, война носит информационный характер. Классические боевые операции эпохи модерна носят подсобный второстепенный характер.

Пространство в сетевых войнах

1. Меняется качество представления о зоне. Зона, над которой устанавливается контроль – не просто физическая территория со строго определенными границами, но виртуальное пространство, помещенное на плоскости переплетенных информационных потоков. Подчас необходимо контролировать лишь несколько важнейших точек этой зоны,

чтобы это пространство оказалось управляемым в информационном поле. А в некоторых случаях не обязателен даже точечный контроль – достаточно имиджа, симуляции или постановочных кадров.

Если в информационном пространстве создается образ контроля над данной зоной, то тем самым достигается эффект и по отношению к союзникам, и противникам, и по отношению к тем, кто находится внутри этой зоны. Даже если их взгляды свидетельствуют о том, что никакого контроля нет, за счет информационной блокады они не могут поделить этим «знанием», которое тем самым обесценивается, оставаясь на «подинформационном» уровне.

2. Зона, над которой устанавливается контроль, не обязательно включается в общее пространство на общих основаниях. Колонии Великобритании были частью Британской Империи только в одностороннем порядке: метрополия брала у них все, а им ничего не давала, контролируя побережье, главным образом, порты.

В сетевых войнах необязательно напрямую оккупировать или аннексировать территории: достаточно установить над ними сетевой контроль. Это означает контролировать СМИ, финансовые потоки, потоки сырья, доступ к технологиям (их ограничение), политическую и культурную элиту, болевые центры активности молодежи.

Основой любой сети является «активное меньшинство» – «acting minority», «minorite agissante», которому уделяется особое внимание.

Контроль в сетевых войнах: манипуляции с алгоритмом

Контроль также меняет свое качество. В сети главное контролировать протокол, алгоритм, а не сами потоки информации. Информация может циркулировать достаточно свободно, важнее всего то, как ее декодировать. В центре внимания не столько контроль над самой информацией, сколько над кодом.

Специалисты сетевых стратегий могут придать даже негативной или опасной информации на выходе или в процессе ее передачи прямо противоположный характер, сделать ее безвредной или погасить ее основной импульс.

По мере увеличения объема свободно циркулирующей информации на первое место становится сокрытие и управление кодом. Главное в сетевой войне – держать в секрете алгоритмы дешифровки информации, ее структуризации, обобщения и конечного использования. Эффективное обращение с информацией позволяет изменить в свою пользу даже те информационные потоки (включая денежные средства, перемещения войск или политических групп противника и т.д.), которые на первый взгляд невыгодны. Поскольку главный контроль – это контроль не просто над пространством, но над информационным (виртуальным) пространством, то первостепенное значение приобретают манипуляции с алгоритмом.

Противник в сетевых войнах: «все – противники» («панхостия»), виртуальность противника

Виртуальный характер сетевых войн меняет идентичность противника. Во-первых, теоретики сетевых войн поясняют, что сетевые операции ведутся не только против врагов, но и против нейтральных сил или друзей. Контролировать надо всех, а значит, алгоритм ведения операций скрывается от всех (включая союзников).

Во-вторых, сеть – явление динамическое, и сегодняшний союзник может превратиться в завтрашнего противника (и наоборот), поэтому распределение ролей в сетевой войне носит отчасти условный характер. Так как они все равно ведутся против всех, поэтому «образ врага» становится все более и более подвижным.

Этим, кстати, во многом объясняется стремление США к тотальной прослушке, тотальному контролю за десятками миллионов

людей по всему миру, включая лидеров полутора десятков государств, в т.ч. союзных.

В-третьих, враг становится все более и более виртуальным. В каком-то смысле, его может и не быть, и сетевая война может вестись с фиктивным противником, между тем боевые действия и последствия войны могут быть вполне реальными.

Аль-Каеда и международный терроризм являются практически нелокализуемой и не фиксируемой силой. Под ней всякий раз можно понимать различные реальности – то Афганистан и талибов (имеет некоторое отношение к радикальным салафитским структурам «чистого ислама» наподобие структур Бен-Ладена), то Ирак Саддама Хусейна (ни малейшего идеологического или организационного отношения к Аль-Каеде не имевшего), то шиитский Иран (являющийся политически, религиозно, идеологически и организационно прямой противоположностью Аль-Каеды).

Таким образом, специфический противник в условиях сетевой войны может (и скорее всего так и будет) представлять собой достаточно разнообразные и «разномастные» силы, в той или иной степени управляемые сетевыми операторами.

Терроризм как сетевое явление

После теракта 11.09.2001 г. американские специалисты по сетевым войнам столкнулись с тем, что сетевые методы, до этого используемые только ими, взяли на вооружение маргинальные экстремистские группы. Согласно официальной версии Вашингтона представители Аль-Каеды осуществили сетевую атаку, которая была проведена по всем правилам сетевых войн. В ней использовались самолеты гражданской авиации, зубные щетки с заточенным концом в руках смертников, захвативших лайнеры, ножи для резки бумаги, взлом компьютерных сетей, ответственных за контроль над воздушным пространством США, перевод денег по линии гуманитарных фондов, мелкие религиозные секты и т.д.

Ничтожная по сравнению с мощью США структура с помощью творческого воображения, понимания устройства американской системы и сути сетевой войны нанесла США такой удар, который сопоставим с потерями в реальной войне. Так крохотная сетевая Аль-Каеда стала на один уровень с мировой державой. Тогда американские стратеги впервые осознали, что те же методы могут быть направлены против них самих. Причем не сопоставимыми с ними силами, обладающими ядерным потенциалом (такими как, например, Россия), а горсткой разыскиваемых по всему миру фанатиков.

Террористы первыми усвоили уроки информационного общества: *реальность есть то, о чем сообщают СМИ*. Поэтому, чтобы сообщить о своих взглядах (политических, религиозных и т.д.), которые оставались за кадром основных информационных потоков, они прибегали к актам насилия и жестокости (заложники, теракты и т.д.), о которых нельзя было промолчать. С другой стороны, террористические сети также использовали весь арсенал сетевой стратегии: небольшие самостоятельно функционирующие группы, понимание *намерения командира* (commanders intent), *всеобщую* (распределенную) *осведомленность* (shared awareness), *обратную связь*, *самосинхронизацию* (self synchronisation), ставку на *деятельное меньшинство*. На первом этапе инициатива сетевых войн была в руках американцев. Сегодня они столкнулись с тем, что им самим брошен асимметричный, но болезненный вызов.

Разрабатывая меры противодействия – *сетевые команды* (network team), американцы пока не придумали ничего нового, как усиление тоталитарных мер для противодействия сетевым вызовам на своей территории или на территории, находящейся под контролем США (как, например, Грузия, Украина и т.д.), хотя сами же американцы широко используют и поддерживают террористические организации и группы боевиков в своих сетевых атаках в других странах.

Естественные сети: этнические и религиозные меньшинства

В сетевой войне могут использоваться как готовые сети, так и создаваться новые. Наиболее подходящими готовыми сетями являются этнические и религиозные общины (чаще всего меньшинства и секты). В государственных машинах эти факторы в современном мире чаще всего не имеют строго регламентированного административного положения, поэтому этнические и религиозные меньшинства существуют де-факто, но не де-юре. Это позволяет им действовать вне зоны прямого внимания закона и юридических процедур.

Сами эти сети почти никогда не могут ставить перед собой масштабных стратегических задач, но сетевые операторы способны легко превратить их в эффективный и действенный инструмент сетевых атак. В любой стране этнические меньшинства и миноритарные религиозные общины представляют собой объект повышенного внимания стратегов сетевой войны, и прежде чем создавать искусственные структуры, используются именно эти готовые механизмы. Инвестируя внимание, средства и технические навыки в ключевые точки таких сетей, можно добиться колоссального успеха.

Искусственные сети: НПО, фонды, правозащитные организации, научные сети, молодежные движения

Естественные сети, поставленные под структурный контроль, дополняются искусственными сетевыми структурами, имеющими чаще всего безобидный вид: правозащитная деятельность, некоммерческие партнерства, образовательные инициативы, центры распределения грантов, научные и социологические сети, общественные организации разных видов. Так как деятельность таких структур ни в уставах, ни в рутинной практике не имеет ничего предосудительного, противозаконного, чрезвычайно трудно фиксировать те состояния, в которых эта сеть (или ее отдельные, на

вид безобидные сегменты) переводится в режим подрывной деятельности.

Продвижение таких искусственных сетей Запад сделал своей официальной политикой и всячески критикует те страны, которые препятствуют этому процессу.

Поскольку нити управления деятельностью сети находятся не в самой сети и, тем более, не у ее членов, а в удаленном центре сетевого управления, сами ее участники могут не иметь ни малейшего представления, на кого они работают и какую роль выполняют. Поэтому чаще всего они действуют искренне, что делает этот вид сетевого оружия особенно эффективным и трудно преодолимым [1].

Агентура влияния в сетевом мире

В сетевых войнах меняется сама структура агентов влияния. Все чаще стратеги сетевых войн избегают прямой вербовки, предпочитая действовать в полутонах. Активное меньшинство в социально-политической сфере, намеченное в качестве потенциального агента влияния, обрабатывается более изящно: через повышенное внимание западной прессы, приглашение на научные конференции, через гранты и симуляцию интереса к идеям и проектам какого-либо деятеля или группы. В случае невнимания (недостаточного внимания) в отечественной среде при таком подходе (искусственном внимании со стороны) человек психологически подталкивается в нужном направлении.

Глобализация как форма ведения сетевой войны

Важнейшим элементом сетевых стратегий является включение локальных сетей в более широкие и глобальные. Сам факт подключения экономических, энергетических, информационных, научных ресурсов страны к глобальным сетям автоматически дает преимущество тем, кто контролирует код, протокол и алгоритм функционирования этих сетей.

Глобализация в таких случаях подается как «объективный», «демократический», «позитивный», «прогрессивный», «неизбежный»

процесс, ведущий к «развитию» и «модернизации». На самом деле, в большинстве случаев это действительно так лишь отчасти. Подключение к глобальной сети может дать определенные преимущества. Но вместе с ними резко возрастает риск установления внешнего управления, так как архитекторы, создавшие и контролируемые глобальные сети, а также управляющие их развитием, заведомо находятся в более выигрышном положении, чем те, кто только к этим сетям подключается. Скорость сетевых процессов такова, что даже краткого замешательства или тайм-аута, необходимого для освоения правил сетевых игр, достаточно, чтобы потерять контроль над собственной сетью.

Подготовка внешнеполитических условий для сетевой агрессии

Практика последних десятилетий наглядно свидетельствует о том, как США совершенствуют глобальные сетевые технологии, стремясь упрочить и расширить свое влияние, в первую очередь, в странах бывшего социалистического лагеря, странах СНГ, а также в странах арабского Востока и Африки.

Все «бархатные революции», происходящие в мире и, в частности, на постсоветском пространстве, – есть явление, спровоцированное США для установления геополитического контроля над теми государствами и территориями, которые прежде находились в зоне влияния России.

США используют новейшую технологию ведения войны – «войну шестого поколения», т.е. сетевую войну – технологическую разработку, полностью находящуюся в компетенции госдепа США и Пентагона и сегодня успешно реализуемую на пространстве СНГ.

Обычно когда речь идет о сетевых войнах, результат достигается с помощью социальных сетей, т.е. с помощью самого общества, в котором выделяется сегмент, где формируется определенным образом общественное мнение, направленное против действующего режима. Характерная особенность сетевых тех-

нологий и «бархатных революций» то, что на них основаны главные алгоритмы: под предлогом якобы очевидных претензий к власти – спровоцировать волну самоиндуцирующегося протеста, развивающегося по нарастающей под воздействием «психоза соучастия». Само же общество выводится из состояния равновесия, нарушаются социальные устои, падает авторитет власти, растет недовольство. А о нормальном функционировании экономики, которая подорвана инициированным кризисом, говорить не приходится.

Все это – идеальные условия для навязывания и установления западных моделей социального устройства. В страну заходят США. Никаких преимуществ ни политические силы этих государств, ни их общества от реализации сценариев «бархатных революций» не получают.

Единственная сила, в любом случае получающая с этого политические дивиденды, – это США, устанавливающие таким образом безболезненный, невоенный, «мягкий» контроль над своими новыми территориями.

Однако, все еще оставаясь ядерной державой, большая Россия вызывает обоснованные опасения у наших «друзей по перезагрузке». Прямое вероломное вмешательство в дела стран постсоветского пространства не может не вызывать у России недовольства. А вот это как раз для США нежелательно. Потому что основной целью для США, чего они практически не скрывают, является контроль над самой Россией.

Реализуя главную задачу своей геополитики – не пропустить Россию через Южный Кавказ к Ирану, – США стремятся максимально дестабилизировать это небольшое пространство (где помимо Грузии находятся еще Азербайджан и Армения) или установить там свой прямой военно-стратегический контроль, физически перегородив выход России к Индийскому океану.

Эта задача осуществлялась по сценарию «бархатной революции» в Грузии. И была практически решена, если бы не вышедшие

из под американского контроля патриотические силы, нейтрализовавшие влияние Саакашвили.

Грузия, выведенная из-под остаточного геополитического контроля России, который еще сохранялся там с момента распада СССР, вновь стремится к восстановлению отношений с РФ.

Попытки «цветных» переворотов были осуществлены и в Армении, и в Азербайджане. Что касается Украины, здесь задача была примерно схожей. Украина для России является своего рода мостом в Европу. Как пишет З.Бжезинский, без Украины Россия перестает быть евразийской державой и становится державой азиатской.

К тому же Украина является важнейшим элементом «санитарного кордона», который отсекает Россию от стран ЕС и не дает ей возможности наладить полноценное стратегическое партнерство с Европой.

На пути к этому партнерству, в первую очередь, с Германией, и выстраивается «санитарный кордон», простирающийся от холодных северных морей по странам Балтии, через Украину, Молдавию, далее вниз, к Грузии.

Пока минуя Беларусь, которая все еще является последней брешью в этом «санитарном кордоне», а его функции все еще активно выполняет Польша.

Пояс, отсекающий Россию от Европы, создан американцами для решения важнейших стратегических, геополитических задач путем последовательного инициирования «бархатных революций» в этих государствах в рамках сетевой войны, ведущейся против России.

Несмотря на нынешнюю риторику о выводе американских войск из Афганистана США никогда не отступят от задачи установления полного контроля и над среднеазиатским регионом. И для этого они будут продолжать дестабилизировать там ситуацию, пытаясь взять Узбекистан и Киргизию под полный контроль.

Обычно за такими не до конца состоявшимися попытками совершения «бархатного

переворота», какие мы наблюдали в узбекском Андижане, или несколько смазанной ситуацией с «каскадом революций» в Киргизии следуют более жесткие сценарии. То есть воздействие ужесточается по нарастающей. «Бархатный» сценарий сменяется более жестким – стычки с полицией, первые жертвы, погромы, – ну а дальше обычно начинается раскачка ситуации по этническому принципу, так как это наиболее тяжелая для разрешения стадия, это выход ситуации из-под контроля. Цель – заставить руководство этих государств согласиться с тем, что контроль над ситуацией со стороны власти потерян, что власть выпала у них из рук. Результат в любом случае – взятие территории государства под американский контроль.

Таким образом, несмотря на заверения американцев, что пространство СНГ останется в зоне геополитических интересов России, фактически мы наблюдаем стремительную потерю своего влияния там, где еще совсем недавно стояли наши военные базы, жили наши люди, говорящие на нашем языке, а русская культура формировала поколения народов и этносов единого стратегического пространства большой России.

Проведенный, даже беглый, анализ содержания, особенностей и последствий сетевых войн позволяет сформулировать несколько существенных, на наш взгляд, **выводов**, касающихся решения проблем обеспечения национальной безопасности РФ в сложившейся обстановке.

1. Адекватным ответом на сетевые угрозы, безусловно, может стать только сетевая же оборонительная стратегия, кардинально меняющая саму концепцию обеспечения национальной безопасности, а, значит, и военную доктрину.

2. Имеющаяся военная мощь государства, военно-экономический потенциал не являются теперь ни интегральными показателями, ни измерителями, ни гарантами национальной безопасности. Да, конечно, их роль как фактора влияния, устрашения, эффективного щита

при ведении традиционных боевых действий, пока еще сохраняется, но при определенных обстоятельствах, о чем мы говорили выше, может оказаться, что они бесполезны.

3. В силу разного рода причин все труднее становится отделить военную безопасность одного государства региона от других государств, что неизбежно ведет к региональной военно-политической интеграции. Примером тому являются блоки и военно-политические союзы, прежде всего Североатлантический блок, который стал ярким примером не только военно-политической интеграции, но и фактически стимулировал интеграцию в рамках Евросоюза. В этом смысле Организация Варшавского Договора также являлась закономерным примером региональной военно-политической интеграции.

Простой пример. Создание региональных систем ПРО США (с перспективой глобальной ПРО) неизбежно ставят по-новому проблему ВКО не только стран ОДКБ, но и других евразийских государств. Не случайно поэтому на Ашхабадском саммите глав государств еще в декабре 2012 года речь шла уже не столько об экономических проектах, сколько о создании Объединенной системы противовоздушной обороны (ОС ПВО) государств СНГ, для чего был не только создан специальный координационный комитет, но и назначен его руководитель – бывший командующий ВКО России (а затем заместитель министра) О.Остапенко¹. Это означает, что уникальные свойства суверенитета – возможности ПВО – некоторые государства готовы делегировать наднациональному органу. В целом же, как уже говорилось, эти решения соответствуют объективным тенденциям развития региональной безопасности, которые отчетливо просматриваются на примере эволюции НАТО.

1 McCormick J.M. Achieving battlespace awareness in network-centric warfare by integrating web and agent technologies // Battlespace Digitization and Network-Centric Systems IV. Edited by Suresh, Raja. Proceedings of the SPIE, Volume 5441, 2004. P. 61-68.

Очевидно, что на этом государства не остановятся: неизбежно не только расширение ОС ПВО до ОС ПВО–ПРО, но и создание единой системы управления (а значит и делегирование полномочий), разработки общей концепции ВКО, планов военного строительства и т.д. И это тоже будет продолжением объективных тенденций.

Безусловно, без создания конкурентоспособных национальных и коллективных информационных ресурсов (в т.ч. элементной базы, ПО, ВВТ, СМИ и т.д.) обеспечить эффективную оборону и суверенитет страны невозможно. В том числе и эффективную ВКО страны, региона или континента. Кроме того, необходимы специальные – сетевые, многократно дублированные и защищенные от кибератак – органы коллективного государственного, военного и общественного управления. Следует обязательно заметить, что львиная доля расходов на эти цели, естественно, придется на долю России.

4. Некоторые действия США наводят на размышления об их серьезных намерениях и возможностях массового полномасштабного воздействия на информационную инфраструктуру страны-противника. Так, США оперативно среагировали на новые возможности, создав в 2009 г. на базе АНБ и подразделений ВВС специализированного киберкомандования (US Cyber Command). Практически сразу аналогичные структуры стали появляться и в других государствах [2].

Формальной миссией киберкомандования США является планирование и координация действий по защите информационных сетей министерства обороны, а также, в особых случаях, проведение полномасштабных военных операций в киберпространстве¹. То есть киберкомандование США не выполняет задачи по обороне сравнительно уязвимой информационной инфраструктуры страны (ее компоненты – системы управления сетями энергоснабжения, транспортом, информаци-

онные сети финансовых организаций и т.п.), концентрируясь на обороне только и исключительно элементов военной инфраструктуры². Частично раскрытая в июле 2011 г. стратегия операций в киберпространстве, кроме подтверждения заявлений о намерении охранять информационные сети министерства обороны, содержит также программное заявление о признании киберпространства доступным для ведения боевых действий наравне с землей, морем, воздухом и космосом³. Но наряду с этим в описываемом программном документе содержится тревожащее заявление о допустимости ответа на кибератаки всеми необходимыми средствами, включая прямые силовые воздействия вплоть до проведения военных операций⁴.

Таким образом, создается по сути дела новый тип наступательного оружия, которое может быть использовано на самых ранних стадиях военного конфликта. Не представляет сомнений, что США обладают физической возможностью по нарушению функционирования глобальных информационных сетей, даже если эта возможность и не обозначена законодательно. Можно предположить, что крайней мерой в кибервойне, сравнимой с использованием тактики выжженной земли в реальном мире, может стать физическое уничтожение информационно-коммуникационной инфраструктуры, если это будет отвечать принципам обеспечения безопасности государства [2]. Прежде всего с помощью высокоточного оружия, которое в массовых масштабах появляется уже сегодня. Естественно, приходится констатировать, что мероприятия по

1 Cyber Command Fact Sheet / U.S. Department of Defense. 21.05.2010.

2 Cyberwar Commander Survives Senate Hearing, Threat Level // Wired. 15.04.2010.

3 Department of Defense Strategy for Operating in Cyberspace. July 2011 / US Department of Defense / <http://www.defense.gov/news/d20110714cyber.pdf>

4 David E. Sanger and Elisabeth Bumiller. Pentagon to Consider Cyberattacks Acts of War // The New York Times. 31 мая 2011 г. /http://www.nytimes.com/2011/06/01/us/politics/01cyber.html?_r=1; White House Cyber Czar: 'There Is No Cyberwar' // Wired magazine. 4.03.2010 г.

защите от подобной агрессии будут достаточно затратны.

5. Эффективное противостояние тотальным сетевым угрозам в дополнение к ядерному арсеналу сдерживания предполагает использование новейших кибернетических методов глобализации и интеграции процессов управления, универсальных сетецентрических средств их реализации.

Стратегия противостояния при этом должна опираться на *достаточную оборону, для которой необходимы асимметричные сетецентрические ответы, которые при минимальных затратах средств и времени могли бы стать фактором сдерживания и нейтрализации сетевых угроз, дополняющим ядерный оборонный потенциал.*

Главная новизна требований к альтернативным сетецентрическим системам и средствам – способность к функциональной адаптации и адекватно-пропорциональному реагированию в реальном времени в непрерывном спектре изменений оперативно-тактических и стратегических угроз при существенно меньших (на порядки) издержках создания и эксплуатации. Для этого необходима единая и универсально программируемая компьютерно-сетевая среда сетецентрического управления (СЦУ), которая в динамически перестраиваемых (на программном уровне) иерархиях сквозных циклов управления способна единообразно охватывать не только все армейские структуры, но и оборонно-промышленный комплекс, а также, в долгосрочной перспективе, и все институты жизнеобеспечения страны (промышленность, экономика, госуправление, безопасность техносферы, здравоохранение, образование, наука, социосфера и т.д.) [4].

В основе сетецентрического противостояния лежит требование полноты и сверхоперативности информации о текущем состоянии всего многофакторного пространства угроз и собственных средств противодействия. Успех определяется не только возможностями точечных воздействий отдельными видами

оружия, но и, что крайне важно, превосходящими возможностями сетецентрического интеллекта по управлению сложнейшими процессами многоходового противостояния.

Создание универсального системного интеллекта предполагает новую электронную компонентную базу (ЭКБ). В дополнение к стандартным микропроцессорам, которые являются носителями операционных систем и существующего ПО, *в состав ЭКБ нового поколения, предназначенной для полномасштабного решения задач СЦУ, по мнению специалистов, должны войти:*

- однокристалльные компьютерные устройства с немикропроцессорной архитектурой, обладающие встроенным системным интеллектом, необходимым для формирования единого, универсально-программируемого пространства распределенных/параллельных вычислений и сетецентрического управления;
- высокопроизводительный многопроцессорный ускоритель для задач с массовым параллелизмом, масштабируемая архитектура которого обеспечит наращивание производительности в диапазоне от 1 до 30Т флопс и более, снимаемой с одного кристалла СБИС;
- реконфигурируемый набор устройств сопряжения с объектом, реализуемый посредством ПЛИС-технологии, который включает типовые блоки (библиотечный набор) и специфические блоки, которые программно конфигурируются в рамках ПЛИС-технологий с учетом особенностей конкретных объектов сопряжения.

По их мнению, новая ЭКБ позволит при минимальных затратах средств и времени обеспечить достижение национально-технологической независимости и определяющего превосходства в следующих областях:

- разработка новых и глубокая модернизация существующих видов вооружений на основе отечественной компьютерной ЭКБ, открывающей новые возможности для опережающего решения задач СЦУ с высокими уровнями структурно-динамической сложности

сти и управляющего компьютерного интеллекта;

- разработка и применение комплексных методов, а также компьютерно-сетевых средств и технологий СЦУ, которые открывают возможности для охвата в едином информационно-алгоритмическом пространстве всех взаимодействий в реальном времени на объединенном пространстве ТВД (суша, воздух, море, космос, глобальное информационное пространство) с обеспечением функциональной полноты и системной целостности оперативного, тактического и стратегического уровней управления;

- разработка систем СЦУ двойного назначения, направленных на массовую интеллектуализацию и кардинальное улучшение качества управления, которые обеспечат возрождение, конкурентоспособное развитие и безопасность национальной экономики в условиях остроконфликтной глобализации мирового экономического пространства [3].

Кстати, все эти мероприятия носят, безусловно, затратный характер, хотя асимметричны соответствующим угрозам и, естественно, должны войти в новую ГПВ.

Кроме того, асимметричная концепция «оборонительного» сетецентризма предполагает формирование универсального алгоритмического пространства распределенных вычислений и сетецентрического управления с метрикой «все влияет на все и сразу», которое способно охватить совокупные сетевые ресурсы всех видов ВС. В этом пространстве открываются возможности оперативного конфигурирования (реконфигурирования), а также программирования (перепрограммирования) и онлайн исполнения любых моделей интеллектуальных сетецентрических систем, обеспечивающих высокодинамичное управление всей совокупностью боевых действий в сильносвязанном информационно-алгоритмическом пространстве.

В среднесрочной и долгосрочной перспективе такое пространство может быть распространено (при ограниченных затратах

средств и времени) на все виды вооружений и процессы непрерывного ресурсообеспечения этих действий (как в случае тотальных, так и множественных локальных угроз и воздействий). Однако, если это киберпространство не сможет охватить контролем политическое, экономическое, социальное противоборство, управление боевыми действиями просто не потребуется.

б. Безусловно, необходимо переосмысление методологических аспектов организации и функционирования экономики национальной безопасности государства в условиях угрозы сетецентрической войны и борьбы агрессора за мировое господство. В частности, требуются новые, адекватные стоящим задачам, разработки в области теории военной экономики, которая не перестает быть актуальной, но становится еще более многоплановой, многоаспектной, еще более всеобъемлющей по затратам и привлекаемым ресурсам. Например, целевые затраты госдепа США, спецслужб и частных фондов на «поддержку» демократии в России, подрывной деятельности несистемной оппозиции ежегодно составляет более 70 миллионов долларов, всего в эту подрывную деятельность с 1992 года вложено не менее 12 млрд. долл. (на поддержку украинской оппозиции на Евромайдане США тратили 1млн. долл. в день, а всего израсходовали свыше 5 млрд. долл.). Безусловно, противостояние такому напору, во-первых, будет иметь, в конечном счете, военно-политическое значение, во-вторых, потребует также серьезных затрат, которые будут носить, несомненно, военно-экономический характер. Поэтому следует по-новому трактовать некоторые военно-экономические категории, их экономическое содержание и сущность.

Так, к критериям эффективности военной экономики в новых условиях, на наш взгляд, следует относить:

а) обеспечение адекватного ответа на угрозы или их предотвращение с минималь-

ными или меньшими, чем у противника затратами;

б) в условиях программно-целевого планирования выполнение программ с минимальными затратами и в заданные сроки;

в) обеспечение комплексного ответа на угрозы, резко сокращающие затраты по другим направлениям и противодействию другим угрозам;

г) обеспечение принятия таких контрмер, которые потребовали бы больших затрат от агрессора для парирования контругроз;

д) обеспечение принятия контрмер, препятствующих наращиванию угроз по другим направлениям;

е) обеспечение достижения военно-политических целей без урона и истощения военно-экономического и военного потенциала государства.

Должны измениться и требования к ресурсообеспеченности новой оборонной стратегии. Среди них, по нашему мнению, основными являются:

а) достаточность ресурсов для обеспечения достижения военных, политических, экономических целей без применения или с минимальным участием военной силы;

б) способность ресурсного обеспечения эффективно противостоять сетевым угрозам по любым направлениям и в любых сферах;

в) способность ресурсного обеспечения к осуществлению превентивных мер сетевого характера;

г) способность ресурсного обеспечения обуславливать синергетический эффект и комплексный характер противодействия угрозам.

Кроме того, следует рассматривать и новые показатели ресурсообеспеченности. Например:

а) ресурсообеспеченность соответствующих программ противостояния угрозам по различным направлениям;

б) ресурсообеспеченность осуществления системных мер на реализацию сетевой оборонной стратегии.

Вследствие значительного расширения сфер и направлений угроз национальной безопасности традиционное толкование военной экономики как объективной реальности в пределах оборонного комплекса и войскового хозяйства Вооруженных Сил уходит в прошлое, потому что все более разнообразными становятся как сами военно-экономические ресурсы, так и их источники. Конечно, необходимы специальные, более глубокие исследования по совершенствованию военно-экономического инструментария, всей теории военной экономики, без которых практическое управление ресурсным обеспечением национальной безопасности невозможно или малоэффективно, особенно, в условиях сетевого агрессивного воздействия в политической, экономической, социальной и морально-политической сферах, тем более в условиях сетевой войны.

7. Главное действующее лицо в современной войне интеллектов, конечно же, тот, кто всем этим управляет, кто все это программирует, контролирует, инициирует саму идею сетевого ведения боевых действий или организацию противодействия им.

Ключевой элемент – не оружие и высокие технологии, а человек. Необходимы терпеливые, настойчивые специалисты со знанием культурных, национальных особенностей и традиций, чтобы развивать региональные связи и партнерства в рамках такого рода войн. Ведение США длительной сетевой войны связано с необходимостью мобилизации глобальных возможностей наших ресурсов, первую очередь, человеческих и развитием их потенциала.

Возникает потребность в новых специалистах, возникает класс сетевого труда. Смысл работы этих специалистов заключается в том, что они имеют очень широкую специализацию, обширную компетенцию. С точки зрения сети, по-новому оценивается понятие дилетанта. Талантливый сетевик – networker – это нечто иное, чем талантливый физик. Как правило, хорошим сетевиком может стать не-

далекий физик, не способный погрузиться в глубинное познание, но при этом способный к компилированию и импровизации. У него есть определенная сетевая парадигма, знание, код, с помощью которого он с легкостью способен отделять в потоке информации существенное от второстепенного. При отбрасывании деталей он может и теряет профессиональную адекватность, но зато приобретает сетевую адекватность; он схватывает на лету ядро, при необходимости наращивая на него детали. Применительно к теории войн это означает, что сейчас победить противника может тот, кто в состоянии создать наиболее эффективную сеть, в которой возникает наиболее легкий и свободный обмен информацией.

В связи с этим совершенно иное содержание приобретает военно-социальная политика государства во всех ее проявлениях, что обусловлено, в первую очередь, повышающимися требованиями к военнослужащим новой формации, их уровню подготовки, выучке, условиям воспроизводства их рабочей силы и реализации творческого потенциала.

По нашему мнению, речь должна идти о решении следующих проблем, фактически конкретизирующих важнейшие концептуальные направления военно-социальной политики:

а) в области военного образования:

речь должна идти не просто о соответствии стандартов военного образования стандартам ГОС ВПО по всем соответствующим компетенциям, а о придании высшей военной школе опережающего характера развития, причем не только в области военно-технических дисциплин, но и в области военно-гуманитарных, собственно военных обучение должно строиться с учетом передовых рубежей научных исследований в данных областях, еще не реализованных в гражданских сферах и отраслях;

высшее военное образование, безусловно, должно обеспечить гораздо более широкий кругозор военному специалисту, особенно в освоении современных достиже-

ний административного менеджмента, «кайзен»-философии, бенчмаркинга, военно-экономического анализа, стратегического планирования;

гораздо более акцентированная ориентация военного управленца на овладение методами военно-экономического моделирования, решения оптимизационных задач, позволяющих добиваться максимизации военного эффекта при минимизации военно-экономических затрат;

состояние учебно-материальной базы ВВУЗов должно в полном смысле слова готовить специалистов даже не завтрашнего, а послезавтрашнего дня, т.е. все самое передовое и еще только подводимое к войсковым испытаниям должно использоваться в учебном процессе;

одна из важнейших задач – формирование творческой личности будущего управленца, научно-исследовательской «жилки», аналитического склада мышления;

в связи с вышесказанным, особые требования следует предъявлять и к преподавательскому составу ВВУЗов, подготовка которого, на наш взгляд, становится острейшей проблемой, особенно в связи с несколько поспешной ликвидацией ряда военно-педагогических и военно-научных школ;

б) в области социально-экономического обеспечения военнослужащих-контрактников:

практика построения денежного довольствия последнего десятилетия убедительно доказывает, что экономически эффективная оплата труда военнослужащих должна обеспечивать конкурентоспособность данной профессии на рынке труда в сравнении с наиболее конкурентноуспешными отраслями народного хозяйства – в противном случае ее стимулирующая и развивающая функции просто утрачиваются, остается только воспроизводственная, причем не обеспечивающая фактически расширенного воспроизводства их рабочей силы;

организация социально-экономического обеспечения военнослужащих новой армии должна принципиально отличаться от пури-тански-минималистического подхода прошлых лет, поскольку необходимо исходить из концептуально новых требований создания таких условий жизнедеятельности, которые позволяют расти военнослужащему интеллектуально, как можно более полно реализовать свой творческий потенциал;

следует хорошо понимать, что положение, состояние нынешних военных пенсионеров, а также отношение к ним – это тот наглядный пример, который видят перед собой сегодняшние военнослужащие, это их будущее, их социальный статус, их место в обществе, поэтому без реформирования военных пенсий в соответствии с новым денежным довольствием все остальные мероприятия военно-социальной политики могут оказаться не реализованными;

в) новым и весьма непростым направлением военно-социальной политики является подготовка, накопление и поддержание в высокой степени готовности организованного мобилизационного резерва Вооруженных Сил на основе контрактной службы находящихся в запасе военнослужащих. При этом зарубежный опыт, как показывают исследования, не вполне приемлем для российских условий.

Конкретизация военно-социальной проблематики модернизации Вооруженных Сил РФ свидетельствует о явной необходимости применения системного, комплексного подхода к реформированию социально-экономических отношений и самой социальной сферы

войск, особенно если мы рассчитываем не на их реновацию, а на достижение синергетического эффекта, реально позволяющего эффективно противостоять самым изощренным военно-стратегическим концепциям.

В начале третьего тысячелетия мировая экономика вступила в полосу перманентных экономических и политических кризисов. Возрастающая амплитуда кризисов стремительно ведет к потере стабильности, росту международной напряженности, увеличению рисков силового противостояния в борьбе за ресурсы и доминирование в регионе. При этом нарастание глобальной нестабильности может способствовать быстрому перерастанию локальных очагов в бесконтрольно расширяющиеся конфликты. Поэтому противостояние тотальным сетевым угрозам предполагает в дополнение к ядерному арсеналу сдерживания широко использовать новейшие кибернетические методы глобализации и интеграции процессов управления и универсальные сетевые средства их реализации, которые, в свою очередь, не могут не отразиться как на экономическом и военно-политическом, так на социальном и морально-политическом потенциалах страны, в целом.

Таково значение и социальная роль принципиально новой оборонной стратегии, затрагивающей и мобилизующей практически все сферы и аспекты деятельности государства по обеспечению национальной безопасности, становящейся, по сути, важнейшим элементом ядра и условием реализации отечественной модели подлинно социального общества в наше непростое время.

Список использованных источников

1. Бовдунов А.Л. НПО: Сетевая война против России. – М., 2009.
2. Каберник В. Революция в военном деле: возможные контуры конфликтов будущего / <http://eurasian-defence.ru>.
3. Подберезкин А. Сетевая война и кибервойна. Центр военно-политических исследований // <http://eurasian-defence.ru>.
4. Затуливетер Ю., Семенов С. Сетевая оборона: новый гарант национальной безопасности // Армейский вестник. – 2012. – 24 декабря.

В.В.Короленко
Н.М.Лазников, кандидат технических
наук, доцент

Методика рационального распределения заказов на материальные ресурсы при планировании поставок в системе интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники военного назначения

В статье описана методика рационального распределения заказов на материальные ресурсы, позволяющая автоматизировать процесс планирования поставок, повысить оперативность организации планирования и оптимизировать стоимость поставок ресурсов. Методика предназначена для использования в системе интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники военного назначения в качестве математического обеспечения автоматизированной системы планирования и управления поставками ресурсов. Методика позволяет повысить объективность решений, принимаемых должностными лицами при оперативном планировании поставок материальных ресурсов.

Проводимое в последние годы реформирование Вооруженных Сил России не решило проблем с обеспечением эксплуатации авиационной техники военного назначения (АТ ВН) необходимыми материальными ресурсами, прежде всего, запасными частями. Внедрение сервисного обслуживания на данный момент не принесло положительных результатов – простои АТ не сократились, как и стоимость материально-технического обеспечения (МТО). Тем не менее, задача поддержания Вооруженных Сил в заданной степени готовности к боевому применению остается первостепенной. Наряду с этим военная доктрина выдвигает требование оптимизации расходов на оборону.

Одним из факторов, определяющих боеготовность частей Военно-воздушных сил, является поддержание требуемого уровня исправности АТ, эксплуатируемой в авиационных базах. Исправность техники определяет возможности авиабазы по выполнению планов боевой подготовки. Наибольшее негативное влияние на уровень исправности АТ ВН оказывают простои техники по причине отсутствия необходимых запасных частей, комплектующих и других материальных ресурсов.

Исправность АТ ВВС в настоящее время составляет в среднем 60%. При этом разброс значений исправности достаточно большой: в некоторых авиабазах исправность техники – практически стопроцентная, в других – около 30% и даже менее. К тому же, как показывает практика, исправность может значительно измениться за небольшой период времени.

Прежде всего, это связано с неудовлетворительным обеспечением процессов эксплуатации материальными ресурсами. Основная проблема заключается в том, что сроки удовлетворения заявок на поставку запчастей могут достигать нескольких недель и даже месяцев. При этом вопрос экономии средств в процессе МТО не ставится. Прежде всего, это происходит потому, что нет отработанного эффективного механизма удовлетворения заявок.

Уже достаточно давно в системе эксплуатации АТ ВН сложилось противоречие, заключающееся в необходимости удовлетворения потребностей эксплуатирующих авиационную технику частей ВВС в ресурсах с целью поддержания требуемого уровня исправности воздушных судов и выполнения требования минимизации расходов. Разрешению данного противоречия может способствовать внедре-

ние интегрированной логистической поддержки (ИЛП) жизненного цикла (ЖЦ) АТ ВН. Исследования в этом направлении ведутся не первое десятилетие. В России данная идеология начала активно развиваться в начале двухтысячных. В это время перед Вооруженными Силами РФ поставлена задача внедрения ИЛП ЖЦ вооружения и военной техники. В этом направлении принят ряд нормативных актов, которые на данный момент работают лишь частично. Система сервисного обслуживания АТ ВН, которая должна была работать на принципах ИЛП, не обеспечивает выполнение возложенных задач. Это происходит потому, что при новой форме организации системы МТО процессов эксплуатации АТ ВН используются старые методы и технологии.

Во-первых, не используется основной принцип ИЛП – интеграция процессов ЖЦ в единую систему.

Во-вторых, при планировании и управлении бизнес-процессами (в том числе и поставками материальных ресурсов) не внедряется и не используется не только новый методический аппарат и инновационные технологии, но даже проверенные методы и технологии – ERP-системы, ABC/XYZ анализ, RFID-системы, PLM-системы и другие CALS-технологии.

В-третьих, существующая организация МТО в ВВС РФ не позволяет использовать новые принципы управления процессами МТО, поскольку четко не определены обязанности и ответственность органов и организаций, задействованных в системе обеспечения материальными ресурсами. Например, не понятно, кто должен отвечать за нарушение сроков поставки тех или иных предметов МТО. На данный момент ответственность за простой техники не регламентирована.

Однако реформа продолжается и видна тенденция к возвращению упраздненных тыловых органов Вооруженных Сил. Этим органам необходимо предоставить полномочия по руководству системой сервисного обслуживания на принципах ИЛП. Руководство си-

стемой сервисного обслуживания подразумевает создание центра логистической поддержки (ЦЛП), который управляет процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР) и МТО.

Основными процессами МТО являются планирование и управление поставками материальных ресурсов, необходимых для обеспечения эксплуатации АТ ВН. Все существующие методы планирования разработаны более 20 лет назад и для перспективной системы поставок ресурсов не подходят. При этом они направлены преимущественно на долгосрочное планирование или же на период военных действий. Оперативному планированию поставок ресурсов практически не уделено внимание. При этом данную задачу необходимо решать практически каждый день.

Задача оперативного планирования поставок заключается в определении оптимального варианта распределения заказов на материальные ресурсы и утверждении полученного плана поставок соответствующим должностным лицом. Основная цель задачи оптимизации – минимизация стоимости и времени доставки требуемых ресурсов заказчиком при обеспечении требуемой степени удовлетворения их потребностей.

На данный момент задача оптимизации не может быть решена ввиду отсутствия необходимого методического аппарата.

В качестве методического обеспечения оперативного планирования поставок, способствующего разрешению указанного выше противоречия и позволяющего автоматизировать процесс планирования поставок, повысить оперативность организации планирования и оптимизировать стоимость поставок ресурсов предлагается методика рационального распределения заказов на материальные ресурсы при планировании поставок в системе ИЛП эксплуатации АТ ВН.

Задачу, которую позволяет решать предлагаемый методический аппарат, можно сформулировать следующим образом: на

основании *данных* о поставщиках, заказчиков, ресурсах, стоимости и продолжительности доставки, стоимости ресурсов, уровне исправности техники необходимо составить план поставок, то есть определить, какое количество, какого типа ресурсов, откуда (от какого поставщика) и куда (в какую авиабазу) необходимо поставить, чтобы стоимость поставки была минимальной.

Теория военно-экономического анализа показывает, что наиболее простым способом решения данной задачи является сведение ее к решению задачи линейного программирования (транспортной задачи). Имеются ограничения, которые описываются системой линейных неравенств (заказчикам не может быть поставлено больше ресурсов, чем есть у поставщиков, и потребности заказчиков должны быть удовлетворены), и оптимизируемая целевая функция (стоимость осуществления плана поставок).

Оптимизируемый функционал представляет собой минимизируемую суммарную стоимость поставки ресурсов всем заказчикам (стоимость удовлетворения потребностей заказчиков), т.е. стоимость осуществления плана поставок.

Условия-ограничения обуславливаются необходимостью максимизации уровня исправности АТ в Военно-воздушных силах России, наличием требуемых ресурсов у поставщиков и требованием максимально возможного удовлетворения потребностей заказчиков (авиабаз).

По своей постановке рассматриваемая задача схожа с «транспортной задачей» [1]. Однако, наличие следующих ограничений не позволяют решать рассматриваемую задачу классическими методами [2]:

- задача поиска оптимальных вариантов распределения материальных ресурсов решается на множестве неоднородных грузов;

- для решения задачи достаточно выполнения условия о том, что количество потребностей не должно превышать запасов материальных ресурсов, имеющихся у поставщи-

ков. Поэтому в случае выполнения данного условия задачу не нужно сводить к транспортной задаче с правильным балансом введением фиктивных заказчиков;

- если количество истребованных материальных ресурсов превышает имеющиеся на складах поставщиков запасы, то задача не решается классическим методом – введением фиктивных складов. В этом случае осуществляется уменьшение потребностей до уровня имеющихся запасов на основе эвристического критерия;

- учитывается зависимость удельной стоимости доставки ресурса от количества (массы и объема) доставляемого ресурса.

Таким образом, необходимо решить задачу определения оптимального варианта распределения заказов на материальные ресурсы между заказчиками на множестве неоднородных грузов с учетом ступенчатого изменения удельной стоимости доставки. Для этого необходимо определить входные данные, условия-ограничения и вычислить оптимизируемый функционал.

В качестве исходных данных используется информация, хранящаяся в базе данных ЦЛП:

A – количество имеющихся ресурсов;

a_{is} – количество материального ресурса i -го типа, хранящегося на складе s -го поставщика;

B – количество требуемых ресурсов;

x_{ilsk} – количество ресурса i -го типа, поставляемого s -м поставщиком k -му заказчику по расценкам, соответствующим диапазону l ;

c_{ilsk}^{nocm} – стоимость поставки единицы материального ресурса;

c_{is}^{pec} – стоимость ресурса i -го типа у s -го поставщика;

c_{lsk} – удельная стоимость доставки ресурса;

m_i – масса ресурса i -го типа;

d_{ilsk} – продолжительность (время) доставки;

$k=[1;K]$, K – количество заказчиков;

$s=[1;S]$, S – количество поставщиков;

$l=[1;L]$, L – количество требуемых типов ресурсов;

$l=[1;L]$, L – количество диапазонов изменения стоимости доставки;

I_{mp} , I_{ϕ} – требуемый и фактический уровень исправности.

Количество имеющихся ресурсов A определяется по формуле:

$$A = \sum_{i=1}^I \sum_{s=1}^S a_{is} . \quad (1)$$

Количество требуемых ресурсов B определяется следующим образом:

$$B = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K b_{ik} . \quad (2)$$

Оптимизируемая целевая функция W учитывает минимизацию стоимости поставки ресурсов всем заказчикам (k) по всем поставщикам (s), типам ресурсов (i) и диапазонам количества доставляемого ресурса (l):

$$W = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K c_{ilsk}^{nocm} x_{ilsk} \rightarrow \min , \quad (3)$$

где c_{ilsk}^{nocm} – стоимость поставки единицы материального ресурса i -го типа s -м поставщиком k -му заказчику при доставке количества ресурса, находящегося в границах диапазона l , руб.;

x_{ilsk} – количество материального ресурса i -го типа, поставляемого s -м поставщиком k -му заказчику по расценкам, соответствующим диапазону l .

Система ограничений включает следующие условия:

1. Уровень исправности должен быть не менее требуемого:

$$y_{испр} \geq y_{треб} , \quad (4)$$

где $y_{испр}$ – уровень исправности АТ ВН.

Уровень исправности представляет собой отношение количества авиабаз с требуемым уровнем исправности к общему количеству авиабаз, подавших заявки на поставку ресурсов:

$$y_{испр} = \frac{N_{аб}^{mp}}{N_{аб}} , \quad (5)$$

где $N_{аб}^{mp}$ – количество авиационных баз, от которых поступили заявки на поставку материальных ресурсов, с требуемым уровнем исправности техники;

$N_{аб}^{mp}$ – общее количество авиационных баз, от которых поступили заявки на поставку материальных ресурсов.

То есть для увеличения уровня исправности необходимо осуществить поставку так, чтобы количество авиабаз, в которых уровень исправности после поставки будет не менее требуемого, было как можно больше.

2. Суммарное количество ресурса, истребованное всеми заказчиками не должно превышать суммарного количества запасов, имеющихся у поставщиков:

$$\sum_{k=1}^K b_{ik} \leq \sum_{s=1}^S a_{is} . \quad (6)$$

3. Суммарное количество i -го ресурса, поставляемое s -м поставщиком всем заказчикам, не должно превышать запаса ресурсов поставщика:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K x_{ilsk} \leq a_{is} . \quad (7)$$

4. Необходимо максимально полно удовлетворить заявки заказчиков по каждому поставляемому типу материальных ресурсов:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S x_{ilsk} = b_{ik} . \quad (8)$$

Поставленная задача не может быть решена напрямую («в лоб»), поскольку решение осложнено большой размерностью рассматриваемых множеств (заказчики, поставщики, огромная номенклатура ресурсов), отсутствием необходимой информации (не известно, откуда и в каком количестве будут поставляться требуемые ресурсы, т.е. неизвестны возможные маршруты доставки) и невозможностью соблюсти ограничение по исправности без применения дополнительного методического аппарата.

Разработанная методика позволяет решить задачу определения оптимального плана поставок путем разбиения решения на ряд этапов:

1. Получение исходной информации из базы данных ЦЛП (регистрация заявок, выбор поставщиков, определение наличия ресурсов).

2. Приведение к соответствию количества истребованных и располагаемых ресурсов на

основе критерия, характеризующего исправность парка воздушных судов (ВС) заказчиков, а также их потребности.

3. Построение оптимальных возможных маршрутов доставки ресурсов.

4. Определение оптимального плана поставок ресурсов по критерию минимальной стоимости осуществления плана поставок.

Получение исходной информации осуществляется путем запросов к базе данных ЦЛП. В результате получают данные о множестве поставщиков и заказчиков, наличии и потребностях в ресурсах, исправности АТ.

Второй этап имеет место, если потребности заказчиков превышают все имеющиеся у поставщиков запасы. В этом случае учитывается ограничение по исправности. В отсутствие дефицита все заказчики могут быть удовлетворены и, соответственно, уровень исправности будет максимально возможным (принято допущение, что удовлетворенность или неудовлетворенность заказчика (авиабазы) в ресурсах прямо влияет на уровень исправности).

Процесс приведения к соответствию количества потребных и располагаемых ресурсов заключается в следующем: необходимо итерационно исключать требования заказчиков до момента, когда величина потребных ресурсов перестанет превышать запасы.

Для приведения к соответствию потребных и располагаемых ресурсов необходимо выбрать соответствующий критерий. Для обоснования выбора критерия проведен вычислительный эксперимент.

Наибольшее количество удовлетворенных заказчиков в подавляющем большинстве случаев было получено при исключении заказчиков по алгоритму, учитывающему относительные потребности заказчиков и относительные значения разности фактической и требуемой исправности (относительно требуемого значения исправности). Количество удовлетворенных заказчиков, полученное с использованием данного алгоритма в среднем на 2,5% (в отдельных случаях до 10%) больше, чем в случае использования других

алгоритмов. Это справедливо для различных значений количества истребованных ресурсов и для различных значений количества располагаемых ресурсов. Следовательно, соответствующий критерий является более предпочтительным. Использование данного критерия позволяет максимизировать уровень исправности и соблюсти соответствующее условие-ограничение.

Данный критерий основан на допущении, что потребности порождаются необходимостью восстановления и поддержания исправности воздушных судов, т.е. между потребностями и исправностью воздушных судов существует прямая зависимость.

Критерий описывается с помощью соотношения:

$$K_{un}^k = \Delta b_k \Delta I_{вс}^k, \quad (9)$$

где K_{un}^k – критериальный показатель приведения к соответствию потребных и располагаемых ресурсов, учитывающий исправность ВС и потребности k -го заказчика;

Δb_k – относительные потребности k -го заказчика;

$\Delta I_{вс}^k$ – относительное значение разности фактической и требуемой исправности k -го заказчика.

Относительные потребности k -го заказчика представляют собой отношение потребностей k -го заказчика к суммарному значению потребностей всех заказчиков, заявки которых рассматриваются:

$$\Delta b_k = \frac{b_k}{\sum_{k=1}^K b_k}, \quad (10)$$

где Δb_k – относительные потребности k -го заказчика;

b_k – потребности k -го заказчика;

K – количество заказчиков.

Относительное значение разности фактической и требуемой исправности представляет собой абсолютное значение отношения разности фактической и требуемой исправности к значению требуемой исправности:

$$\Delta I_{\text{вс}}^k = \left| \frac{I_{\text{вс}}^k - I_{\text{мп}}}{I_{\text{мп}}} \right|, \quad (11)$$

где $\Delta I_{\text{вс}}^k$ – относительное значение разности фактической и требуемой исправности k -го заказчика;

$I_{\text{вс}}^k$ – фактическое значение исправности парка ВС k -го заказчика;

$I_{\text{мп}}$ – требуемое значение исправности парка ВС.

В соответствии с данным критерием из рассмотрения сначала исключаются заказчики с наибольшим значением показателя «исправность-потребности». При равенстве значений данного показателя у нескольких заказчиков исключаются те, у кого потребности выше.

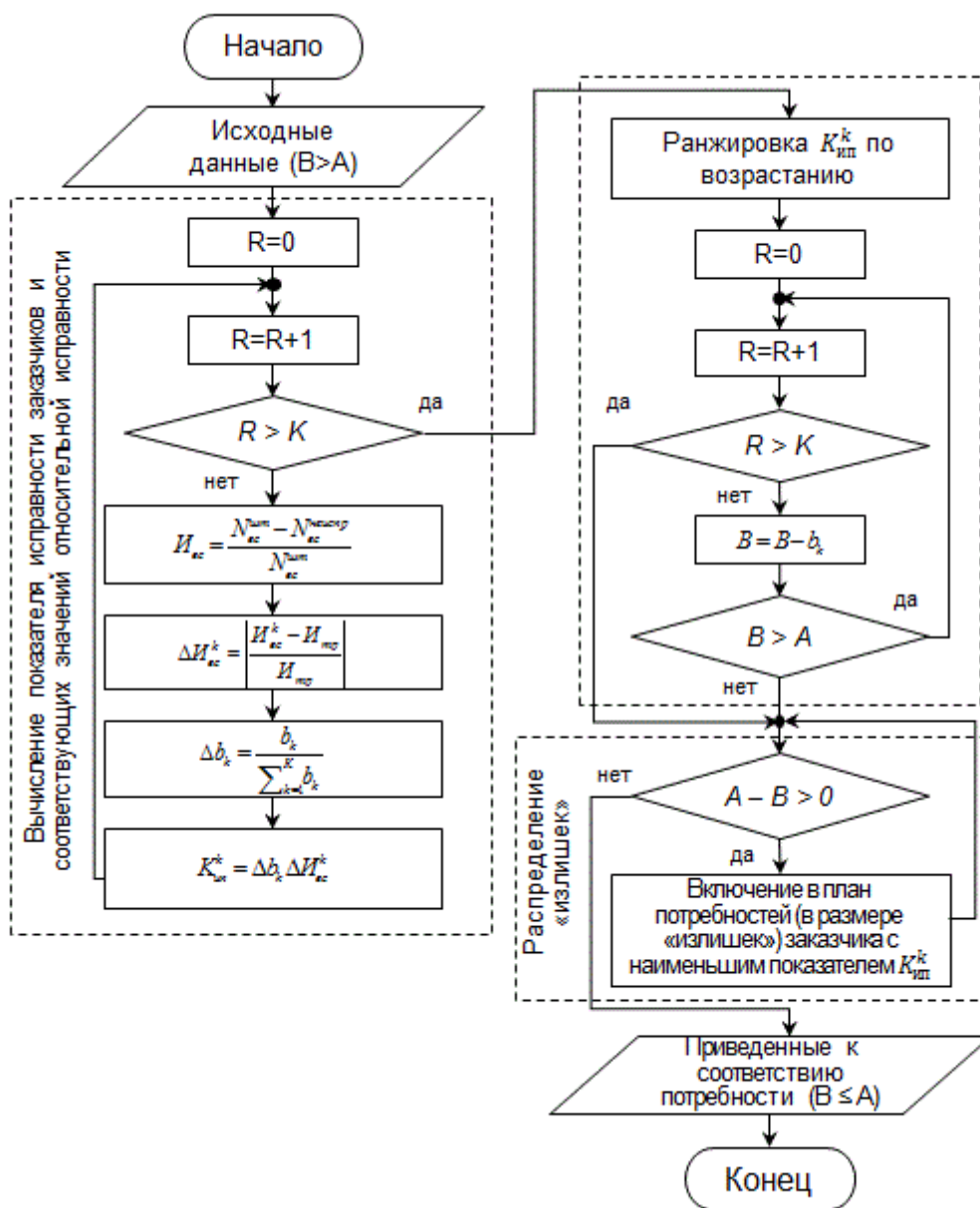


Рисунок 1 – Алгоритм приведения к соответствию истребованных и располагаемых ресурсов

Блок-схема алгоритма приведения к соответствию потребных и располагаемых ресурсов представлена на рисунке 1. Алгоритм заключается в следующем:

1. Вычисление показателя исправности парка ВС $I_{\text{вс}}^k$ по всем заказчикам, для которых решается задача распределения ресурсов (R – счетчик, K – количество заказчиков, приславших заявки).

2. На основании полученных фактических значений исправности парка ВС и требуемых значений исправности по формуле (11) вычисляются относительные значения исправности ΔI_{bc}^k по всем рассматриваемым заказчикам (R – счетчик, K – количество заказчиков, приславших заявки).

3. На основе исходных данных о потребностях заказчиков по формуле (10) вычисляются относительные потребности каждого заказчика Δb_k .

4. По формуле (9) вычисляются значения критериального показателя приведения к соответствию потребных и располагаемых ресурсов K_{un}^k .

5. Выполняется ранжировка значений K_{un}^k по возрастанию.

6. Производится итерационное удаление из рассмотрения потребности заказчика с наибольшим показателем K_{un}^k . При равенстве значений данного показателя у нескольких заказчиков исключаются те, у кого потребности выше. При равенстве потребностей – те, у кого относительная исправность больше. При равенстве значений относительной исправности заявки удовлетворятся в порядке очередности.

При этом на каждой итерации осуществляется проверка выполнения условия о том, что количество потребностей не должно превышать имеющиеся запасы. При снижении потребностей до уровня, не превышающего имеющихся запасов, удаление потребностей заказчиков прекращается.

Задача распределения ресурсов решается отдельно по каждому типу ресурса, соответственно, удаление потребностей заказчика идет по определенному типу ресурсов, которого не хватает у поставщиков, а не всех потребностей заказчика, обладающего наибольшим критерием. Это дает возможность удовлетворения данного заказчика по другим типам ресурсов.

После уменьшения потребностей заказчиков получаем новое множество истребованных ресурсов B .

7. При достижении значения величины потребностей ниже значения величины запасов появляется «излишек», заказ на который распределяется заказчику с наименьшим значением критериального показателя среди исключенных.

Применение предложенного алгоритма приведет к выполнению соответствия количества истребованных и имеющихся ресурсов. Это позволит соблюсти условия-ограничения задачи оптимального распределения ресурсов и максимально полно удовлетворить заявки заказчиков.

Целью решения данной задачи является определение стоимостной составляющей c_{lisk} оптимизируемого функционала W для решения задачи распределения ресурсов.

Необходимо определить маршруты доставки и получить значения стоимостей доставки по этим маршрутам.

Маршрут состоит из пункта отправления, пункта назначения и одного или нескольких участков пути. В искомым маршрутах пунктом отправления может быть только поставщик (склад поставщика), а пунктом назначения – только заказчик.

Для получения стоимостей маршрутов необходимо просуммировать стоимостные значения участков, составляющих данные маршруты:

$$c_{lisk} = \sum_{p=1}^P c_{plsk}, \quad (12)$$

где c_{lisk} – удельная стоимость доставки груза со склада s заказчику k в количестве, соответствующем диапазону l , руб./кг;

c_{plsk} – стоимость доставки ресурсов по участку маршрута p , $p \dots P$, руб./кг;

P – количество участков в маршруте.

Постановка задачи построения оптимальных маршрутов доставки выглядит следующим образом: имея множество складов и заказчиков, стоимостные и временные значения участков путей, соединяющих данные пункты, необходимо построить оптимальные маршруты доставки ресурсов со складов за-

казчикам с целью получения стоимостных характеристик данных маршрутов.

Информация о поставщиках, их складах, запасах складов, о стоимостных и временных характеристиках участков путей содержится в базе данных, поддерживаемой в актуальном состоянии ЦЛП.

Проведенный анализ показал, что наиболее приемлемым методом решения поставленной задачи является один из методов теории графов, называемый алгоритмом Флойда [2]. Критерий оптимальности зависит от значения приоритета заявки: «срочно», «несрочно».

Для заявок с приоритетом «срочно» критерием является минимум времени доставки. Для заявок с приоритетом «несрочно» критерием является минимум стоимости доставки, поэтому при решении задачи определения

маршрута доставки выбирается маршрут с минимальным значением стоимости доставки.

Основная идея алгоритма заключается в следующем. Пусть есть три вершины i, j, k и заданы расстояния между ними. Если выполняется неравенство $A[i, k] + A[k, j] < A[i, j]$, то целесообразно заменить прямой путь от вершины i к вершине j ($i \rightarrow j$) путем, проходящим через вершину k ($i \rightarrow k \rightarrow j$). Такая замена выполняется систематически в процессе выполнения данного алгоритма.

По завершению работы алгоритма Флойда получают две матрицы: матрицу длин кратчайших путей и матрицу вершин кратчайших путей. Данные матрицы содержат оптимальные значения весовых характеристик дуг.

На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма решения задачи построения оптимальных маршрутов доставки с использованием алгоритма Флойда.



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма решения задачи построения оптимальных маршрутов доставки

Данный алгоритм состоит в следующем:

1. Необходимо обозначить граф, на котором будем применять алгоритм Флойда, то есть обозначить все вершины и дуги графа.

Для этого, на основании информации о местонахождении рассматриваемых заказчиков, складов и перевозчиков обозначаем все вершины графа.

Затем из базы данных получаем информацию обо всех существующих вариантах доставки, осуществляемых между полученными географическими объектами, и узнаём стоимостные и временные характеристики. Это позволит нам обозначить все существующие дуги графа.

2. Необходимо уйти от многократности дуг, связывающих вершины графа, так как для заполнения начальной матрицы весов дуг необходимо одно весовое значение между двумя вершинами. Для этого необходимо из множества дуг, связывающих две вершины, выбрать две дуги – самую быструю и самую дешевую, так как оптимальные маршруты строятся для «срочных» и «несрочных» заявок. Это подразумевает наличие двух матриц, которые будут обрабатываться при помощи алгоритма Флойда. Элементами одной матрицы являются минимальные продолжительности доставок, элементами второй матрицы – минимальные стоимости.

3. В заключение осуществляется обработка полученных матриц начальных весов алгоритмом Флойда с получением двух матриц для каждого рассматриваемого случая приоритета заявок: матрицы длин кратчайших путей и матрицы вершин кратчайших путей.

При этом для заявок с приоритетом «срочно» после решения задачи осуществляется получение стоимостных значений оптимальных по времени маршрутов. Получение данной информации осуществляется на основе матрицы вершин кратчайших путей, в которой хранится информация о входящих в данные маршруты участках.

В итоге имеем возможные маршруты доставки ресурсов, характеризующиеся оптимальным временем либо стоимостью доставки. Стоимостные значения полученных маршрутов будут использованы в целевой функции.

На заключительном этапе методики решается задача определения оптимального плана поставок на множестве возможных вариантов. Полученный план позволит затратить минимум средств на осуществление доставки и при этом затратить минимум времени. Необходимые входные данные для решения данной задачи получены на более ранних этапах методики:

- определены склады, с которых будет осуществляться доставка истребованных ресурсов;

- определены типы ресурсов, которые будут доставляться заказчикам с обозначенных складов и их количество;

- выбраны возможные маршруты доставки, для которых известны стоимостные и временные характеристики.

Кроме указанных данных необходимо учитывать стоимость ресурса как изделия. Каждый поставщик устанавливает стоимость ресурса самостоятельно. Эта информация хранится в базе данных центра логистической поддержки.

Соответственно, стоимость поставки складывается из стоимости ресурса как изделия и стоимости доставки данного ресурса:

$$C_{ilsk}^{nocm} = C_{is}^{pec} + C_{lsk} m_i, \quad (13)$$

где C_{ilsk}^{nocm} – стоимость поставки единицы материального ресурса i -го типа s -м поставщиком k -му заказчику при доставке количества ресурса, находящегося в границах диапазона l , руб.;

C_{is}^{pec} – стоимость ресурса i -го типа у s -го поставщика, руб.;

C_{lsk} – удельная стоимость доставки s -м поставщиком k -му заказчику груза массой, соответствующей диапазону l , руб./кг;

m_i – масса ресурса i -го типа, кг.

Особенность решаемой задачи распределения ресурсов и отличие от подобных задач, решавшихся ранее, заключается в том, что она учитывает дискретную зависимость стоимости доставки от количества доставляемого

ресурса. Для этого в модели необходимо использовать определенные логические условия (принимающие значения «истинно» и «ложно»).

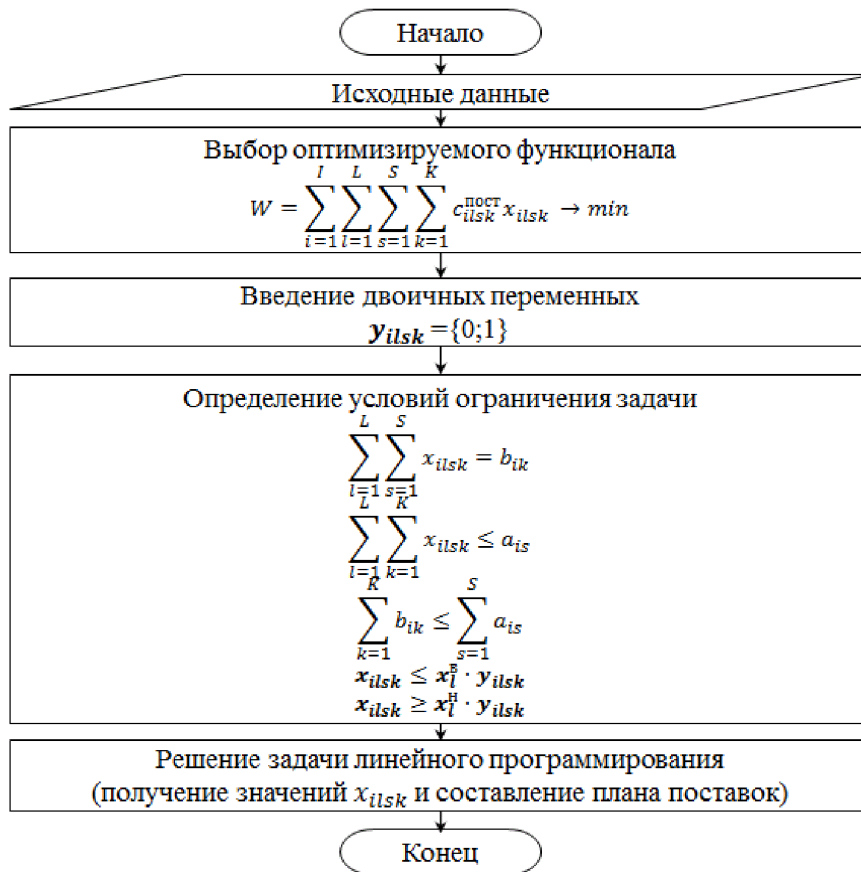


Рисунок 3 – Блок-схема решения задачи определения оптимального плана распределения заказов на ресурсы

Для решения задачи предлагается следующий алгоритм (блок-схема представлена на рисунке 3):

1. В соответствии с полученными на предыдущих этапах данными о стоимости оптимальных маршрутов необходимо построить матрицы стоимостей поставки для соответствующего множества выбранных диапазонов количества доставляемых ресурсов.

2. Выбрать оптимизируемый функционал решаемой задачи W , учитывающий минимизацию стоимости поставки ресурсов всем заказчикам (k) по всем поставщикам (s), типам

ресурсов (i) и диапазонам количества доставляемого ресурса (l):

$$W = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K c_{ilsk}^{nocm} x_{ilsk} \rightarrow \min, \quad (14)$$

где c_{ilsk}^{nocm} – стоимость поставки единицы материального ресурса i -го типа s -м поставщиком k -му заказчику при доставке количества ресурса, находящегося в границах диапазона l , руб.;

x_{ilsk} – количество материального ресурса i -го типа, поставляемого s -м поставщиком k -му заказчику по расценкам, соответствующим диапазону l .

3. Ввести бинарные переменные, принимающие значения 0 или 1 в зависимости от того поставляется ли ресурс данному заказчику определенным поставщиком в каком-либо диапазоне количества доставляемого ресурса.

Обозначим данную переменную y . Данная переменная интерпретируется следующим образом:

если $y_{ilsk} = 1$, то поставка ресурса i -го типа k -му заказчику s -м поставщиком по расценкам на доставку, соответствующим диапазону l , производится;

если $y_{ilsk} = 0$, то поставка ресурса i -го типа k -му заказчику s -м поставщиком по расценкам на доставку, соответствующим диапазону l , не производится.

Таким образом, появляется матрица Y , соответствующая матрице количеств доставляемых ресурсов X .

4. Определить условия-ограничения решаемой задачи.

Первое условие-ограничение заключается в необходимости максимально полно удовлетворить заявки заказчиков по каждому поставляемому типу материальных ресурсов i , т.е. должно выполняться условие:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{s=1}^S x_{ilsk} = b_{ik}, \quad (15)$$

В соответствии со вторым ограничением суммарное количество i -го ресурса, поставляемое s -м поставщиком всем заказчикам, не должно превышать запаса ресурсов, имеющегося у данного поставщика:

$$\sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K x_{ilsk} \leq a_{is}, \quad (16)$$

Согласно третьему условию-ограничению суммарное количество ресурса, истребованное всеми заказчиками, не должно превышать суммарного количества запасов, имеющихся у поставщиков:

$$\sum_{k=1}^K b_{ik} \leq \sum_{s=1}^S a_{is}, \quad (17)$$

Логические условия, позволяющие выбрать диапазон, реализуются путем добавления ряда условий-ограничений:

$$\begin{aligned} x_{ilsk} &\leq x_l^e y_{ilsk}, \\ x_{ilsk} &\geq x_l^h y_{ilsk}, \end{aligned} \quad (18)$$

где x_l^e, x_l^h – соответственно верхняя и нижняя границы диапазона l .

Смысл данных ограничений заключается в том, что величина поставки, производимая по расценкам, соответствующим определенному диапазону количества доставляемого ресурса, должна находиться в пределах границ данного диапазона.

При $y_{ilsk} = 1$, то есть когда поставка производится, количество ресурса x_{ilsk} должно находиться в границах диапазона, то есть $x_l^h \leq x_{ilsk} \leq x_l^e$.

При $y_{ilsk} = 0$ получаем следующие два неравенства $x_{ilsk} \leq 0$ и $x_{ilsk} \geq 0$. Решением этих двух неравенств будет $x_{ilsk} = 0$, что означает, что поставка не осуществляется и условие-ограничение соблюдено.

Кроме того, в качестве ограничения необходимо указать, что логические переменные y_{ilsk} являются двоичными, т.е. принимают значения $\{0, 1\}$.

5. Имея все необходимые данные и условия, решаем оптимизационную задачу линейного программирования, применяя соответствующий математический аппарат.

Таким образом, имея необходимую информацию для решения задачи поиска оптимальных вариантов распределения заказов на материальные ресурсы и учитывая ограничения, накладываемые на решение, мы получим минимальное значение оптимизируемого функционала и соответственно оптимальный план доставки ресурсов со складов поставщиков эксплуатирующим частям (заказчикам).

Разработанная методика позволяет:

- снизить стоимость поставок ресурсов;
- уменьшить время организации поставок ресурсов;
- повысить уровень исправности АТ ВВС.

На основании полученных законов распределения количества заказчиков и количе-

ства типов ЗЧМ в типовом плане поставок определен средний экономический эффект от реализации одного плана поставок. Он составляет 37,6%.

Кроме экономического эффекта методика позволяет повысить оперативность организации поставок. Время организации поставок в системе ИЛП составляет 30 часов, что в 11 раз меньше, чем в существующей системе в соответствии с руководством по обеспечению запасными частями авиационной техни-

ки, простаивающей в неисправном состоянии из-за их отсутствия.

При проведении эксперимента по приведению к соответствию потребных и располагаемых ресурсов было установлено, что выбранный критерий позволяет увеличить количество эксплуатируемых частей с требуемой исправностью парка ВС в среднем на 2,5% за счет удовлетворения потребностей большего количества заказчиков.

Список использованных источников

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.
2. Гервальд А.В. Построение оптимальных маршрутов доставки запасных частей в перспективной системе поставок. Информационно-измерительные и управляющие системы // Труды Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н.Е. Жуковского. Серия «Пилотажно-навигационные комплексы и авиационные электросистемы». – 2008. – № 2. – Т. 6.

М.В.Шубин
Е.А.Ермаков

Методический подход к расчету контрактной цены ремонта авиационной техники военного назначения с учетом результатов оценки ее технического состояния

В статье рассматриваются вопросы формирования контрактных цен ремонта авиационной техники военного назначения в рамках сервисного обслуживания по государственному оборонному заказу.

В условиях интенсивной эксплуатации авиационной техники военного назначения количество самолетов, передаваемых в ремонт, ежегодно растет, увеличивается нагрузка предприятий авиаремонтной отрасли. Реализация трехгодичного среза государственного оборонного заказа в период с 2011-2013 гг. в части ремонта и модернизации самолетов показала положительную динамику объемов ремонтируемой и модернизируемой продукции по заказам Минобороны России. За три истекших года количество поставленной авиаремонтными предприятиями продукции увеличилось на 28%, при этом суммарная стоимость поставок возросла на 43%¹.

Важной задачей в поддержании устойчивого роста объемов ремонтного производства является соблюдение баланса расходов заказчика на ремонт единицы авиационной техники и реальных издержек исполнителя на его выполнение. Одним из факторов, способствующих ее решению, является повышение достоверности и обоснованности контрактных цен.

В настоящее время по некоторым образцам авиационной техники разница прогнозной цены единицы продукции (ориентировочной цены) и цены, по которой произведен окончательный расчет с предприятием (твердофиксированной цены), может состав-

лять до 30%². Основными причинами отклонения являются неопределенности как технического, так и экономического характера, возникающие при формировании прогнозной (ориентировочной) цены и, непосредственно, контрактации:

а) Технические неопределенности:

- фактическое состояние элементов, составляющих конструкцию самолета, его основных, дублирующих систем, блоков, агрегатов;

- расход сырья, материалов, запасных частей, комплектующих изделий, изделий собственного производства на единицу продукции;

- количество агрегатов, комплектующих изделий, передаваемых в ремонт по кооперации;

- запасы ресурсов самолета и его комплектующих.

б) Экономические неопределенности:

- трудозатраты на ремонт единицы продукции;

- цены поставок сырья и материалов, полуфабрикатов, запасных частей и комплектующих изделий.

Достоверность контрактных цен зависит также от специфики вида ремонта авиацион-

1 По результатам анализа количественной и стоимостной статистики выполнения государственного оборонного заказа 2011-2013 гг. в части ремонта и модернизации авиационной техники военного назначения.

2 Предельная относительная величина отклонения ориентировочной цены от твердофиксированной цены, рассчитанная по результатам анализа статистики контрактных цен ремонта авиационной техники военного назначения, выполняемого Открытым акционерным обществом «121 авиационный ремонтный завод» в 2011-2013 гг.

ной техники. В условиях заводского ремонта выполняются средний ремонт, ремонт по техническому состоянию и капитальный ремонт. Одним из характерных показателей вида ремонта является технологическая трудоем-

кость. На рисунке 1 качественно показано распределение технологической трудоемкости ремонта самолетов одного типа по видам ремонта.

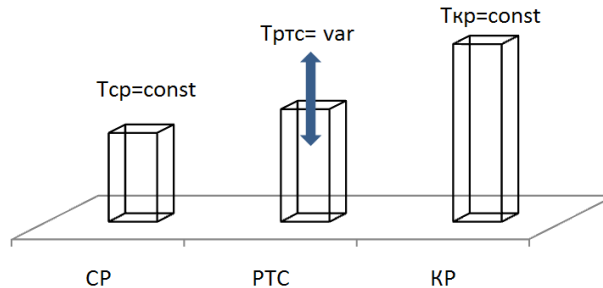


Рисунок 1 – Распределение технологической трудоемкости по видам ремонта авиационной техники (T_{cp} – технологическая трудоемкость среднего ремонта (CP); T_{ptc} – технологическая трудоемкость ремонта по техническому состоянию (PTC); T_{kp} – технологическая трудоемкость капитального ремонта)

Графическое изображение распределения технологических трудоемкостей описывает суммарные трудозатраты основного производственного персонала предприятия на выполнение условно-постоянного (T_{cp} , T_{kp}) и условно-переменного (T_{ptc}) объемов технологических операций. Основное отличие их заключается в том, что при выполнении предприятием установившегося среднего или капитального ремонтов трудозатраты технологического процесса обусловлены фиксированной последовательностью технологических операций, раскрывающих структуру и содержание конструкторской документации: руководств по среднему или капитальному ремонтам. При этом статистические трудозатраты на выполнение данных видов ремонта позволяют исполнителю обоснованно рассчитать затраты, составляющие фонд оплаты труда основного производственного персонала, при планировании очередной контрактной цены.

При выполнении серийного ремонта авиационной техники по техническому состоянию объем технологических операций ремонта изменяется в зависимости от технического состояния самолета и его комплектую-

щих. Технологический процесс ремонта регулируется перечнями обязательных работ, выполняемых при ремонте авиационной техники, где часть комплектующих изделий ремонтируется капитальным ремонтом, другая часть – ремонтом по техническому состоянию различных категорий. Ключевым этапом оценки технического состояния самолета и его комплектующих изделий является его дефектация, по результатам которой формируется требуемое количество материалов, запасных частей, изделий собственного производства, необходимый объем работ с привлечением кооперации, а также требуемые трудозатраты. На сегодняшний день результаты анализа потребных ресурсов в цене не используются, поэтому нередко оценки затрат на ремонт единицы продукции носят укрупненный или заниженный характер.

Выбор вида ремонта является прерогативой заказчика, обусловленный потребностью поддержания исправного состояния и ресурсов авиационного парка. Однако сочетание требуемых показателей качества авиационной техники и затрат наиболее эффективно обеспечивает ремонт по техническому состоянию, что подтверждает статистика трех-

летнего периода заказов в рамках сервисного обслуживания авиационной техники. При этом несмотря на высокую эффективность данного вида ремонта методические подходы расчета величин затрат, формирующих ориентировочную и твердофиксированную цены ремонта единицы продукции, требуют совершенствования с учетом его специфики.

Анализ производственной себестоимости, формирующей уровень твердофиксированной цены ремонта самолета Су-25УБ с ремонтом двигателей, выполняемого Открытым акционерным обществом «121 авиационный ремонтный завод» в 2013 году, показал увеличение себестоимости, формирующей уровень ориентировочной цены, на 30%. Наиболее значимый прирост произошел по статье «Работы и услуги сторонних организаций» и составил 20% от планируемых затрат. По расходам на материалы увеличение составило 15%, по фонду оплаты труда – 18%, накладные расходы увеличились пропорционально росту основной заработной платы основного производственного персонала предприятия.

В целом, опираясь на результаты анализа, можно сказать, что увеличение производственной себестоимости произошло из-за расширения номенклатуры забраковки комплектующих изделий, а также увеличения количества узлов и агрегатов, направляемых в ремонт по кооперации. Соответственно увеличилась и технологическая трудоемкость ремонта. Если предположить, что возможности заказчика допускают компенсацию такого роста в цене окончательного расчета, то расходы по материальным затратам и работам на стороне, оплате труда могут быть приняты по фактическим величинам.

Однако на фоне ограниченности лимитов денежных средств заказчика на оплату выполненных работ рост цены единицы продукции порядка 25-30% повышает риск убыточности ремонта. Поэтому важно достоверно прогнозировать контрактные цены, с учетом потребного запаса времени на их согласование с контролирующими организациями, тре-

бования к которому устанавливаются условиями контракта.

На сегодняшний день условия типового контракта на ремонт авиационной техники военного назначения по техническому состоянию предусматривают перевод прогнозной (ориентировочной) цены ремонта единицы продукции, являющейся фактически, в том числе предельной, в твердофиксированную цену. В соответствии с условиями контракта формирование твердофиксированной цены предусмотрено на заключительном этапе исполнения предприятием обязательств, то есть по окончании года. На практике, формирование данной цены происходит с существенным запозданием, а окончательный расчет часто осуществляется в середине второго квартала года, следующего за отчетным годом. Это обусловлено принятой де-факто сторонами контракта экономической стратегией расчетов с исполнителем, не учитывающей различия в методиках расчета твердофиксированной цены субъектами экономических отношений (исполнитель, заказчики, военные представительства). К тому же, нормативно-методическое обеспечение расчета цены ремонта авиационной техники не предусматривает единого подхода к оценке экономической обоснованности затрат, составляющих производственную себестоимость твердофиксированной цены, а потому допускает субъективизм и различное трактование сторонами договора одних и тех же фактов.

Исполнитель заинтересован в том, чтобы производственная себестоимость, формирующая уровень твердофиксированной цены, складывалась из фактических затрат предприятия на ремонт единицы продукции. Поэтому критерием экономической обоснованности затрат для исполнителя является их фактическая, подтвержденная величина.

В свою очередь заказчики и военные представительства проводят анализ производственной себестоимости с учетом фактических затрат предприятия на ремонт однотипной продукции в предыдущем периоде и

регулируют рост цены, учитывая ограничения, накладываемые нормативно-правовой документацией и лимитами бюджетных обязательств. При этом часто в качестве критерия экономической обоснованности затрат используется критерий минимизации, т.е. исходя из анализа соотношения плановых и фактических расходов, в расчет принимается минимальный показатель. Нередко ограничителями в твердофиксированной цене являются прогнозные показатели индексов цен производителей по видам экономической деятельности, утвержденные Министерством экономического развития Российской Федерации. При этом применяются метод индексации цены и метод индексации по статьям затрат¹.

Использование различных подходов к оценке твердофиксированной цены ремонта единицы продукции затрудняет согласование затрат заказчиками и военными представителями, а также часто снижает рентабельность ремонта менее предельно-минимального размера 5%, установленного приказом Федеральной службы от 15.12.2006 г. № 394 «Об утверждении Методических рекомендаций по определению уровня рентабельности при производстве продукции (работ, услуг) оборонного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу».

Таким образом, на практике, принятая модель экономических отношений исполнителя, заказчиков и военных представительств не всегда работает эффективно.

Во-первых, из-за отсутствия чувствительности ориентировочной цены контракта к действительному техническому состоянию ремонтного фонда, поступившего из эксплуатирующей организации. Данное обстоятельство сужает границы применения данной цены

1 Приказ Министерства экономического развития и торговли Российской Федерации от 16.04.2008 г. № 104 «Об утверждении порядка применения индексов цен и индексов-дефляторов по видам экономической деятельности при прогнозировании цен на продукцию военного назначения, поставляемую по государственному оборонному заказу».

для целей расчета полной стоимости контракта и авансирования исполнителя.

Во-вторых, экономическая модель контракта не учитывает меры антимонопольного регулирования, предусматривающие уведомление антимонопольного органа в случае превышения предлагаемой предприятием цены более чем на пять процентов от цены, рассчитанной с применением индексов цен². Это ограничивает возможность компенсации в цене окончательного расчета фактических затрат на ремонт единицы продукции. Другими словами, в случае существенного физического износа конструкции поступившего в ремонт самолета и его комплектующих изделий (календарная продолжительность эксплуатации и суммарная наработка ремонтного фонда часто составляют 80-90% от назначенных показателей), потребные ресурсы на его ремонт будут значительно отличаться в большую сторону от средних значений, формирующих ориентировочную цену ремонта.

В-третьих, субъектами экономических отношений (заказчик, исполнитель, военное представительство) не выработано единого понимания критериев экономической обоснованности величин затрат, составляющих производственную себестоимость и уровень твердофиксированной цены, как следствие отсутствует единый методический подход к их оценке.

В-четвертых, существует значительный временной интервал между заключением контракта по прогнозным (ориентировочным) ценам и фактическим ростом цен на материалы (сырье и материалы, запасные части, комплектующие и др.). Зачастую такое увеличение цен превышает индексы цен, установленные Министерством экономического развития Российской Федерации, что также снижает уровень рентабельности ремонта.

К тому же, в течение года исполнителем реализуются планы опережающих закупок сырья и материалов, запасных частей, комплектующих изделий, формируется фонд

2 Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе».

изделий собственного производства, исполнитель несет расходные обязательства, необходимые для обеспечения ритмичности производственного процесса в перспективе и развития производственной базы предприятия. И, хотя подобные денежные расходы не влияют на себестоимость заказов, но ведут к кассовым разрывам, и, как следствие, исполнитель вынужден прибегать к заемному финансированию, что также снижает рентабельность его производства и ведет к увеличению цены ремонтируемой продукции. При этом возможность включения указанных затрат в цену ограничена как ставкой рефинансирования, так и общим плановым объемом накладных расходов, принимаемых при расчете цены. Таким образом, формирование твердо-фиксированной цены и окончательный расчет с исполнителем по завершении отчетного года не позволяет в полной мере осуществить подготовку потребных материально-производственных запасов на очередной период выполнения государственного оборонного заказа.

Необходимость повышения достоверности и обоснованности контрактных цен сочетается с потребностью корректировки экономической модели контракта. Решение этих задач позволит выявить объективный характер затрат предприятия, а окончательный расчет с исполнителем провести по факту подписания приемо-сдаточного акта передачи самолета из ремонта в эксплуатацию.

Предлагаемая к рассмотрению экономическая модель контракта предусматривает переход от ориентировочной цены контракта к фиксированной цене на этапе дефектации авиационной техники. Как правило, этот период составляет 15-20% реализации технологического процесса, когда формируется реальная потребность в материальных ресурсах, есть понимание норм их расхода, а также необходимости отправки комплектующих изделий в ремонт по кооперации. Результаты дефектации позволяют исполнителю достоверно спланировать объем ресурсов, потреб-

ных для ремонта самолета и его комплектующих, а также рассчитать технологическую трудоемкость ремонта. В результате расчетная величина производственной себестоимости, формирующая уровень фиксированной цены, будет объективно учитывать техническое состояние самолета и его комплектующих изделий, а составляющие ее затраты проявят индикативные свойства. При этом формирование фиксированной цены необходимо производить не в среднем по контракту на тип самолета, а по бортам.

Область применения ориентировочной цены предлагается ограничить задачей первоначального авансирования исполнителя. Поэтому методики формирования затрат, составляющих производственную себестоимость ориентировочной цены, рассматривались авторами только на предмет адаптации к указанной задаче.

Достижение эффекта от применения данной модели возможно при соблюдении следующих условий:

- заключение контракта с исполнителем осуществляется в соответствии с установленным законодательством сроком;
- поставки материальных ресурсов осуществляются своевременно, в соответствии с условиями смежных договоров;
- ремонтный фонд на момент заключения контракта находится на предприятии, приемо-сдаточные акты передачи авиационной техники из эксплуатации в ремонт подписаны.

Принимая во внимания данные ограничения, фиксированная цена с учетом потребных ресурсов на реализацию ремонта единицы продукции может быть рассчитана по формуле:

$$Ц_{\phi} = C_{np}^{pmc} + \gamma + П,$$

где C_{np}^{pmc} – производственная себестоимость ремонта по техническому состоянию самолета и его комплектующих изделий;

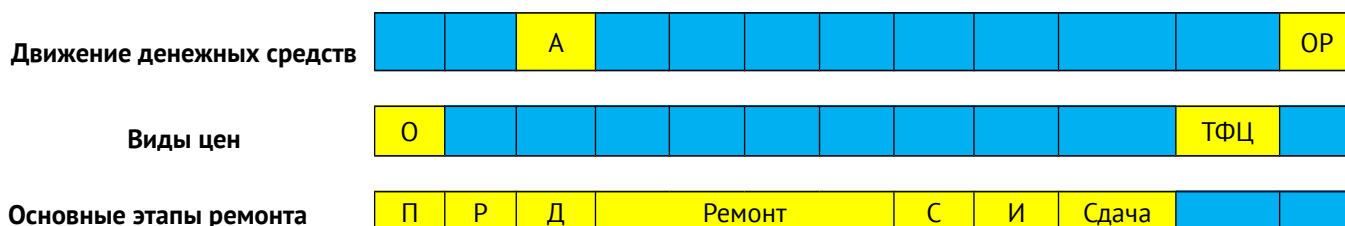
γ – внепроизводственные расходы, а также иные, предусмотренные условиями контракта расходы;

$П$ – расчетная величина прибыли.

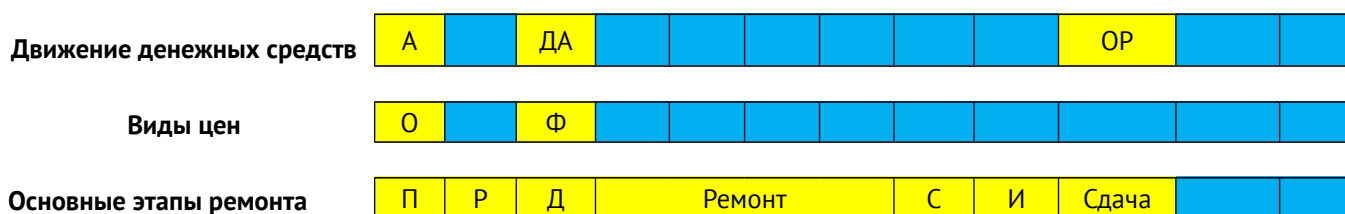
Структура затрат, составляющих производственную себестоимость фиксированной цены, определяется в соответствии с порядком определения состава затрат на производство продукции оборонного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу, утвержденным приказом Минпромэнерго России от 23.08.2006 г. № 200.

При этом расчетная величина прибыли в составе цены не может превышать 1% привлеченных затрат и 20% собственных затрат (постановление Правительства Российской Федерации от 5.12.2013 г. № 1119 «Об утверждении положения о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу»).

Реализованная в контрактах схема:



Предлагаемая к реализации в контрактах схема:



Движение денежных средств	А	Аванс: получение исполнителем аванса по заключенному контракту
	ОР	Окончательный расчет: получение исполнителем окончательного расчета по контракту
	ДА	Доавансирование: изменение размера выплаченного аванса по результатам дефектации и согласования цены
Виды цен	О	Ориентировочная цена: цена, по которой заключается договор с исполнителем и производится авансирование
	Ф	Фиксированная цена: цена, формируемая по результатам дефектации для окончательного расчета
	ТФЦ	Твердофиксированная цена: цена, формируемая на заключительном этапе ремонта для окончательного расчета
Основные этапы ремонта	П	Приемка: приемка подлежащих ремонту изделий исполнителем
	Р	Разборка: разборка изделий исполнителем
	Д	Дефектация: определение степени пригодности деталей и узлов ремонтируемого изделия, уточнение норм расходов и трудоемкости
	Ремонт	Ремонт: осуществление процесса ремонта изделия
	С	Сборка: сборка отремонтированного изделия исполнителем
	И	Испытания: контроль технических характеристик объекта на соответствие требованиям нормативно-технической документации
	Сдача	Сдача: передача отремонтированного изделия в эксплуатирующую организацию

Рисунок 2 – Схемы формирования контрактных цен, расчетов с исполнителем и основные этапы ремонта

Расчет производственной себестоимости единицы продукции выполняется по формуле:

$$C_{np}^{pmc} = \left[\sum_{i=1}^m n_i \cdot \dot{C}_i + \sum_{j=1}^p n_j \cdot \dot{C}_j + \sum_{k=1}^r C_k \right] + f(T_{pmc}) + \Delta,$$

где n_i – уточненная по результатам дефектации норма расхода i -й номенклатурной позиции перечня материалов, $1 \leq i \leq m$;

\dot{C}_i – удельная стоимость i -го материала;

n_j – уточненная по результатам дефектации норма расхода j -й номенклатурной позиции перечня запасных частей, $1 \leq j \leq p$;

\dot{C}_j – удельная стоимость j -й запасной части;

C_k – стоимость работ и услуг сторонних организаций, $1 \leq k \leq r$;

T_{pmc} – технологическая трудоемкость ремонта единицы продукции по техническому состоянию;

$f(T_{pmc})$ – фонд оплаты труда основного производственного персонала на единицу продукции;

Δ – суммарные накладные расходы и иные затраты на единицу продукции.

В качестве допущения принято несущественным влияние технического состояния

самолета и его комплектующих на распределение накладных расходов и иных затрат, списываемых на единицу продукции.

На рисунке 2 показаны формализованные этапы технологического процесса ремонта, виды цен и этапы расчета с исполнителем.

Таким образом, обеспечение баланса интересов субъектов экономических отношений достигается в первую очередь за счет прозрачности составляющих производственную себестоимость затрат. Опираясь на принцип оценки фактической потребности в ресурсах, процесс контроля затрат адаптируется к производственному процессу, что повышает его результативность и упорядочивает во времени.

Предлагаемый к рассмотрению методический подход к расчету фиксированной цены позволяет в процессе ремонта обеспечить ее обоснованность и согласованность, а окончательный расчет провести по факту передачи авиационной техники в эксплуатацию. Эффект от внедрения данного подхода проявляется не только в поддержании заказчиком финансовой устойчивости предприятий авиаремонтной отрасли, но и в возможности совершенствования своей планово-расчетной деятельности в пределах установленных лимитов.

Д.В.Иванцов

Оценка производственных возможностей предприятий оборонно-промышленного комплекса в интересах формирования государственного оборонного заказа в части закупок вооружения, военной и специальной техники

В статье рассматривается задача оценки производственных возможностей предприятия. Предложена методика решения задачи с использованием аппарата производственных функций. Приведены примеры демонстрирующие работоспособность методики оценки производственных возможностей предприятия при закупке у него одного и двух типов вооружения, военной и специальной техники.

Развитие системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) осуществляется в соответствии с государственной программой вооружения (ГПВ), которая разрабатывается один раз в 5 лет на 10-летний период.

Одним из факторов, накладывающих определенные ограничения на развитие системы вооружения, являются возможности предприятий ОПК по удовлетворению потребностей ВС РФ в вооружении, военной и специальной технике (ВВСТ) [1]. В настоящее время ГПВ, в отличие от своей предшественницы, нацелена в первую очередь на масштабное перевооружение соединений и воинских частей ВС РФ, поэтому определяющим фактором ее успешной реализации являются возможности предприятий ОПК по производству ВВСТ.

Для учета возможностей предприятий ОПК Правилами разработки и реализации государственной программы вооружения, утвержденными Указом Президента Российской Федерации от 2 июля 2013 года № 599, предусмотрена оценка возможности реализации мероприятий ГПВ предприятиями ОПК, которая проводится Минпромторгом России. На основе результатов этой оценки определяются окончательные параметры мероприятий ГПВ.

Однако с момента оценки возможности реализации мероприятий ГПВ и до формирования проекта государственного оборонного

заказа (ГОЗ), как среза ГПВ, существует определенный временной интервал, в течение которого ввиду различных причин производственные возможности предприятий ОПК могут меняться, причем чем больше этот временной интервал, тем больше может быть погрешность этой оценки.

Таким образом, при формировании ГОЗ возникает объективная необходимость оценки производственных возможностей предприятий ОПК в целях определения их способности обеспечить поставки ВВСТ в заданные сроки и в требуемом объеме. Это особенно актуально, учитывая тот факт, что в настоящее время производственные возможности предприятий ОПК не в полной мере удовлетворяют потребностям ВС РФ в ВВСТ [2].

Постановка задачи

Пусть известен план закупок образца ВВСТ на отрезок времени $[t_{НЗ}, t_{КЗ}]$ (рисунок 1), которым заданы ежегодные объемы его закупок Q_t у предприятия-производителя. Кроме того, для отрезка времени $[t_{НЗ}, t_{КЗ}]$ известны себестоимость производства одного образца ВВСТ на этом предприятии c_t^1 и нормативные трудозатраты, затрачиваемые предприятием на изготовление одного такого образца ВВСТ TZ_t^1 .

Также, за некоторый отрезок времени $[t_c, t_{НЗ}]$, предшествующий плану закупок образца ВВСТ (рисунок 1), известны характери-

стики предприятия, такие как себестоимость всей произведенной им продукции C_t , объемы его основных OF_t и оборотных фондов $ОбФ_t$ (в стоимостном выражении), ве-

личина амортизации его основных фондов A_t и среднесписочная численность его производственного персонала L_t .

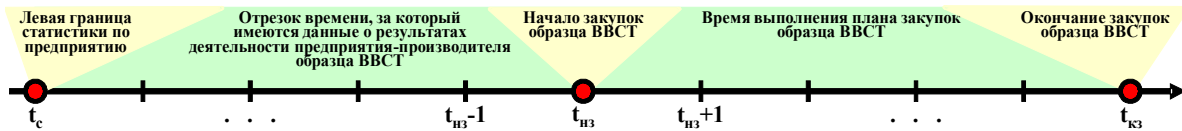


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Требуется оценить потенциальные возможности предприятия по производству образца ВВСТ Q_t^p на время выполнения плана закупок.

Методика решения задачи

Для решения поставленной задачи используем аппарат производственных функций, так как их использование при моделировании производственного процесса позволяет рассматривать его как открытую систему, входами которой служат затраты ресурсов, а выходами – объем продукции, выраженный в натуральном или стоимостном выражении [3-5]. Таким образом, производственную функцию можно трактовать как технологические ограничения, налагаемые на предприятие, которые определяют границу его производственных возможностей в виде набора комбинаций затрачиваемых ресурсов [6]. При этом, в отличие от других методов оценки производственных возможностей, сам процесс преобразования ресурсов в готовую продукцию не рассматривается, так как это требует детального изучения организации производства на предприятии, что не всегда представляется возможным.

Замысел решения задачи заключается в следующем: на основе данных о предприятии за отрезок времени $[t_c, t_{нз}]$ оценить его потенциальные возможности по производству образца ВВСТ Q_t^p на время выполнения плана закупок.

Сначала оценим потенциально возможные ежегодные объемы производства образца ВВСТ Q_t^p предприятием на отрезке времени $[t_c, t_{нз}]$,

для чего воспользуемся производственной функцией Леонтьева. Использование функции Леонтьева объясняется тем, что она позволяет определить потенциально возможное количество выпускаемой продукции исходя из затрат ресурсов, необходимых для изготовления одной единицы выпускаемой продукции [3-5]:

$$Q_t^p = \min(Q_t^K, Q_t^L), \tag{1}$$

где Q_t^K – стоимостная производительность, определяющая потенциально возможный объем производства образца ВВСТ, исходя из объема производственных фондов, которым располагает предприятие;

Q_t^L – трудовая производительность, определяющая потенциально возможный объем производства образца ВВСТ, исходя из объема трудовых ресурсов, которыми располагает предприятие.

Согласно (1) потенциально возможный объем производства образца ВВСТ Q_t^p предприятием в t -м году будет равен минимуму из значений его стоимостной Q_t^K и трудовой Q_t^L производительностей.

Стоимостная производительность Q_t^K предприятия в t -м году определяется следующим образом:

$$Q_t^K = \frac{ПФ_t}{C_t^1}, \tag{2}$$

где $ПФ_t$ – объем производственных фондов предприятия в t -м году, стоимость которых переносится на себестоимость производимой продукции.

Так как производственные фонды предприятия представляют собой совокупность основных и оборотных фондов [7], то объем производственных фондов предприятия в t -м году, стоимость которых переносится на себестоимость выпускаемой продукции $ПФ_t$, определяется как сумма оборотных фондов, которыми располагает предприятие $ОбФ_t$ и величины амортизации его основных фондов A_t :

$$ПФ_t = ОбФ_t + A_t. \quad (3)$$

Трудовая производительность Q_t^L предприятия в t -м году определяется как отношение располагаемых им трудозатрат $TЗ_t^p$ к нормативным трудозатратам на изготовление одного образца ВВСТ $TЗ_t^1$:

$$Q_t^L = \frac{TЗ_t^p}{TЗ_t^1}. \quad (4)$$

Располагаемые предприятием трудозатраты $TЗ_t^p$, определяются выражением:

$$TЗ_t^p = ФРВ_t \cdot L_t, \quad (5)$$

где $ФРВ_t$ – годовой фонд рабочего времени, который определяется регламентом рабочего времени производственного персонала предприятия.

В итоге, подставив (2)-(5) в (1), получим следующее выражение для функции Леонтьева:

$$Q_t^{max} = \min \left(\frac{ОбФ_t + A_t}{c_t^1}, \frac{ФРВ_t \cdot L_t}{TЗ_t^1} \right). \quad (6)$$

Таким образом, используя функцию Леонтьева, можно оценить потенциально возможные ежегодные объемы производства образца ВВСТ Q_t^p предприятием на отрезке времени $[t_c, t_{нз}]$ даже в том случае, если данный образец ВВСТ в этот промежуток времени фактически не выпускался предприятием. Для этого стоит лишь привести значения себестоимости производства одного такого образца ВВСТ c_t^1 в цены соответствующих лет при помощи индексов цен производителей промышленных товаров.

Для оценки потенциально возможных ежегодных объемов производства образца

ВВСТ предприятием Q_t^p на отрезке времени $[t_c, t_{нз}]$ воспользуемся производственной функцией Кобба-Дугласа [3-5]:

$$C_t^p = A \cdot K_t^\alpha \cdot L_t^{(1-\alpha)}, \quad (7)$$

где $C_t^p = Q_t^p \cdot c_t^1$ – себестоимость потенциально возможного объема производства образца ВВСТ в t -м году;

$K_t = ОФ_t + ОбФ_t$ – объем производственных фондов предприятия в t -м году;

$\alpha > 0$ – постоянное число;

$A \approx 1$ – коэффициент масштаба.

Для устранения влияния мультиколлинеарности между объемом производственных фондов K_t предприятия и среднесписочной численностью его производственного персонала L_t представим (7) в следующем виде:

$$\frac{C_t^p}{L_t} = A \cdot \left(\frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha. \quad (8)$$

Так как отношение $\frac{C_t^p}{L_t}$ характеризует потенциально возможную выработку на одного производственного рабочего V_t^p , а отношение

$\frac{K_t}{L_t}$ – фондовооруженность предприятия

$ФВ_t$, то функцию (8) можно представить в следующем виде:

$$V_t^p = A \cdot (ФВ_t)^\alpha. \quad (9)$$

Как видно, функция (9) представляет собой степенную регрессионную модель. Поэтому для построения функции (9), для рассматриваемого предприятия, необходимо использовать статистические данные за отрезок времени $[t_c, t_{нз}]$ об объеме его производственных фондов K_t , среднесписочной численности его производственного персонала L_t , а также результаты оценки на этом отрезке времени потенциально возможных объемов производства образца ВВСТ Q_t^p , полученные с помощью функции (6).

Следует отметить, что коэффициент масштаба A после оценки параметров регрессионной модели может существенно отли-

чатся от единицы, что может поставить под сомнение адекватность модели. Поэтому функцию (9) следует масштабировать, приняв, что $A=1$, то есть:

$$V_t^p = (\Phi B_t)^{\alpha'}, \alpha' > 0. \quad (10)$$

Прологарифмировав (10), получим линейное уравнение регрессии, параметры которого можно оценить методом наименьших квадратов:

$$\frac{\partial G}{\partial \alpha'} = 2 \cdot \sum_{t=t_c}^{t_0} [(\ln(V_t^p) - \alpha' \cdot \ln(\Phi B_t)) \cdot (-\ln(\Phi B_t))]. \quad (13)$$

Приравняв выражение (13) к нулю, получим следующее выражение для α' :

$$\alpha' = \frac{\sum_{t=t_c}^{t_0} [\ln(V_t^p) \cdot \ln(\Phi B_t)]}{\sum_{t=t_c}^{t_0} [\ln^2(\Phi B_t)]}. \quad (14)$$

Далее при помощи уже известной функции (10) можно произвести оценку потенциально возможных ежегодных объемов производства образца ВВСТ Q_t^p предприятием на отрезке времени $[t_c, t_{нз}]$. Для этого придется произвести прогноз значений таких характеристик предприятия, как объем производственных фондов K_t и среднесписочная численность производственного персонала L_t . Как правило прогноз этих характеристик на краткосрочную перспективу производится самим предприятием и отражается в его годовом отчете. В случае если их прогнозные значения неизвестны, для прогноза объема производственных фондов предприятия K_t можно использовать методику, представленную в [8], а для прогноза среднесписочной численности производственного персонала L_t можно построить регрессионную модель.

В итоге, на основе прогнозируемых значений объема производственных фондов предприятия K_t и среднесписочной численности его производственного персонала L_t посредством функции (10) можно оценить потенциально возможные ежегодные объемы производства образца ВВСТ Q_t^p предприятием на отрезке времени $[t_c, t_{нз}]$:

$$\ln(V_t^p) = \alpha' \cdot \ln(\Phi B_t). \quad (11)$$

В этом случае функция невязок примет следующий вид:

$$G = \sum_{t=t_c}^{t_0} [\ln(V_t^p) - \alpha' \cdot \ln(\Phi B_t)]^2 \rightarrow \min. \quad (12)$$

Тогда частная производная функции невязок G по коэффициенту α' будет равна:

$$Q_t^{max} = \frac{K_t^{\alpha'} \cdot L_t^{(1-\alpha')}}{C_t^1}. \quad (15)$$

Рассмотрим следующий пример. Пусть контрактом на выполнение задания государственного оборонного заказа предусмотрена поставка 400 единиц образца ВВСТ в течение 7 лет, при этом известны себестоимость производства одного такого образца ВВСТ и нормативные трудозатраты на его изготовление. Также из отчетов предприятия на срок выполнения им задания государственного оборонного заказа известны прогнозные значения таких его характеристик, как объем основных фондов и среднесписочная численность производственного персонала (таблица 1).

Кроме того, за 6 лет до начала реализации плана закупок образца ВВСТ известны характеристики предприятия, а также себестоимость производства им одного такого образца ВВСТ (таблица 2).

Требуется оценить потенциальные возможности предприятия по производству данного образца ВВСТ по годам плана его закупок и тем самым определить, способно ли оно в полном объеме выполнить задание государственного оборонного заказа.

Решение. Сначала с помощью функции (6) произведем оценку потенциально возможных ежегодных объемов производства образца ВВСТ предприятием на отрезке времени, предшествующем закупкам (таблица 3).

Далее, на основе данных о характеристиках предприятия за отрезок времени, предшествующий закупкам образца ВВСТ, и результатов оценки потенциально возможных

ежегодных объемов производства им такого образца ВВСТ, полученных с помощью функции (6), построим функцию (10), для чего найдем α' согласно (14):

$$\alpha' = \frac{549,59}{357,33} = 0,98.$$

Таблица 1 – Исходные данные на срок выполнения плана закупок образца ВВСТ

Показатель	t	Год						
		1	2	3	4	5	6	7
Количество закупаемых образцов ВВСТ	Q_t	50	50	60	60	60	60	60
Себестоимость одного образца ВВСТ	c_t^1	97 000	97 600	98 100	98 500	99 000	99 400	100 100
Нормативные трудозатраты на изготовление одного образца ВВСТ	$TЗ_t^1$	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
Основные фонды	$ОФ_t$	1 207 335	1 313 525	1 559 139	1 624 000	1 670 075	1 714 932	1 743 429
Среднесписочная численность производственного персонала	L_t	2 636	2 644	2 911	2 917	2 924	2 930	2 941

Таблица 2 – Исходные данные для отрезка времени, предшествующего закупкам образца ВВСТ

Показатель	t	Год					
		-5	-4	-3	-2	-1	0
Основные фонды	$ОФ_t$	600 000	730 000	860 000	990 000	1 050 000	1 080 000
Себестоимость всей произведенной продукции	C_t	2 760 000	3 230 000	3 540 000	4 150 000	4 350 000	4 500 000
Оборотные фонды	$ОбФ_t$	2 500 000	3 200 000	4 800 000	5 100 000	5 400 000	5 700 000
Амортизация основных фондов	A_t	60 000	65 000	70 000	80 000	90 000	100 000
Среднесписочная численность производственного персонала	L_t	2 230	2 245	2 270	2 300	2 350	2 390
Себестоимость одного образца ВВСТ	c_t^1	94 000	94 600	95 080	95 500	95 800	96 340
Годовой фонд рабочего времени	$ФРВ_t$	1 980	1 986	1 993	1 987	1 987	1 981

Таблица 3 – Оценка потенциально возможных ежегодных объемов производства образца ВВСТ предприятием на отрезке времени, предшествующем закупкам

Показатель	t	Год					
		-5	-4	-3	-2	-1	0
Стоимостная производительность	Q_t^K	27	34	51	54	57	60
Трудовая производительность	Q_t^L	98	99	100	101	103	105
Потенциально возможные ежегодные объемы производства образца ВВСТ	Q_t^p	27	34	51	54	57	60

Тогда функция (10) примет следующий вид: $V_t^{max} = (ФВ_t)^{0,98}$.

В итоге, на основе полученных ранее результатов произведем оценку потенциально возможных ежегодных объемов производства

образца ВВСТ предприятием на время выполнения плана закупок (таблица 4, рисунок 2). Для чего в качестве объема оборотных фондов возьмем произведение себестоимости од-

ного образца ВВСТ на объем, который необходимо закупить: $C_t = c_t^1 \cdot Q_t$. Тем самым сделаем допущение, что другой продукции предприятие в период закупок не производит.

Таблица 4 – Оценка максимально возможных ежегодных объемов производства образца ВВСТ предприятием на время выполнения плана закупок

Показатель	t	Год						
		1	2	3	4	5	6	7
Количество закупаемых образцов ВВСТ	Q_t	50	50	60	60	60	60	60
Себестоимость одного образца ВВСТ	c_t^1	97 000	97 600	98 100	98 500	99 000	99 400	100 100
Оборотные фонды	$ОбФ_t$	4 850 000	4 880 000	5 886 000	5 910 000	5 940 000	5 964 000	6 006 000
Основные фонды	$ОФ_t$	1 207 335	1 313 525	1 559 139	1 624 005	1 670 075	1 714 933	1 743 429
Среднесписочная численность производственного персонала	L_t	2 636	2 644	2 911	2 917	2 924	2 930	2 941
Потенциально возможные ежегодные объемы производства образца ВВСТ	Q_t^p	53	54	64	65	65	65	65

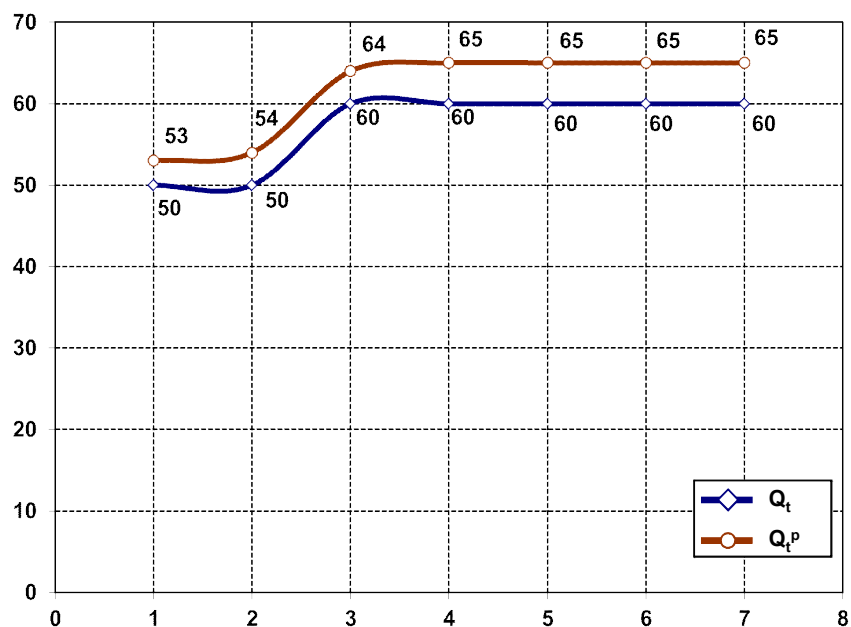


Рисунок 2 – Сравнение планируемого количества закупаемых образцов ВВСТ с возможностями предприятия

В результате можно сделать вывод, что предприятие способно выполнить контракт на выполнение задания государственного обо-

ронного заказа по поставке 400 единиц образца ВВСТ в течение 7 лет.

Теперь рассмотрим пример, когда необходимо оценить потенциально возможный объем производства образца ВВСТ (образец 1) предприятием при условии, что с ним уже заключен контракт на поставку другого образца ВВСТ (образец 2), и на основании такой оценки определить, способно ли предприятие выполнить оба этих контракта.

В качестве предприятия будем рассматривать то же, что и в предыдущем примере. Поэтому исходные данные для отрезка вре-

мени, предшествующего закупкам образца 1, соответствуют таблице 2, а исходные данные на срок выполнения плана закупок по обоим образцам ВВСТ представлены в таблице 5.

Решение. Сначала, также как и в предыдущем примере, с помощью функции (6) произведем оценку потенциально возможных объемов производства образца 1 предприятием на отрезке времени, предшествующем закупкам (таблица 6).

Таблица 5 – Исходные данные на срок выполнения плана закупок образца ВВСТ

Показатель		t	Год						
			1	2	3	4	5	6	7
Образец 1	Количество закупаемых образцов ВВСТ	Q_{1t}	50	50	60	60	60	60	60
	Себестоимость одного образца ВВСТ	c_{1t}^1	97 000	97 600	98 100	98 500	99 000	99 400	100 100
	Нормативные трудозатраты на изготовление одного образца ВВСТ	TZ_{1t}^1	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
Образец 2	Количество закупаемых образцов ВВСТ	Q_{2t}	40	40	40	30	30	20	20
	Себестоимость одного образца ВВСТ	c_{2t}^1	42 000	42 800	43 300	44 000	44 500	45 100	45 700
	Нормативные трудозатраты на изготовление одного образца ВВСТ	TZ_{2t}^1	29 000	29 000	29 000	29 000	29 000	29 000	29 000
Основные фонды		OF_t	1 207 335	1 313 525	1 559 139	1 624 001	1 670 075	1 714 933	1 743 429
Среднесписочная численность производственного персонала		L_t	2 636	2 644	2 911	2 917	2 924	2 930	2 941

Таблица 6 – Оценка потенциально возможных объемов производства образца 1 предприятием на отрезке времени, предшествующем закупкам

Показатель	t	Год					
		-5	-4	-3	-2	-1	0
Стоимостная производительность	Q_{1t}^K	27	34	51	54	57	60
Трудовая производительность	Q_{1t}^L	98	99	100	101	103	105
Потенциально возможные ежегодные объемы производства образца 1	Q_{1t}^p	27	34	51	54	57	60

Далее, так же как и в предыдущем примере, на основе данных о характеристиках предприятия за отрезок времени, предшествующий закупкам образца ВВСТ, и результатов оценки потенциально возможных объемов

производства им образца 1, полученных с помощью функции (6), построим функцию (10), для чего найдем α' согласно (14).

$$\alpha' = \frac{549,59}{357,33} = 0,98.$$

Тогда функция (10) примет следующий вид:

$$V_t^{max} = (\Phi B_t)^{0,98}.$$

В итоге, на основе полученных ранее результатов произведем оценку потенциально возможных объемов производства образца 1 предприятием на срок выполнения плана закупок при условии, что оно также должно выполнить контракт по поставке образца 2 (та-

блица 7, рисунок 3). Для того чтобы определить объем оборотных фондов предприятия, воспользуемся следующим выражением:

$$C_t = \sum_{i=1}^N [c_{it}^1 \cdot Q_{it}],$$

где N – количество контрактов на выполнение заданий государственного оборонного заказа предприятием на срок выполнения плана закупок образца 1.

Таблица 7 – Оценка максимально возможных объемов производства образца 1 предприятием на срок выполнения плана закупок

Показатель		t	Год						
			1	2	3	4	5	6	7
Образец 1	Количество закупаемых образцов ВВСТ	Q_{1t}	50	50	60	60	60	60	60
	Себестоимость одного образца ВВСТ	c_{1t}^1	97 000	97 600	98 100	98 500	99 000	99 400	100 100
Образец 2	Количество закупаемых образцов ВВСТ	Q_{2t}	40	40	40	30	30	20	20
	Себестоимость одного образца ВВСТ	c_{2t}^1	42 000	42 800	43 300	44 000	44 500	45 100	45 700
Оборотные фонды		$Об\Phi_t$	6 730 000	6 792 000	7 818 000	7 380 000	7 425 000	6 966 000	7 020 000
Основные фонды		$ОФ_t$	1 207 335	1 313 525	1 559 139	1 624 001	1 670 075	1 714 933	1 743 429
Среднесписочная численность производственного персонала		L_t	2 636	2 644	2 911	2 917	2 924	2 930	2 941
Потенциально возможная выработка		V_t^p	2 469	2 514	2 648	2 552	2 571	2 464	2 478
Выработка, затрачиваемая на производство образца 2		V_{2t}	637	648	595	453	457	308	311
Выработка, которая может быть затрачена на производство образца 1		V_{1t}^p	1 832	1 867	2 053	2 099	2 115	2 156	2 167
Потенциально возможные ежегодные объемы производства образца 1		Q_{1t}^p	50	51	61	62	62	64	64

При этом выработка, затрачиваемая на производство образца 2, определяется выражением: $V_{2t} = \frac{Q_{2t} \cdot c_{2t}^1}{L_t}$, а выработка, которая может быть затрачена на производство образца 1: $V_{1t} = V_t^p - V_{2t}$. В итоге, потенциально

возможные ежегодные объемы производства образца 1 Q_{1t}^p на срок выполнения плана закупок определяются следующим образом:

$$Q_{1t}^p = \frac{V_{1t}^p \cdot L_t}{c_{1t}^1}.$$

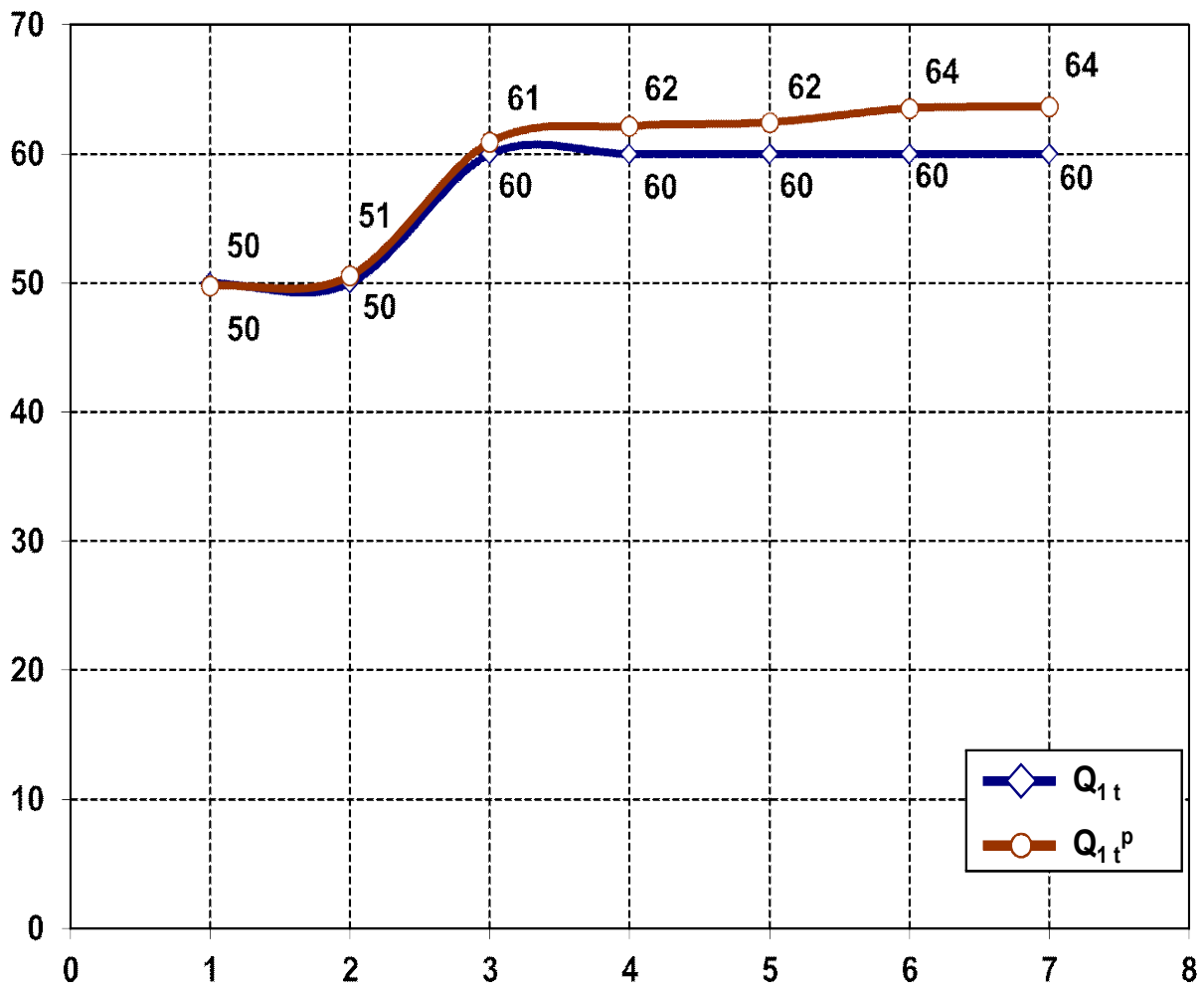


Рисунок 3 – Сравнение планируемого количества закупаемых образцов ВВСТ с возможностями предприятия

Кроме того, по результатам такой оценки можно построить множества потенциальных возможностей по производству этих двух об-

разцов ВВСТ рассматриваемым предприятием на срок выполнения плана закупок (таблица 8, рисунок 4).

Таблица 8 – Характеристика потенциальных возможностей предприятия по производству двух образцов ВВСТ

Год	Образец	Динамика потенциальных возможностей предприятия					
		82	65	49	32	16	0
t=1,2	Обр. 1	82	65	49	32	16	0
	Обр. 2	0	33	67	101	135	169
t=3	Обр. 1	94	75	56	37	18	0
	Обр. 2	0	38	76	115	153	191
t=4,5	Обр. 1	88	71	53	35	17	0
	Обр. 2	0	35	71	107	142	178
t=6,7	Обр. 1	83	66	49	33	16	0
	Обр. 2	0	32	65	98	131	164

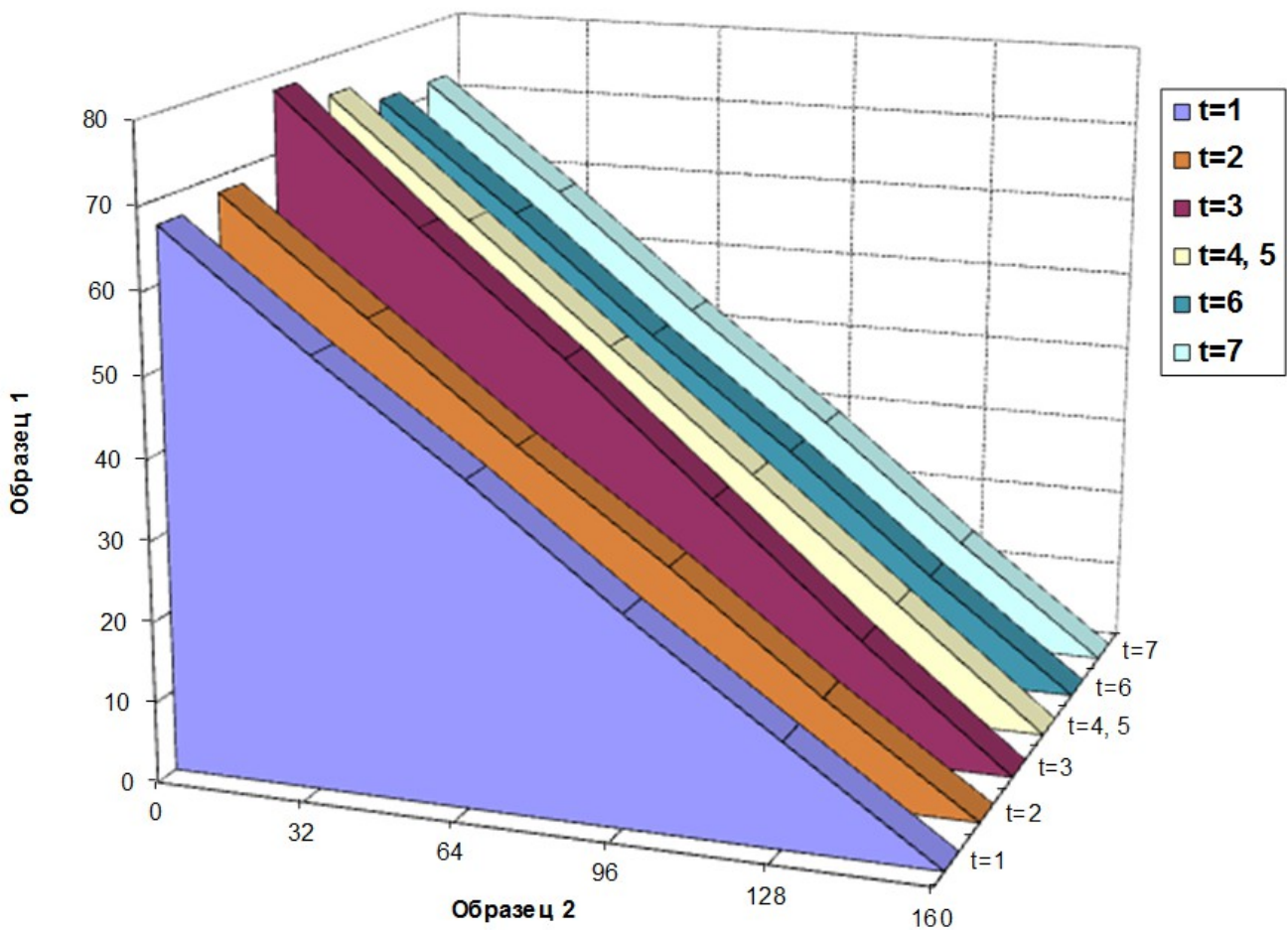


Рисунок 4 – Множества потенциальных возможностей предприятия по производству двух образцов ВВСТ

Таким образом можно сделать вывод, что предприятие способно выполнить оба контракта на выполнение заданий государственного оборонного заказа: контракт на поставку 400 единиц образца 1 и контракт на поставку 220 единиц образца 2.

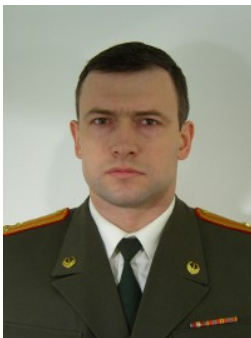
Вывод

Представленная в настоящей статье методика позволяет произвести оценку потенциальных возможностей предприятий оборонно-промышленного комплекса по производству ими образцов ВВСТ. Методика может быть применена как в случае, при котором предприятие выполняет заказ на поставку одного типа ВВСТ, так и в случае, когда предприятие выполняет заказ на

поставку нескольких типов ВВСТ, либо производит какую-либо другую продукцию вне рамок государственного оборонного заказа. Применение представленной в статье методики при планировании заданий государственного оборонного заказа по закупкам образцов ВВСТ позволит оценить еще до заключения контрактов, способны ли потенциальные исполнители их выполнить, и тем самым снизить риски их невыполнения по вине исполнителей. Кроме того, применение представленной в статье методики также позволит определить такие параметры заданий государственного оборонного заказа по закупкам ВВСТ, которые бы гарантировали их безусловную реализацию потенциальными исполнителями.

Список использованных источников

1. Буренок В.М., Ляпунов В.М., Мудров В.И. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / Под ред. А.М. Московского. – М.: Изд. «Вооружение. Политика. Конверсия», 2004.
2. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Бабкин Г.В. Экономические аспекты военно-технической политики Российской Федерации на современном этапе. – М.: Граница, 2012.
3. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение. – М.: Финансы и статистика, 1986.
4. Лебедев В.В., Лебедев К.В. Математическое и компьютерное моделирование экономики. – М.: НВТ-Дизайн, 2002.
5. Монахов А.В. Математические методы анализа экономики. – СПб.: Питер, 2002.
6. Прикладное прогнозирование национальной экономики: учебное пособие / Под. ред. В.В.Ивантера, И.А. Буданова, А.Г. Коровкина, В.С. Сулягина. М.:Экономист, 2007.
7. Яркина Т.В. Основы экономики предприятия: Учебное пособие. – М.: РГИУ, 2005.
8. Буравлев А.И., Иванцов Д.В. Мониторинг и прогнозирование финансово-экономического состояния промышленных предприятий на период выполнения ими заданий по государственному оборонному заказу: Труды Седьмой междунар. конфер. «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2013)». Москва, 30 сент. – 1 окт. 2013 г. / Под общ. ред. Васильева С.Н., Цвиркуна А.Д. – М.: ИПУ РАН, 2013. – Т. 2.



Ачасов Олег Борисович
кандидат технических наук, доцент
заместитель начальника 46 ЦНИИ МО РФ по научной работе
authors@viek.ru



Буравлев Александр Иванович
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ
buravlev46@mail.ru



Буренок Василий Михайлович
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор
начальник 46 ЦНИИ МО РФ, президент Российской академии ракетных
и артиллерийских наук
bvasil57@rambler.ru



Гладышевский Владимир Леонидович
кандидат технических наук
начальник управления 46 ЦНИИ МО РФ
authors@viek.ru



Горгола Евгений Викторович
доктор экономических наук, профессор
профессор кафедры Российского государственного социального уни-
верситета
valient-76@yandex.ru

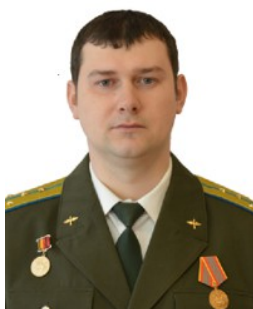
Горшков Владимир Анатольевич

заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор
главный научный сотрудник 4 ЦНИИ Минобороны России
valia.iwanushencko2011@yandex.ru



Ермаков Евгений Анатольевич

заместитель начальника 852 военного представительства Минобороны
России
evgenigps@rambler.ru



Иванцов Дмитрий Валентинович

начальник лаборатории 46 ЦНИИ МО РФ
authors@viek.ru

Кваша Владимир Александрович

кандидат экономических наук, доцент
преподаватель Военно-космической академии им. А.Ф.Можайского
vak2121@yandex.ru



Короленко Виктор Владимирович

научный сотрудник ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им.проф.
Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
vito_korleone@mail.ru

Крутоверцев Андрей Иванович

адъюнкт НИЦ ЭРАТ 4 ЦНИИ МО РА
a.krutovertsev@rambler.ru

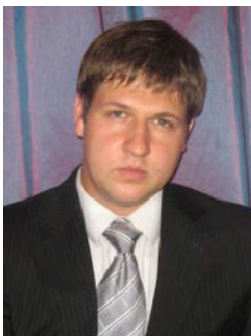
Лазников Николай Михайлович

кандидат технических наук, доцент
Заместитель директора инженерно-экономического института
depdekan5@mai.ru



Лукьяница Андрей Александрович
кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник МГУ им. М.В.Ломоносова
andrei_luk@mail.ru
SPIN-код: 6172-6061

Осадчиев Александр Александрович
кандидат физико-математических наук
инженер ЗАО «Научный испытательно-диагностический центр»
osad_a@mail.ru



Пьянков Антон Александрович
начальник лаборатории 46 ЦНИИ МО РФ
pyankov_ant@bk.ru



Шубин Максим Владимирович
заместитель финансового директора ОАО «121 авиационный ремонт-
ный завод»
evgenigps@rambler.ru

Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники

В.М.Буренок

В статье рассмотрены основные научные проблемы, возникающие в процессе определения облика системы управления полным жизненным циклом изделий военного назначения. Показаны пути их преодоления, сформулированы предложения по перечню параметров и способы управления жизненным циклом, критериям оценки достигаемого эффекта, определены направления создания системы.

жизненный цикл изделий; критерии оценки достигаемого эффекта

Problems of the management system of the weapons entire lifecycle

V.M.Burenok

The article describes the basic scientific problems arising in the process of defining a complete image management lifecycle for military purposes. The ways to overcome them, as a proposal for the parameter list and how to manage the lifecycle assessment criteria achievable effect, creating a system of defined areas.

life cycle of products; evaluation criteria achievable effect

Аналитическая модель оценки эффективности воздушно-космической обороны в условиях глобального удара высокоточным оружием

О.Б.Ачасов, А.И. Буравлев

В статье рассмотрена аналитическая модель для приближенной оценки эффективности системы ВКО в условиях массированного применения средств высокоточного оружия по военным и гражданским объектам. Данная модель может быть использована в целях предварительного обоснования облика систе-

мы воздушно-космической обороны, поиска альтернативных вариантов построения ее группировок и оперативной оценки их эффективности.

система воздушно-космической обороны (ВКО); глобальный удар средствами высокоточного оружия (ВТО); комплексы истребительной авиации, зенитно-ракетные комплексы; зонально-объектовый принцип построения ВКО

Analytical model for evaluating the effectiveness of air and space defense in terms of global impact precision weapons

O.B.Achasov, A.I.Buravlyov

In the article the analytical model for the approached estimation of a system effectiveness of SAIs in the conditions of massive use of means of precision weapons for military and civil objects. This model can be used for the purposes of preliminary feasibility appearance of the system of air-space defense, the search of alternative variants of construction of its groups and fast estimation of their efficiency.

system of air-space defense (ASD); a global impact by means of high-precision weapons (HPW); complexes of fighter aviation; anti-aircraft missile complexes; zonal-objective principle of the ASD

Оптимальное распределение ресурсов в задачах программно-целевого планирования развития вооружения и военной техники

А.И.Буравлев, В.Л. Гладышевский

В статье рассмотрена задача оптимального распределения ресурсов при обосновании государственной программы вооружения (ГПВ) с учетом выделяемого бюджета и возможностей оборонно-промышленного комплекса. Разработан методический подход к оценке боевого потенциала Вооруженных Сил и его связи с целевыми индикаторами ГПВ. Предложена методика оценки потребных финансовых и материальных ресурсов для реализации ГПВ с учетом возможностей предприятий ОПК. Рассмотрена задача оптимизации контрактных цен, обеспечивающих

баланс интересов между заказчиком и исполнителями государственного оборонного заказа (ГОЗ).

государственная программа вооружения и ее целевые индикаторы; боевой потенциал Вооруженных Сил; производственная программа предприятия; контрактная цена на производство продукции военного назначения; бюджет ГПВ; принципы распределения бюджета

Optimal allocation of resources in the tasks of the program-target planning of the development of arms and military equipment

A.I.Buravlyov, V.L.Gladyshevskiy

In the article the problem of optimal allocation of resources in the justification of the state armament program (SAP) with the account of the available budget and the capabilities of the military-industrial complex. Developed methodical approach to assessment of the combat potential of the Armed Forces and its relation with the target indicators of the state armament program. The procedure of the evaluation of the required material and financial resources of the state armament program taking into account the possibilities for defense enterprises. The problem of optimization of contract prices, providing the balance of interests between the customer and the executors of the state defense order (PES).

state program of armament and target indicators; combat potential of the Armed Forces; production programme of the enterprise; contract price on the production of military products; budget of the state armament program; principles of distribution of the budget

Оптимизация качества интерактивной электронной документации летательных аппаратов государственной авиации. Решение задачи

В.А.Горшков, А.И.Крутоверцев, А.А.Осадчиев

В настоящее время интерактивная электронная документация (ИЭД) широко применяется при производстве, эксплуатации и на других этапах жизненного цикла летательных аппаратов, становясь серьезной альтернати-

вой бумажной документации. Тем не менее, для государственной авиации до сих пор не были разработаны и четко регламентированы критерии для оценки качества ИЭД летательных аппаратов. Цель данной работы заключается в создании методологии по выработке системы требований, предъявляемых к свойствам ИЭД летательного аппарата, выполнение которых позволит максимизировать эффективность и функциональность использования ИЭД.

интерактивная электронная документация; эксплуатация летательных аппаратов; качество документации; безопасность полетов; макромоделирование; вариационное исчисление

Quality optimization of interactive electronic documentation of military and general aviation aircrafts. Solution development

V.A.Gorshkov, A.I.Krutovertsev, A.A.Osadchiev

Nowadays the interactive electronic documentation (IED) is widely used in manufacturing, exploitation and other stages of an aircraft lifecycle becoming a serious alternative to paper documentation. Nevertheless, there are still no developed and distinctly regulated criteria for quality evaluation of IED of military and general aviation aircrafts. The purpose of this paper is to create a methodology of developing requirements for the characteristics of IED of an aircraft, following which will maximize efficiency and functionality of IED use.

interactive electronic documentation; exploitation of aircrafts; quality of documentation; macromodeling; calculus of variations

Трехмерная виртуальная реальность в электронных тренажерах военного назначения

А.А.Лукьяница

В статье рассматривается возможность применения в военных тренажерах автостереоскопических устройств для отображения трехмерных изображений. Рассмотрены устройства двух типов – стереодисплей и проекционная система, позволяющие созда-

вать трехмерную виртуальную реальность в достаточно широкой области без применения обучаемым каких-либо дополнительных устройств типа стереочков.

электронный тренажер; 3D дисплей; 3D проекционная система

3D virtual reality in military computer-based training systems

A.A.Lukyanytsa

In this paper we consider autostereoscopic systems for 3D images visualization in military computer-based training systems. Two kinds of devices are described – stereo display and front projection system. Both devices are glasses-free and able to create 3D virtual reality in wide viewing zone.

computer-based training system; 3D display; 3D projection system

Математическая модель процесса восстановления вооружения и военной техники в ходе боевых действий тактического воинского формирования

A.A.Пьянков

В статье рассматривается постановка задачи оптимального управления процессом восстановления ВВТ в ходе боевых действий тактического воинского формирования на примере танкового батальона. В качестве критериев оптимизации рассмотрены показатели исправности и боеготовности ВВТ, а также удельные затраты на восстановление ВВТ. Для описания процесса технического обеспечения войск используется математический аппарат массового обслуживания с разрывными импульсными функциями интенсивностей потоков заявок и дифференциальные уравнения «динамики средних». В статье приведены примеры, демонстрирующие работоспособность разработанной модели при различных продолжительности и периодичности боев, а также при различной интенсивности восстановления ВВТ.

материально-техническое обеспечение войск; эффективность; боевые действия; модель массового обслуживания; метод динамики средних; разрывные импульсные функции; критерий оптимизации

Mathematical model of process of restoration of arms and the military technics during operations of tactical military formation

A.A.Pyankov

In article statement of a problem of optimum control by process of restoration of arms and the military technics during operations of tactical military formation on an example of a tank battalion is considered. As criteria of optimisation indicators of serviceability and battle readiness of arms and the military technics, and also specific expenses for restoration of arms and the military technics are considered. For the description of process of technical maintenance of armies the mathematical apparatus of mass service with explosive pulse functions of streams of demands and the differential equations of "dynamics of averages" is used. In article the examples showing working capacity of developed model at various duration and periodicity of fights are resulted, and also at various intensity of restoration of arms and the military technics.

material support of armies; efficiency; operations; model of mass service; method of dynamics of averages; explosive pulse functions; criterion of optimization

Развитие военно-экономической науки в эпоху сетевых войн

E.B.Горгола, В.А.Кваша

Возникновение и развитие постиндустриального общества изменило методологический подход к достижению военно-политических целей и привело к возникновению концепции ведения боевых действий на основе «операций базы эффектов», которые связаны не с фронтальным столкновением противоборствующих группировок войск, а с моделированием поведения противостоящих вооруженных сил, населения, политических элит и

руководства страны на основе активного использования возможностей тотального сетевого информационного воздействия.

характер войны; ядерное сдерживание; информационное обеспечение; сетевое моделирование; операции базы эффектов

The development of military-economic science in the age of network centric warfare

E.V.Gorgola, V.A.Kvasha

The emergence and development of post-industrial society were changed the method of methodological approach to achieve military and political objectives and led to the emergence of the concept of engagement to hostilities on the basis of the effects-base operations, that are not related to the frontal collision of opposing forces, and modelling of behaviour of the armed forces, population, political elites and leadership of the country the enemy through the active use of total network information influence.

nature of the war; nuclear deterrence; information provision; network modeling; effects-base operation; economic resources; network-centric security

Методика рационального распределения заказов на материальные ресурсы при планировании поставок в системе интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники военного назначения

В.В.Короленко, Н.М.Лазников

В статье описана методика рационального распределения заказов на материальные ресурсы, позволяющая автоматизировать процесс планирования поставок, повысить оперативность организации планирования и оптимизировать стоимость поставок ресурсов. Методика предназначена для использования в системе интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники военного назначения в качестве математического обеспечения автоматизированной системы планирования и управления поставками ресурсов. Методика позволяет повысить объективность решений, принимаемых долж-

ностными лицами при оперативном планировании поставок материальных ресурсов.

авиационная техника; жизненный цикл; интегрированная логистическая поддержка; центр логистической поддержки; поставка материальных ресурсов; оперативное планирование поставок

The method of rational allocation of orders on material resources when planning supplies in the system of integrated logistic support of exploitation of military aircrafts

V.V.Korolenko, N.M.Laznikov

The article describes the method of rational allocation of orders on material resources, allowing to automate supply planning, to increase the efficiency of the organization of planning and optimize cost of supplies. The method is assigned for use in the system of integrated logistic support of exploitation of military aircrafts as mathematical software of the automated system of supply planning and supply management. The method allows to increase the objectivity of decisions taken by the officials at the operational planning of supplies of material resources.

aircraft; life cycle; integrated logistic support; logistic support center; supply of material resources; operational planning of supplies

Методический подход к расчету контрактной цены ремонта авиационной техники военного назначения с учетом результатов оценки ее технического состояния

М.В.Шубин, Е.А.Ермаков

В статье рассматриваются вопросы формирования контрактных цен ремонта авиационной техники военного назначения в рамках сервисного обслуживания по государственному оборонному заказу.

цена; ремонт; авиационная техника

Methodical approach to the contract price calculation of repair military aviation equipment depending on the technical state

M.V.Shubin, E.A.Ermakov

The article is about forming of the contract prices of repair military aviation equipment under the state defense order.

price, repair, aviation equipment

Оценка производственных возможностей предприятий оборонно-промышленного комплекса в интересах формирования государственного оборонного заказа в части закупок вооружения, военной и специальной техники

Д.В.Иванцов

В статье рассматривается задача оценки производственных возможностей предприятия. Предложена методика решения задачи с использованием аппарата производственных функций. Приведены примеры демонстрирующие работоспособность методики оценки производственных возможностей предприятия при закупке у него одного и двух типов вооружения, военной и специальной техники.

предприятие; производственные возможности; оценка; государственный оборонный заказ; вооружение, военная и специальная техника; производственная функция

Estimation of production potentialities of the enterprises of a defensive-industrial complex in interests of formation of the state defensive order regarding purchases of arms, the military and special technics

D.V.Ivantsov

In article the problem of an estimation of production potentialities of the enterprise is considered. The technique of the decision of a problem with use of the device of production functions is offered. Examples techniques of an estimation of production potentialities of the enterprise showing working capacity are resulted at purchase at it one and two types of arms, the military and special technics.

enterprise; production potentialities; estimation; state defensive order; arms, the military and special technics; production function

Правила представления авторами рукописей

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

Представляемая научная работа, как правило, должна соответствовать одной из следующих научных специальностей:

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

20.01.07 – Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал;

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством;

08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит;

20.02.03 – Военное право, военные проблемы международного права;

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

Авторам рекомендуется в сопроводительном письме указывать научную специальность, по тематике которой подготовлена статья.

2. Рукописи публикаций в Журнале и прилагаемые к ним материалы представляются авторами по электронной почте на адрес rk@viek.ru. Одновременно подписанный автором (авторами) экземпляр рукописи и прилагаемые материалы высылаются на почтовый адрес 129327, г. Москва, Чукотский проезд д. 10, Академия проблем военной экономики и финансов).

Рассмотрение статьи начинается с момента получения полного комплекта материалов

в электронном виде. Принятие окончательного решения об опубликовании возможно не ранее получения оригиналов прилагаемых документов.

3. Рукопись представляется на русском языке в одном из следующих форматов **odt** (предпочтительно), **rtf**, **doc**, **docx**. Параметры оформления: размер листа А4, все поля по 20 мм, ориентация страницы – книжная, шрифт – **Pt Sans** (предпочтительно) или **Times New Roman**; размер шрифта – 14 pt; межстрочный интервал – полуторный; расстановка переносов – автоматическая; выравнивание текста – по ширине; отступ первой строки абзаца – 1,25 см.

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

В начале файла с рукописью статьи указываются фамилия, имя, отчество, ученая степень и ученое звание, адрес электронной почты и телефон автора. Если у статьи несколько авторов, перечисленные сведения указываются для каждого из них, при этом контактные данные (адрес электронной почты, телефон) могут быть указаны только для одного из авторов.

В статье помимо текста допускается наличие математических формул, рисунков и таблиц.

Математические формулы должны быть вставлены в файл как объект **OpenOffice.org** (**LibreOffice.org**) **Math**.

Каждая иллюстрация должна быть вставлена в виде отдельного объекта «изображение» («рисунок») в одном из общепринятых графических форматов (JPEG, TIFF, BMP, GIF, PNG). Рекомендуется формат GIF с прозрачным фоном. Размер каждой иллюстрации не должен превышать 800x600 точек. Допускается приложение отдельных файлов, содержащих включенные в статью иллюстрации. Под-

пись к рисунку не должна быть включена в рисунок.

Не рекомендуется применять сложное оформление таблиц: разнообразное обрамление, объединение и разбиение ячеек и т.п. В случае необходимости их использования таблицу рекомендуется оформлять в виде рисунка.

Подписи иллюстраций, заголовки таблиц, формулы, сноски, ссылки на литературу оформляются в текстовом виде в соответствии с ГОСТом.

Учитывая, что издатель не использует пакет Microsoft Office и производит верстку в программе LibreOffice, **рекомендуем** перед отправкой в редакцию открыть направляемую статью в программе LibreOffice (OpenOffice) Writer с тем, чтобы убедиться в корректности отображения формул, таблиц, рисунков. Невыполнение данной рекомендации может привести к возврату статьи для приведения ее в соответствие с настоящими правилами и задержке с помещением ее в Журнал.

4. Статья должна оканчиваться списком использованных источников, в котором указываются только авторские произведения, подлежащие включению в систему Российского индекса научного цитирования (более подробную информацию о данной системе см. на сайте Электронной научной библиотеки: <http://www.elibrary.ru>). Список оформляется в соответствии с «ГОСТ Р 7.0.5-2008. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила

составления». Образцы оформления библиографических ссылок в соответствии с упомянутым стандартом приведены на сайте Журнала.

5. К рукописи должны быть приложены в отдельных файлах:

- заполненная карточка статьи по приведенной ниже форме;
- заполненная карточка автора (если авторов несколько, составляется на каждого автора) по приведенной ниже форме;
- заключение комиссии о возможности открытого опубликования статьи, утвержденное и заверенное печатью организации. В состав комиссии должен входить представитель службы защиты государственной тайны;
- фотография автора (авторов) в одном из общепринятых графических форматов – портретная, без посторонних людей в кадре; размер фотографии не менее 300 пикселей по горизонтали и 400 пикселей по вертикали (представляется по желанию).

Кроме того, к рукописи прилагается документ об оплате рецензирования статьи (см. Порядок рецензирования рукописей) либо справка учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, где автор проходит обучение по очной форме (для аспирантов).

6. В случае несоответствия рукописи или прилагаемых материалов настоящим правилам ответственный секретарь редакции возвращает их автору для устранения недостатков.

Порядок рецензирования рукописей

1. Рукописи, поступающие в редакцию журнала «Вооружение и экономика» (далее – Журнал), подлежат обязательному рецензированию (экспертной оценке).

2. Перечень специалистов, привлекаемых к рецензированию, утверждается главным редактором журнала. В рецензировании рукописей вправе участвовать члены редакционной коллегии и научно-редакционного совета Журнала. По решению редакционной коллегии для рецензирования могут привлекаться также иные специалисты, если среди перечисленных лиц отсутствуют эксперты по проблематике представленной статьи.

3. Оплата рецензирования статей производится авторами из расчета 300 руб. за каждую полную или неполную страницу предлагаемого к опубликованию материала, оформленного в соответствии с Правилами представления авторами рукописей.

Способы оплаты:

- наличными по месту нахождения издателя (Академии проблем военной экономики и финансов) по квитанции установленного образца;
- безналичным переводом на банковский счет со следующими реквизитами:

Получатель: Региональная общественная организация «Академия проблем военной экономики и финансов». ИНН 7716161379.

Р/с 40703810538050100402 в Московском банке Сбербанка РФ.

БИК 044525225.

Кор./счет 30101810400000000225.

Плата за опубликование статей не взимается со следующих категорий авторов:

аспирантов, обучающихся по очной форме (для подтверждения статуса аспиранта автор представляет справку учебного заведения или научно-исследовательского учреждения, где он проходит обучение);

сотрудников 46 ЦНИИ Минобороны России и Академии проблем военной экономики и финансов.

4. В течение четырех рабочих дней с момента получения рукописи и прилагаемых материалов, оформленных в соответствии с требованиями Правил представления авторами рукописей, редакция направляет статью на рецензирование одному из экспертов, указанных в пункте 2 настоящего положения. При направлении статьи на рецензирование из нее удаляется информация об авторе.

5. Рецензент проводит рецензирование работы в течение двух недель с момента поступления к нему рукописи. Если по объективным причинам рецензент не в состоянии провести экспертную оценку рукописи в установленный срок, он должен сообщить об этом главному редактору (заместителю главного редактора). Главный редактор (заместитель главного редактора) в этом случае вправе продлить срок рецензирования работы либо передать рукопись на рецензирование другому рецензенту.

6. Если рецензент полагает, что он не может объективно оценить рукопись (не является экспертом по проблематике представленной статьи, сам ведет исследования по аналогичной проблематике, является соавтором лица, представившего рукопись, по научным работам и т.п.), он в течение двух рабочих дней с момента получения рукописи возвращает ее в редакцию с указанием причины, по которой он не может выступить рецензентом.

7. Отрицательная (т. е. не содержащая вывода о целесообразности опубликования статьи) рецензия высылается автору (авторам) рукописей на указанный ими адрес электронной почты без указания лица, проводившего рецензирование. Положительные рецензии направляются авторам по их просьбе.

При опубликовании статьи в Журнале редакция вправе указать информацию о лице, давшем на нее положительную рецензию.

Рецензии представляются редакцией по запросам экспертных советов в Высшую аттестационную комиссию Минобрнауки России.

8. Автор, не согласный с рецензией, вправе в недельный срок с момента высылки ему рецензии представить свои возражения по ее содержанию.

9. После получения рецензии рукопись представляется ученым секретарем на ближайшем заседании редакционной коллегии. В случае если рецензия не является положительной (содержит замечания, указания на

необходимость переработки, вывод о нецелесообразности опубликования в представленном виде и т.п.), представление на заседании редакционной коллегии производится не раньше, чем по истечении срока, указанного в п. 8 настоящего Порядка.

10. В случае отказа в публикации редакция направляет автору мотивированный отказ.

11. Оплата труда рецензентов производится Региональной общественной организации «Академия проблем военной экономики и финансов».

Карточка статьи

	На русском языке	На английском языке
Название статьи		
Инициалы и фамилия автора (авторов)		
Авторская аннотация (не более 1000 знаков, включая пробелы)		
Ключевые слова (разделенные точкой с запятой)		

[Карточка статьи.doc](#)

Карточка автора

Фамилия	
Имя	
Отчество	
Ученая степень ^{*)}	
Ученое звание ^{*)}	
Место работы	
Должность	
Контактный телефон	
Адрес электронной почты	
Дополнительная информация ^{**)}	

^{*)} При наличии.

^{**)} Заполняется по желанию автора. Здесь могут быть указаны сведения, которые автор желает дополнительно сообщить о себе (наличие почетных званий и др.). Указание приведенных дополнительных сведений в Журнале остается на усмотрение редакции.

[Карточка автора.doc](#)

Условия подписки на полнотекстовую версию

Свободный доступ к полнотекстовой версии электронного научного журнала «Вооружение и экономика» осуществляется на сайте Министерства обороны Российской Федерации по адресу <http://sc.mil.ru/social/media/magazine/more.htm?id=10696@morfOrgInfo> либо на сайте журнала <http://www.viek.ru>.